



Mediciones nutricionales de *Prosopis denudans*: revalorización alimenticia de un fruto con historia

Ciampagna Maria Laura¹, Hoffmann Elizabeth², Puppo Cecilia³, Capparelli Aylen⁴

¹*UNLP- División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata, Argentