



# ANÁLISIS PALINOLÓGICO DE SUPERFICIE DE HOJAS Y TALLOS DE ÍTEMS DIETARIOS DE *LAMA GUANICOE* (FAM. CAMELIDAE) EN PATAGONIA (ARGENTINA): IMPLICANCIAS EN LA IDENTIFICACIÓN DEL ORIGEN DEL POLEN EN COPROLITOS

## PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF STEMS AND LEAVES SURFACE OF FOOD ITEMS OF *LAMA GUANICOE* (FAM. CAMELIDAE) IN PATAGONIA (ARGENTINA): IMPLICANCES IN THE IDENTIFICATION OF THE POLLEN SOURCE IN COPROLITES

Nadia Jimena Velázquez<sup>1\*</sup>  y Lidia Susana Burry<sup>2</sup> 

### SUMMARY

**Background and aims:** One of the problems of copropalynology within palaeodiet analysis is the elucidation of the source of the pollen content which can be the result of pollen contamination of food or water or post-depositional pollen contamination. The aim of this study was to analyze the pollen spectrum on the surface of stems and leaves of *Empetrum rubrum*, *Senecio filaginoides*, *Nardophyllum obtusifolium* and *Mulinum spinosum*, food items of *Lama guanicoe* from Perito Moreno National Park, to evaluate the pollen contamination of food items.

**M&M:** Stems and leaves of *E. rubrum*, *S. filaginoides*, *N. obtusifolium* and *M. spinosum* were collected in Roble river valley and observed under scanning electron microscope. Then, acetolysis and pollen count under optic microscope were performed.

**Results:** The results showed that dominant pollen types, except in the sample of *N. obtusifolium*, come from the mother plant. However, it is significant the presence of other pollen types such as *Nothofagus*, *Nassauvia*, *Podocarpus*, Poaceae and *Rumex* on plants surface

**Conclusions:** The results of this study are related to the epidemic characteristics and provide relevant information about the origin of pollen within coprolites of *Lama guanicoe* to reconstruction of paleodiet.

### KEY WORDS

Pollen contamination, coprolites, *Lama guanicoe*.

### RESUMEN

**Introducción y objetivos:** Una de las problemáticas de la copropalinología para estudios de paleodieta es identificar la procedencia del polen que podría deberse a la contaminación polínica del alimento, al beber agua con polen en suspensión, o a contaminación postdeposicional. El objetivo de este trabajo es analizar el espectro polínico de la superficie de tallos y hojas de *Empetrum rubrum*, *Senecio filaginoides*, *Nardophyllum obtusifolium* y *Mulinum spinosum*, que conforman la dieta de *Lama guanicoe* del Parque Nacional Perito Moreno, para evaluar la contaminación polínica del alimento.

**M&M:** Se recolectaron tallos y hojas de cada una de estas especies en el valle del río Roble. Hojas y tallos de cada ejemplar se observaron al microscopio electrónico de barrido y se realizó acetólisis y el recuento polínico bajo microscopio óptico.

**Resultados:** Los resultados evidencian que los tipos polínicos dominantes, salvo en las muestras de *N. obtusifolium*, proceden de la misma especie. Sin embargo, es importante la presencia de otros tipos polínicos como *Nothofagus*, *Nassauvia*, *Podocarpus*, Poaceae y *Rumex* sobre la superficie de las plantas.

**Conclusiones:** Los resultados de este estudio se relacionan con las características epidérmicas de las plantas y aportan información referente a la procedencia del polen en los coprolitos de *Lama guanicoe*, permitiendo precisar la información para reconstruir paleodietas.

### PALABRAS CLAVES

Contaminación polínica, coprolitos, *Lama guanicoe*.

### INTRODUCCIÓN

El estudio polínico de heces actuales y coprolitos se ha orientado a la reconstrucción de la dieta de los organismos y particularmente la

1. CONICET-IPROSAM, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3350, Mar del Plata, Argentina.

2. UNMDP. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, Funes 3350, Mar del Plata, Argentina.

\*nvelazquez@mdp.edu.ar

### Citar este artículo


VELÁZQUEZ, N. J. & L. S. BURRY. 2019. Análisis palinológico de superficie de hojas y tallos de ítems dietarios de *Lama guanicoe* (Fam. Camelidae) en Patagonia (Argentina): implicancias en la identificación del origen del polen en coprolitos. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 54: 67-78.

DOI: <http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v54.n1.23576>

Recibido: 19 Septiembre 2018

Aceptado: 18 Diciembre 2018

Publicado: 28 Marzo 2019

Editor: Gonzalo Márquez 

ISSN versión impresa 0373-580X

ISSN versión on-line 1851-2372

de los coprolitos también a la reconstrucción paleoambiental (Reinhard & Bryant, 1992; Carrión *et al.*, 2001, 2004; Horrocks *et al.*, 2003, 2008; Velázquez *et al.*, 2010; Velázquez & Burry, 2012; Wood *et al.*, 2012). Varios autores señalan que un punto importante en el estudio de coprolitos es dilucidar la procedencia polínica (Alcover *et al.*, 1999; Carrión *et al.*, 2004; Fernández-Jalvo *et al.*, 2010). Por ejemplo, los granos de polen encontrados en los coprolitos de herbívoros y omnívoros tienen relación con su dieta y con la disponibilidad de las plantas en el ambiente, mientras que en carnívoros y también en omnívoros, se relacionan fundamentalmente a los granos que pudieran estar contenidos en el tracto digestivo de las presas consumidas (Carrión *et al.*, 2001). Es así que la presencia del polen en los coprolitos de herbívoros y omnívoros puede ser el resultado de:

- 1) la dieta por la ingesta de hojas, tallos, flores y frutos con granos de polen que quedan adheridos en la superficie de estos órganos (contaminación polínica del alimento) (Bryant & Holloway, 1983).
- 2) la toma de agua donde se encuentran suspendidos granos de polen provenientes de la lluvia polínica o de plantas acuáticas.
- 3) la inhalación de aire.
- 4) la depositación de polen sobre la superficie de las heces luego de la deposición, lo que refleja la contaminación de las heces por polen con dispersión anemófila (Carrión *et al.*, 2001, 2005). Esto ocurre porque una vez que el organismo depositó las heces, el *mucus* que las rodea, originado en la mucosa intestinal, actúa como una trampa para los granos de polen provenientes de la lluvia polínica (Chaves, 2000).

Además, la concentración y preservación del polen en el interior de los coprolitos están influenciadas por varios factores: a) el tipo de polinización de las plantas (zoófila, anemófila, hidrófila o autopolinización), b) la fisiología del sistema digestivo, c) el hábito alimenticio o comportamiento del organismo productor, d) variables ambientales como la temperatura, humedad, e) el grado de preservación del coprolito, etc.

Por esta razón para los estudios de dieta a partir del análisis de coprolitos es importante reconocer la procedencia de los granos, si fueron parte de la dieta o ingresaron por otra vía.

La emisión y depositación de polen consiste en la apertura de las flores o extensión de las anteras, la dehiscencia de las anteras, la depositación por gravedad sobre las partes florales o las hojas y tallos que se encuentran debajo de las flores, y la remoción del polen de los diferentes órganos por acción del viento o precipitaciones (D'Antoni, 2008).

Existe poca información sobre la adherencia de polen sobre diferentes plantas o partes de plantas y el efecto sobre el contenido de polen en los coprolitos. Tauber (1967) analizó el polen atrapado en la superficie de las ramas pegajosas y pubescentes del sauce y de las ramas de superficie lisa del abedul. Este autor recuperó más de 100.000 granos por gramo de todas las especies de la región en las ramas del sauce y solo algunos cientos de granos en las ramas de abedul. Con estos resultados se refleja el papel que juega la adhesividad de la superficie de las plantas que influye en las interpretaciones sobre dieta a partir del análisis del contenido de polen en los coprolitos.

Moe (1983) analizó los espectros polínicos de heces de ovejas y de superficies de hojas de plantas consumidas por estos herbívoros, e infirió que el polen anemófilo de árboles cercanos al área de estudio se debería haber depositado sobre las plantas consumidas por las ovejas antes de que sean lavadas por las precipitaciones.

Por otra parte, O'Rourke (1991) analizó el espectro polínico de la superficie de hojas de diversas especies que crecen en el desierto de Sonora. Los resultados mostraron, por un lado, que las especies presentaban en mayor proporción polen de la planta madre y por el otro, que existían diferencias entre las diferentes especies en la abundancia de polen capturado que estarían relacionadas a las características epidérmicas de las plantas.

El guanaco, *Lama guanicoe*, (Müller, 1776) es un pseudo-rumiante, cuyo hábito pasteador y ramoneador explicaría en parte, su amplia distribución geográfica y la gran adaptabilidad para vivir en diversos ambientes (Wheeler, 1991). Presenta adaptaciones fisiológicas a condiciones áridas y tiene la capacidad de soportar el estrés hídrico, siempre y cuando el contenido de humedad de los vegetales consumidos sea lo suficientemente alto. Su hábito de alimentación es generalista, de selección intermedia (Raedeke, 1980; Franklin, 1982, 1983; Wheeler, 1991; Puig *et al.* 1996; Miñoiz, 2008). Estos hábitos y sus características fisiológicas

le posibilitan habitar pampas altas, muy secas y con muy baja calidad de forraje (Lauenroth, 1998). Su área de distribución comprende ambientes con marcadas diferencias en la estructura de la vegetación, como la estepa patagónica, los bosques subantárticos (Franklin, 1983) y el ecotono bosque-estepa. Se alimenta principalmente de los estratos herbáceo (Poaceae, Juncaceae y Cyperaceae) y arbustivo (Raedeke, 1978) y en algunos casos, del estrato arbóreo cuando migra hacia el interior del bosque durante el invierno (Bank *et al.*, 2002). Posee un rango de acción amplio que varía de acuerdo a las condiciones del lugar y a la época del año, oscilando entre 1,30 y 9 km<sup>2</sup> (Burgi, 2007).

Velázquez & Burry (2012) analizaron el espectro polínico de heces actuales de guanaco provenientes de diferentes estaciones del año en el valle del río Roble (Parque Nacional Perito Moreno, Santa Cruz). Los resultados mostraron diferencias en el espectro polínico que se relacionan a la estación de polinización y/o a variaciones en la dieta. Las autoras señalan que para evaluar si la concentración de tipos polínicos con dispersión anemófila en las heces corresponde a la dieta o son producto de contaminación polínica de las plantas consumidas, se debería analizar el contenido polínico de la superficie de tallos y hojas de plantas que representan *items* alimentarios del área de forrajeo de los guanacos.

El objetivo de este trabajo es analizar el espectro polínico de la superficie de tallos y hojas de *Empetrum rubrum* Vahl ex Willd., *Senecio filaginoides* DC., *Nardophyllum obtusifolium* Hook & Arn. y *Mulinum spinosum* (Cav.) Pers., especies que conforman parte de la dieta de *Lama guanicoe* en el Parque Nacional Perito Moreno (PNPM), Santa Cruz.

Los resultados de estos análisis serán útiles para la interpretación de los espectros polínicos de los coprolitos.

#### Área de Estudio

En la zona del PNPM se trabajó en el Cerro Casa de Piedra (CCP) (47°57'S; 72°05'O, 900 msnm), ubicado en una faja transicional entre el bosque cordillerano y la estepa patagónica, en la cuenca del río Roble y del Lago Burmeister. Entre los años 1930 y 1940 el bosque de *Nothofagus* sp. que se desarrolla frente al Cerro ha sido modificado por talas e incendios (Pardiñas, 1998).

La vegetación que se encuentra actualmente en los alrededores del CCP desde la base del cerro

hacia el río Roble está dominada por una franja de *Empetrum rubrum* que forma un denso murtillar con *Gaultheria mucronata*; luego en algunos sectores aparece una estepa gramínea de *Festuca palllescens*; continúa un murtillar con *Azorella monanthos* y árboles adultos y renovales dispersos de *Nothofagus pumilio*; luego una estepa arbustiva con predominio de *Nardophyllum obtusifolium*, *Mulinum spinosum*, *Senecio filaginoides* y *Adesmia boronioides*. En la ribera del río Roble, se observa una estepa gramínea-arbustiva dominada por *N. obtusifolium* acompañada por gramíneas y *Acaena* sp. (Observación personal).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el valle del río Roble se recolectaron tallos y hojas de ejemplares de *Empetrum rubrum* “murtilla” (Ericaceae), *Senecio filaginoides* “mata mora” (Asteraceae subfam. Asteroideae), *Nardophyllum obtusifolium* “mata torcida” (Asteraceae subfam. Asteroideae) y *Mulinum spinosum* “neneo” (Apiaceae) (n=16), en una campaña realizada en abril de 2014.

Para la identificación de las especies se utilizó la bibliografía de Correa (1971-1999) y Dimitri (1987). Además se consultó el Catálogo de Plantas Vasculares del Instituto Botánica Darwinion (<http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/fa.htm>).

En el laboratorio se seleccionaron hojas y tallos de cada una de las especies y se montaron, sin tratamiento previo sobre tacos, luego fueron cubiertas con oro-paladio para la observación al microscopio electrónico de barrido (MEB). Se observaron las estructuras epidérmicas de los tallos y hojas de las cuatro especies para evaluar la adhesividad de la superficie del obstáculo en la eficiencia de retención de granos de polen.

Para la extracción polínica, se pesaron dos gramos, entre hojas y tallos, de cada ejemplar; se adicionó agua destilada y una tableta de esporas de *Lycopodium clavatum* (Batch N°124961, media= 12542 esporas/tableta) a cada una de las muestras y se filtraron a través de una malla de 260 µm.

Se realizó la extracción polínica, según D'Antoni (1979) y Faegri & Iversen (1989) y consistió en:

a) concentración del filtrado por centrifugación 2500 rpm por 5 minutos;

- b) deshidratación con ácido acético puro.  
c) eliminación del material celulósico mediante acetólisis (la mezcla acetolítica está formada por 9 partes de anhídrido acético y 1 de ácido sulfúrico) y posterior lavado con ácido acético puro para evitar la precipitación del octacetato de celulosa (D'Antoni, 1979). La mezcla acetolítica mediante hidrólisis remueve polisacáridos, como la celulosa, que están presentes en el citoplasma y en la superficie de los granos de polen (Erdtman, 1943; Faegri & Iversen, 1989).

Por último, se concentró el residuo obtenido mediante centrifugación a 2500 rpm por 5 min y las muestras se almacenaron en tubos Kahn con el agregado de 2 gotas de glicerina.


Se realizaron preparados semipermanentes (D'Antoni, 1979). La observación microscópica se realizó utilizando un microscopio óptico binocular Olympus BH-2 con aumentos de 400X y 1000X. La identificación y el recuento polínico se llevaron a cabo utilizando bibliografía especializada (Heusser, 1971; Markgraf & D'Antoni, 1978; Moore *et al.*, 1991). Además, se utilizó la palinoteca de referencia del Laboratorio de Palinología y del Grupo de Palinología y Bioantropología (Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina). La nomenclatura de los tipos polínicos se estableció de acuerdo a Joosten & De Klerk (2002) y De Klerk & Joosten (2007). La suma polínica incluyó a todos los tipos polínicos y esporas, hasta alcanzar una suma de al menos 200 entre granos y esporas.

El recuento polínico se expresó en porcentaje y concentración (n° de granos/g de muestra). Los resultados de porcentajes se presentaron en un diagrama polínico porcentual (Fig. 5) y los de concentraciones en una tabla (Tabla 1).

## RESULTADOS

### Observación al MEB

Una de las características epidérmicas de tallos y hojas registradas con el MEB en las especies estudiadas fue la pubescencia en la superficie de la cara abaxial de hojas y tallos de *E. rubrum* y en toda la superficie de hojas y tallos de *S. filaginoides* y *N. obtusifolium* (Fig. 1 A-C, 2 A-C y 3 A-C).

Se observaron granos de polen de la planta madre y  venientes de árboles, arbustos y hierbas del área de estudio sobre la superficie de hojas y

tallos de *S. filaginoides*, *N. obtusifolium* (Fig. 2 A-C y 3 A-C) y de *M. spinosum*. En este último caso la epidermis de los tallos no presenta pubescencia (Fig. 4 A-C)

### Espectros polínicos de muestras de superficie de tallos y hojas

El diagrama polínico porcentual mostró como tipos polínicos dominantes, en todas las muestras de las diferentes especies analizadas, a los tipos procedentes de la planta madre. Es decir, las muestras de plantas de *Empetrum rubrum*, presentaron como dominante al tipo polínico *E. rubrum*, luego a *Nothofagus*, *Senecio*, *Mulinum* y *Rumex*.

Las muestras de las plantas de *Senecio filaginoides* presentaron como tipos polínicos dominantes a *S. filaginoides*, *Mulinum spinosum* y *Rumex*.

Las muestras de plantas de *Nardophyllum obtusifolium* presentaron como tipos polínicos dominantes a *Mulinum* y *Rumex*.

Por último las muestras de plantas de *Mulinum spinosum* presentaron como dominante al tipo polínico *M. spinosum* (Fig. 5).

*Mulinum spinosum* (zoófilo) fue el único tipo polínico presente en un porcentaje mayor al 5% en la superficie de todas las plantas analizadas. En la superficie de tallos de *M. spinosum* se observó, mayor abundancia de polen de esta misma especie que en la superficie de hojas y tallos de *S. filaginoides*, de *E. rubrum* y de *N. obtusifolium*.

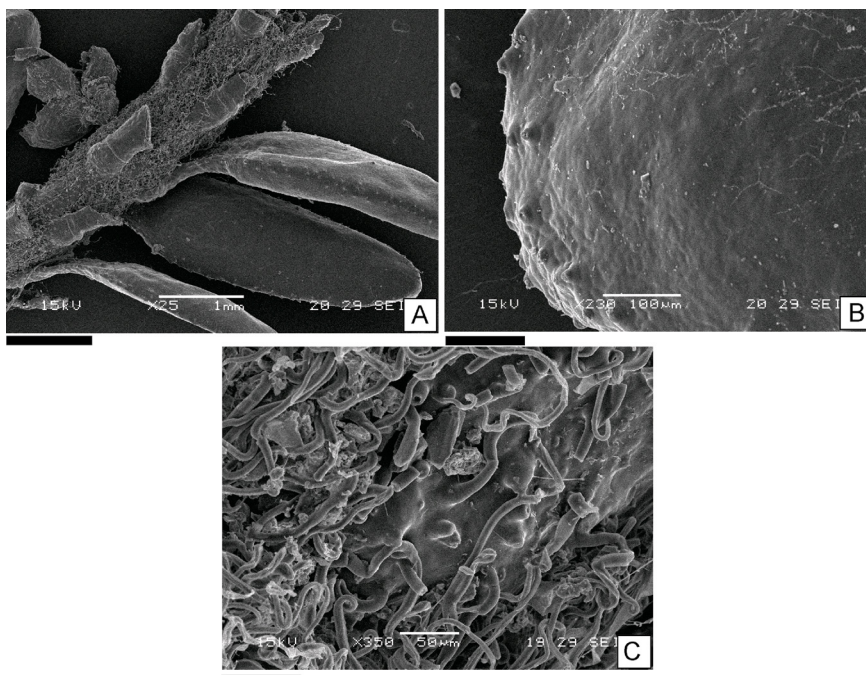
Por otra parte, granos de *Rumex* (anemófilo) se recuperaron en alto porcentaje sobre la superficie de *E. rubrum* y *N. obtusifolium* como se mencionó previamente (Fig. 5).

En la Tabla 1 se observan los mayores valores de concentración polínica en las muestras de la planta madre. Es decir, en la superficie de tallos y hojas de *Empetrum rubrum* se registraron los valores más altos de concentración polínica de *E. rubrum*. En la superficie de tallos y hojas de *Senecio filaginoides* se registró el valor más alto de concentración polínica de *S. filaginoides*, lo mismo se observó para *M. spinosum*. Sin embargo, en *Nardophyllum obtusifolium* no se observó la mayor concentración de este tipo polínico en las muestras.

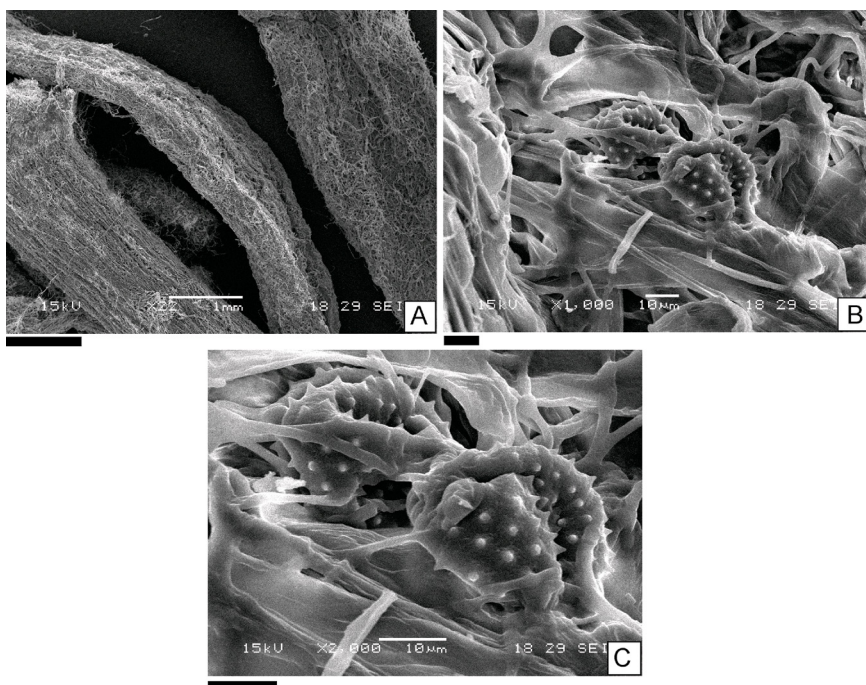
Por otro lado, se observaron valores bajos de concentración de otros tipos polínicos diferentes a los de la planta madre. Entre los anemófilos *Podocarpus* y Poaceae, y entre los

**Tabla 1.** Concentraciones de los tipos polínicos, ordenados según tipos biológicos, identificados en las muestras de superficie de plantas de *Empetrum rubrum*, *Senecio filaginoides*, *Nardophyllum obtusifolium* y *Mulinum spinosum*. En negrita la concentración de los tipos polínicos de la planta madre.

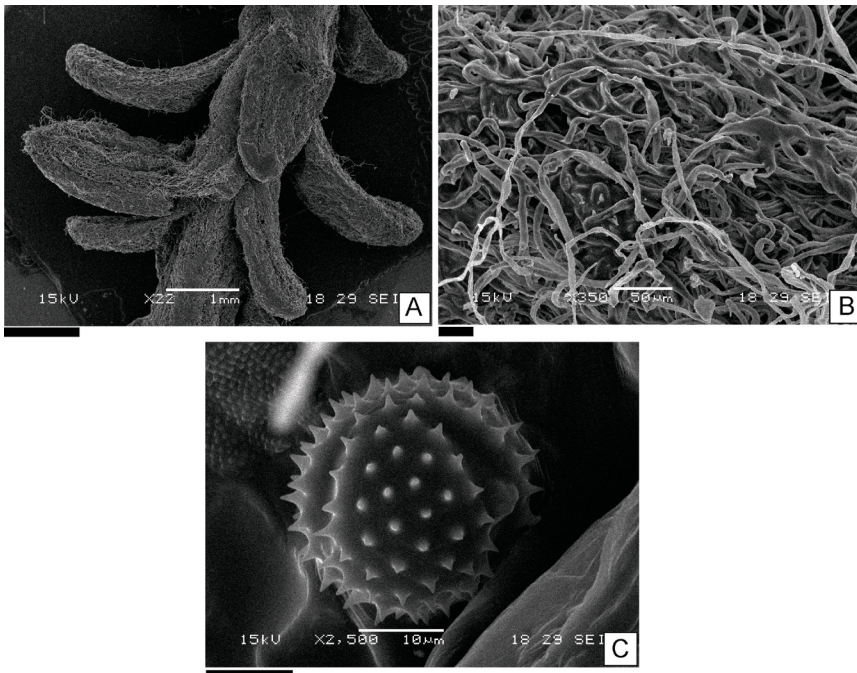
	<i>Empetrum rubrum</i>					<i>Senecio filaginoides</i>					<i>Nardophyllum obtusifolium</i>					<i>Mulinum spinosum</i>				
	78	74	82	80	98	84	68	85	67	63	70	72	53	60	54	58				
<b>Muestras</b>	288	100	76	43	0	13	74	102	0	374	155	191	24	40	0	214				
<b>Árboles</b>	11	18	97	0	20	0	11	34	35	56	26	41	12	0	0	19				
<i>Nothofagus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224	0	55	48	0	0	0				
<i>Podocarpus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<b>Hemiparásita</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Misodendrum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<b>Arbustos</b>	1461	236	1288	17831	0	0	85	34	0	0	142	68	12	0	0	136				
<i>Empetrum rubrum</i>	0	0	433	170	0	0	0	0	0	0	14	0	0	79	0	0				
<i>Gaultheria</i>	0	18	0	43	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Senecio</i>	133	89	476	0	5943	4017	9985	2283	0	299	52	41	72	79	313	117				
<i>Senecio filaginoides</i>	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Baccharis</i>	0	0	11	0	0	0	0	0	0	2896	142	205	12	0	0	0				
<i>Nardophyllum obtusifolium</i>	66	65	0	0	0	13	117	0	0	0	0	27	12	0	0	0				
<i>Nassauvia</i>	0	6	11	0	0	0	0	0	17	0	39	0	0	0	0	19				
<i>Perezia</i>	144	207	43	0	341	225	1868	981	17	822	155	682	2599	5853	129904	22526				
<i>Mulinum spinosum</i>	0	6	54	0	0	0	0	17	0	112	26	0	48	0	0	58				
<i>Azorella</i>	0	30	0	0	0	13	42	0	0	168	26	0	12	60	0	97				
<i>Acaena magellanica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
<b>Hierbas</b>	0	77	33	0	0	0	21	0	0	168	26	246	60	40	104	97				
Poaceae	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Campanulaceae	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Caryophyllaceae	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	26	14	24	60	0	194				
<i>Cerastium</i>	332	1731	97	43	1004	388	891	17	105	1215	763	1324	241	318	938	1399				
<i>Rumex</i>	0	0	0	128	0	0	21	0	0	0	0	27	0	0	0	0				
Indeterminados	2435	2611	2619	18257	7317	4718	13115	3484	174	6335	1578	2935	3177	6528	131258	24877				
<b>Concentración total</b>																				



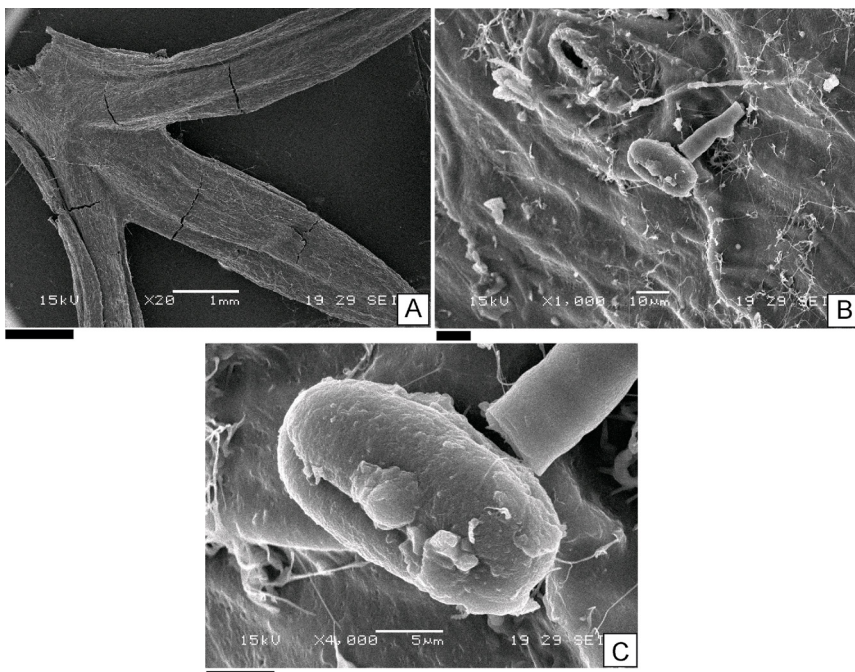
**Fig. 1.** Fotografías obtenidas a partir del microscopio electrónico de barrido (MEB). **A:** tallos y hojas de *Empetrum rubrum*; **B:** epidermis de hoja de *E. rubrum*; **C:** pelos epidérmicos del tallo de *E. rubrum*. Escalas= A: 1 mm; B: 100 µm; C: 50 µm.



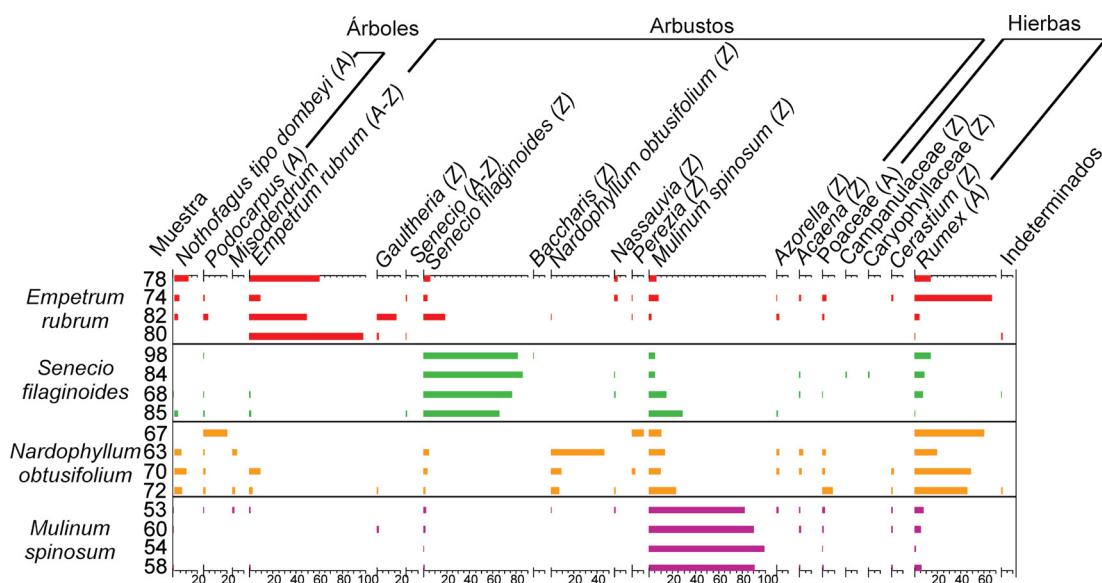
**Fig. 2.** Fotografías obtenidas a partir del microscopio electrónico de barrido (MEB). **A:** tallo y hojas de *Senecio filaginoides*; **B:** epidermis de hoja de *S. filaginoides*; **C:** granos de polen *S. filaginoides*. Escalas= A: 1 mm; B: 10 µm; C: 10 µm.



**Fig. 3.** Fotografías obtenidas a partir del microscopio electrónico de barrido (MEB). **A:** tallo y hojas de *Nardophyllum obtusifolium*; **B:** epidermis de hoja de *N. obtusifolium*; **C:** grano de polen de *N. obtusifolium*. Escalas= A: 1 mm; B: 50 µm; C: 10 µm.



**Fig. 4.** Fotografías obtenidas a partir del microscopio electrónico de barrido (MEB). **A:** tallo de *Mulinum spinosum*; **B:** epidermis de tallo de *M. spinosum*; **C:** grano de polen de *M. spinosum*. Escalas= A: 1 mm; B: 10 µm; C: 5 µm.



**Fig. 5.** Diagrama polínico porcentual de la superficie de tallos y hojas de las especies que forman parte de la dieta de *Lama guanicoe* en los alrededores del Cerro Casa de Piedra. (A) tipos polínicos anemófilos, (Z) zoófilos.

zoófilos *Gaultheria*, *Nassauvia*, *Baccharis*, *Perezia*, *Azorella*, *Acaena*, *Caryophyllaceae* y *Cerastium*. Las plantas de *N. obtusifolium* y *E. rubrum* presentaron mayor abundancia de polen de *Nothofagus* que las plantas de *Senecio filaginoides* y *Mulinum spinosum* (Fig. 5; Tabla 1).

## DISCUSIÓN

La presencia de granos de polen de árboles, arbustos y hierbas, sobre la superficie de plantas de *S. filaginoides* y *N. obtusifolium* se relaciona con la pubescencia de la epidermis de las hojas y tallos de estas especies. Por el contrario, las plantas de *Mulinum spinosum* no presentan pubescencia en la superficie de sus tallos, sin embargo esta especie fue la que mayor concentración polínica presentó superando al resto de las especies.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por O'Rourke (1991) que menciona que diferentes especies del desierto "atrapan" polen del aire de acuerdo con las características epidérmicas de cada una de las especies, en este caso los pelos epidérmicos actuarían como trampa de granos de polen y esporas.

Con respecto a la relación polen - planta madre, la gran abundancia del tipo polínico *M. spinosum* sobre la superficie de la planta madre, a diferencia de lo que ocurrió en *N. obtusifolium* y *S. filaginoides*, se debería a que su pico de floración es en verano (Arroyo Kalin *et al.*, 1981; Damascos *et al.*, 2008), coincidente con el momento de recolección de las plantas para el estudio. *M. spinosum* es un subarbolito glauco, depresado-globoso, muy ramificado. Las hojas son alternas, no presentan pubescencia, son vaginantes en la base, y terminadas en 3 o 5 segmentos punzantes. Presentan flores unisexuales amarillas que sobresalen por encima del follaje (Dimitri, 1974). Tiene polinización entomófila (Forcone & Muñoz, 2009). Además, *M. spinosum* crece acompañado por *S. filaginoides* (Roig, 1998) y, por lo tanto, el polen de *M. spinosum* puede también quedar atrapado en los pelos de la superficie de hojas y tallos de *S. filaginoides*.

La alta concentración del tipo polínico *Senecio* sobre la superficie de *S. filaginoides* se debería a que esta especie florece en verano y además tiene una alta producción polínica. Además, las equinas presentes en la exina de los granos de polen le permiten adherirse con mayor facilidad a la superficie de las plantas. *S. filaginoides* es un arbusto hemisférico,



ramoso, densamente tomentoso, con tallos hojosos hasta el ápice. Presenta hojas alternas, sésiles, con láminas lineares densamente tomentosas en ambas caras (Freire, 2014). De acuerdo a las características epidérmicas, esta especie actuaría como trampa de los granos de polen lo que explicaría la alta concentración polínica de *Senecio* sobre la planta madre.

Por otro lado, la baja cantidad de polen de *N. obtusifolium* en todas las muestras analizadas podría deberse a que esta especie florece de noviembre a enero, no coincidente con la fecha de recolección de las plantas. Probablemente el polen depositado sobre las hojas de la planta madre y de las otras especies haya sido removido por las corrientes de aire o precipitaciones. *N. obtusifolium* es un arbusto densamente ramoso y con abundantes hojas, las ramas viejas sin pilosidad y las jóvenes muy tomentosas. Las hojas son pequeñas y lineales. La inflorescencia es un capítulo y se encuentra en el ápice de las ramas (Dimitri, 1974).

Por último, la alta concentración polínica de *Empetrum rubrum* sobre la superficie de las hojas y tallos de la planta madre estaría relacionada con las características epidérmicas de las plantas y la morfología de los arbustos. *E. rubrum* es un arbusto muy achaparrado y extendido horizontalmente con las ramas pegadas al suelo, que forma matas y posee ramitas con tomento blanquecino denso. Las hojas alternas o casi verticiladas, encontrándose muy amontonadas, cubren las ramitas que son gruesas y coriáceas. Las flores son pequeñas solitarias subsésiles y presentan estambres muy exertos (Dimitri, 1974). De acuerdo a su morfología esta especie podría actuar de trampa polínica, como se comportan los musgos.

La mayor cantidad de granos de *Nothofagus* sp. registrada sobre la superficie de las plantas de *N. obtusifolium* y *E. rubrum* que en las otras especies estudiadas, podría relacionarse con la presencia de árboles adultos y renovales dispersos de *Nothofagus pumilio* en el área de muestreo. De esta manera, el polen anemófilo de *Nothofagus*, con alta capacidad de dispersión, se depositaría sobre la superficie de las especies analizadas.

Por otro lado, el tipo polínico *Podocarpus*, podría corresponder a *P. nubigena* Lindl que tiene una distribución en la Cordillera de los Andes desde los 40°S hacia el sur (Donoso Zegers, 2006). La presencia de este tipo polínico en la superficie de las

plantas analizadas podría deberse a que su dispersión es anemófila y llegaría hasta el área gracias a los vientos del oeste.

Por otro lado, en todas las muestras se encontró el tipo polínico *Rumex* que podría corresponder a *Rumex acetosella* de la Familia Polygonaceae que crece en el área y florece en verano.

Los valores bajos de polen de Poaceae sobre la superficie de todas las especies analizadas podría deberse a que plantas de esta familia no se encontraban en su período de polinización. El alto porcentaje y concentración de polen de *Rumex* en las muestras de *E. rubrum* y *Nardophyllum obtusifolium* probablemente esté asociado a la estación de polinización, ya que florece en verano.

Como síntesis se puede afirmar que los espectros polínicos de la superficie de algunas plantas, que son parte de la dieta de las poblaciones de guanaco del PNPM, mostraron que los tipos polínicos dominantes proceden de la planta madre, salvo en las muestras de *N. obtusifolium*, donde *M. spinosum* dominó el espectro polínico. Además, en todas las muestras fue importante la abundancia de otros tipos polínicos tanto con dispersión anemófila o zoófila.

Estos resultados muestran la magnitud del aporte de granos de polen, a partir del consumo de órganos vegetativos de diferentes ítems alimentarios, a las heces de los guanacos y de esta manera brindan información para la interpretación del espectro polínico de heces y coprolitos de guanaco para estudios de dieta y paleodieta que se están llevando a cabo en Patagonia (Velázquez, 2016; Velázquez *et al.*, 2017). Asimismo este análisis permite conocer la composición del espectro polínico que los guanacos pudieron haber ingerido accidentalmente por estar depositado sobre la superficie de los ítems alimentarios. Una de las hipótesis que surge es que si los guanacos se alimentan de plantas de *Empetrum rubrum*, *Senecio filaginoides* y *Mulinum spinosum*, cuyo polen puede quedar atrapado entre los pelos epidérmicos de las hojas y tallos, probablemente una alta concentración polínica de estas especies en las heces estaría sugiriendo que estas especies formaron parte de la dieta del guanaco. Distinto es el caso de *N. obtusifolium*, que presentó un mayor porcentaje y concentración de *Mulinum* en sus hojas y tallos que de granos procedentes de la planta madre. Sería necesario el análisis de un mayor número de muestras de cada una de las especies analizadas, recolectadas en

diferentes estaciones del año, para evaluar el efecto de la producción y la estación de polinización sobre la abundancia de granos de polen que quedan atrapados en la superficie de las hojas y tallos. Además sería necesario evaluar cuánto tiempo permanecen en la superficie de las plantas hasta que el viento, turbulencias o las precipitaciones los remuevan.

## CONCLUSIONES

El análisis de la contaminación polínica de algunos ítems alimenticios de los guanacos del PNPM permitió identificar sesgos en las asociaciones polínicas que podrían enmascarar la determinación de los ítems consumidos intencionalmente y no de forma accidental.

Los espectros polínicos de la superficie de plantas que son parte de la dieta de guanacos del PNPM mostraron que los tipos polínicos dominantes en todas las muestras proceden de la planta madre, salvo el caso de *Nardophyllum obtusifolium*.

Asimismo, la recuperación de polen anemófilo y zoófilo de especies diferentes a la planta madre, aunque en baja concentración, sobre la superficie de hojas y tallos pubescentes de especies que forman parte de la dieta del guanaco permitió conocer los tipos polínicos que podrían haber sido ingeridos accidentalmente. Estos resultados mostraron la abundancia y diversidad de polen proveniente de la lluvia polínica sobre el alimento. Estos espectros polínicos están relacionados a la estación de polinización y a la cercanía de las plantas. La contaminación del alimento con polen anemófilo arbóreo podría deberse a la alta capacidad de dispersión del polen como también a la arquitectura de las especies que actúan como trampas de polen. Por otro lado, la alta concentración de polen (tanto zoófilo como anemófilo) sobre la superficie de la planta madre está relacionada a sus características epidérmicas, como la presencia de pelos que actúan como trampas polínicas.

Resta ampliar el número de muestras para poder evaluar los efectos de a) la producción polínica y b) el tiempo de permanencia de los granos en la superficie de las plantas, sobre la abundancia de granos que quedan atrapados en la superficie de los órganos vegetativos de las diferentes especies que son fuentes alimenticias de los guanacos.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

NJV y LSB realizaron la recolección de las muestras, análisis de los resultados y desarrollo del manuscrito. NJV realizó el procesamiento y la identificación al microscopio óptico.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), Proyecto (EXA-UNMDP EXA 855/18); Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT), Proyecto (PICT No. 2015 2541, L. Caruso Fermé; PICT No. 2017 3239, N.J. Velázquez; PICT No. 2017 0455, L.S. Burry). A Belén Martel quien colaboró con el procesamiento de las muestras, identificación y recuento polínico durante una pasantía de investigación en el Laboratorio de Palinología y Bioantropología, bajo la dirección de Lidia Susana Burry y la tutoría de Nadia Jimena Velázquez. A los revisores anónimos que con sus sugerencias permitieron mejorar el manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALCOVER, J. A. R., E. YIL. PEREZ-OBOL & P. BOVER. 1999. The diet of *Myotragus balearicus* Bate 1909 (Artiodactyla: Caprinae), an extinct bovid from the Balearic Islands: evidence from coprolites. *Biol. J. Linn. Soc. Lond.* 1: 57-74. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1999.tb01917.x>
- ARROYO KALIN, M. T., J. ARMESTO & C. VILLAGRAN. 1981. Plant phenological patterns in the High Andean Cordillera of Central Chile. *J. Ecol.* 69: 205-223.
- BANK, M. S., R.J. SARNO, N. K. CAMPBELL & W. L. FRANKLIN. 2002. Predation of guanacos (*Lama guanicoe*) by southernmost mountain lions (*Puma concolor*) during a historically severe winter in Torres del Paine National Park, Chile. *J. Zool.* 258: 215-222. <https://doi.org/10.1017/S0952836902001334>
- BRYANT Jr., V. M. & R. G., HOLLOWAY. 1983. The role of palynology in archaeology. In: CHAVES, S.A.M. & K.J. REINHARD, 2006. Critical analysis of coprolite evidence of medicinal plant use, Piauí, Brazil. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 237: 110-118. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-003106-1.50010-9>

## N. J. Velázquez y L. S. Burry - Análisis palinológico de *Lama guanicoe* en Patagonia

- BURGI, M. V. 2007. Radio de acción del guanaco (*Lama guanicoe*) en el NE de Chubut. *Mastozool. neotrop.* 14 (2): 285-291.
- CARRIÓN, J. S., G. GIL, E. RODRÍGUEZ, N. FUENTES, M. GARCÍA-ANTÓN & A. ARRIBAS. 2005. Palynology of badger coprolites from central Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 226: 259-271. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.05.016>
- CARRIÓN, J. S., J. A., RIQUELME, C. NAVARRO & M. MUNUERA. 2001. Pollen in hyaena coprolites reflects late glacial landscape in southern Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 176: 193-205. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00338-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00338-8)
- CARRIÓN, J. S., R. YII, J. A. RIQUELME & P. GONZÁLEZ. 2004. Perspectivas del análisis polínico de coprolitos y otros depósitos biogénicos útiles en la inferencia paleoambiental. Miscelánea en Homenaje a Emiliano Aguirre: Paleontología. *Museo Arqueológico Regional, Madrid*, pp. 128-139.
- CHAVES, S. A. M. & K. J. REINHARD (eds.). 2006. Critical analysis of coprolite evidence of medicinal plant use, Piauí, Brazil. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 237: 110-118. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.11.031>
- CHAVES, S. A. M. 2000. Estudio palinológico de Coprólitos pré-históricos Holocenos coletados na toca do Boqueirão do sitio da Pedra Furada-contribuições paleoetnológicas, paleoclimáticas e paleoambientais para a região sudeste do Piauí-Brasil. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, Universidade de São Paulo 10: 103-120.
- CORREA, M. V. (dir.). 1971-1999. *Flora Patagónica. Colecc. Ci. INTA*, Buenos Aires.
- DAMASCOS, M. A., D. BARTHELEMY, C. EZCURRA, P. MARTÍNEZ & C. BRION. 2008. Plant phenology, shoot growth, and branching pattern in *Mulinum spinosum* (Apiaceae), a cushion shrub of the arid Patagonian steppe of Argentina. *J. Arid Environ.* 72: 1977-1988. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.07.001>
- D'ANTONI, H. L. 1979. *Arqueoecología: El hombre en los ecosistemas del pasado a través de la Palinología*. Colección Científica de Arqueoecología. México. 134 pp.
- D'ANTONI, H. 2008. *Arqueoecología: Sistemática y Caótica*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid.
- DE KLERK, P. & H. JOOSTEN. 2007. The difference between pollen types and plant taxa: a plea for clarity and scientific freedom. *Eiszeitalter und Gegenwart / Quaternary Science Journal.* 56: 162-171. <http://dx.doi.org/10.23689/figeo-1295>
- DIMITRI, J. M. 1974. Pequeña flora ilustrada de los Parques Nacionales andino-patagónicos, *Anales de Parques Nacionales* 13: 1-122.
- DIMITRI, M. 1987. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Edit. Acme, Buenos Aires.
- DONOSO ZEGERS, C. 2006. *Las Especies arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina*. Autoecología. Marisa Cúneo Ediciones, Valdivia, Chile.
- FAEGRI, K. & J. IVERSEN. 1989. *Textbook of Pollen Analysis* 4th Edition, En: FAEGRI, K., KALAND, P.E., & K., KRZYWINSKI (eds.). John Wiley and Sons, Chichester, 328 pp.
- FERNÁNDEZ-JALVO, Y., L. SCOTT, J. S. CARRIÓN, G., GIL-ROMERA, J. BRINK, F. NEUMANN & L. ROSSOUW. 2010. Pollen taphonomy of hyaena coprolites: an experimental approach. First Meeting on Hyaena Dens in archaeological sites of the Iberian Peninsula. *Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares*, pp. 149-156. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00338-8](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00338-8)
- FORCONE, A. & M. MUÑOZ. 2009. Floración de las especies de interés apícola en el noroeste de Santa Cruz, Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 44: 3-4.
- FRANKLIN, W. L. 1982. Biology, ecology, and relationship to man of the South American camelids. En: MARES, H. & M.G. GENOWAYS (eds.), *Mammalian Biology in South America*. University of Pittsburgh. Special Publication Series, 6: 457-488.
- FRANKLIN, W. L. 1983. Contrasting socioecologies of South America's wild camelids: The vicuña and guanaco. En: EISEMBERG, S. F. & D. G. KLEIMAN, (eds.), *Advances in the Study of Mammalian Behaviour, Special Publication*, 7, pp. 573-629.
- FREIRE, S. E. 2014. Flora Vascular de la República Argentina 7(3): Dicotyledoneae-Asteraceae (Senecioneae a Vernoniaeae). ZULOAGA, F. O., BELGRANO M. J. & A.M. ANTON (eds.) Instituto de Botánica Darwinion. <http://www.jstor.org/stable/j.ctt16xwb7t>.
- HEUSSER, C. J. 1971. *Pollen and Spores from Chile. Modern Types of Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae*. University of Arizona Press, Tucson. 167 pp.
- HORROCKS, M., G. J. IRWIN, M. S. MCGLONE, S. L. NICHOL & L. J. WILLIAMS. 2003. Pollen, Phytoliths and diatoms in Prehistoric Coprolites from Kohika, Bay of Plenty, New Zealand. *J. Archaeol. Sci.* 30: 13-20. <https://doi.org/10.1006/jasc.2001.0714>
- HORROCKS, M., J. SALTER, J. BRAGGINS, S. NICHOL, R. MOORHOUSE & G., ELLIOTT. 2008. Plant microfossil analysis of coprolites of the critically endangered kakapo (*Strigops habroptilus*) parrot from New Zealand. *Rev. Palaeobot. Palynol.* 149: 229-245. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2007.12.009>

- JOOSTEN, H. & P. DE KLERK. 2002. What's in a name? Some thoughts on pollen classification, identification, and nomenclature in Quaternary palynology. *Rev. Palaeob. Palyn.* 122: 29-45. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(02\)00090-8](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(02)00090-8)
- LAUENROTH, W. K. 1998. Guanacos, spiny shrubs, and the evolutionary history of grazing in the Patagonian steppe. *Ecologia Austral* 8 (2): 211-215.
- MARKGRAF, V. & H. L. D'ANTONI. 1978. *Pollen Flora of Argentina. Modern Spore and Pollen Types of Pteridophyta, Gymnospermae and Angiospermae.* The University of Arizona Press, Tucson, 208 pp.
- MOE, D. 1983. Palynology of sheep's faeces: relationship between pollen content, diet and local pollen rain. *Grana* 22 (2): 105-113. <https://doi.org/10.1080/00173138309431970>
- MOORE, P. D., J. A. WEBB & M. E. COLLINSON. 1991. *Pollen Analysis*, second ed. Blackwell, London.
- MUÑOZ, A. 2008. Guanaco (*Lama guanicoe*) browsing on lenga (*Nothofagus pumilio*) regeneration in Tierra del Fuego. Tesis para optar el título de Magíster en Ciencias Biológicas, con mención en Ecología y Biología Evolutiva. Universidad de Chile. 37pp.
- O' ROURKE, M. K. 1991. Pollen in packrat middens. *Grana* 30 (2): 337-341. <https://doi.org/10.1080/00173139109431988>
- PARDIÑAS, U. F. J. 1998. Roedores holocénicos del sitio Casa de Piedra 5 (Santa Cruz, Argentina): tafonomía y paleoambientes. *Palimpsesto. Revista de Arqueología* 5: 66-90.
- PUIG, S., F. VIDELA, S. MONGE & V. ROIG. 1996. Seasonal variations in guanaco diet (*Lama guanicoe* Müller 1776) and food availability in Northern Patagonia, Argentina. *J. Arid Environ.* 34: 215-224. <https://doi.org/10.1006/jare.1996.0103>
- RAEDEKE, K. J. 1978. *El guanaco de Magallanes, Chile, su distribución y biología* Corporación Nacional Forestal, Publicación Técnica N° 4, Departamento de Conservación del Medio Ambiente, Santiago, Chile. 182 pp.
- RAEDEKE, K. J. 1980. Food habits of the guanaco (*Lama guanicoe*) of Tierra del Fuego, Chile. *Turrialba* 30: 177-181.
- REINHARD, K. J. & V. M. J. BRYANT. 1992. Coprolite analysis: a biological perspective on archaeology, In: SHIFFER, M. (eds.), *Advances in Archaeological Method and Theory* 4. University of Arizona Press. Tucson, pp. 245-288.
- ROIG, F. A. 1998. La vegetación de la Patagonia. En: Correa M (compaginador), *Flora Patagónica. Colección Científica INTA*. Tomo VIII (1): 48-174.
- TAUBER, H. 1967. Investigations of the mode of pollen transfer in forested areas. *Rev. Palaeob. Palyn.* 3: 277-286.
- VELÁZQUEZ, N. J. & L. S. BURRY. 2012. Palynological analysis of *Lama guanicoe* modern feces and its importance for the study of coprolites from Patagonia, Argentina. *Rev. Palaeob. Palyn.* 184: 14-23. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2012.07.012>
- VELÁZQUEZ, N. J., L. S. BURRY, M. V. MANCINI, & M. H. FUGASSA. 2010. Coprolitos de camélidos del Holoceno como indicadores paleoambientales. *Magallania* 38: 213-229. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-22442010000200013>
- WHEELER, J. C. 1991. Origen, evolución y status actual. En: FERNÁNDEZ-BACA, S., (ed.), *Avances y perspectivas del conocimiento de los camélidos sudamericanos*: 11-48. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile.
- WOOD, J. R., J. M. WILMSHURST, S. J. WAGSTAFF, T. H. WORTHY, N. J. RAWLENCE & A. COOPER. 2012. High-Resolution Coproecology: Using Coprolites to Reconstruct the Habits and Habitats of New Zealand's Extinct Upland Moa (Megalapteryx didinus). *PLoS ONE* 7: 1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0040025>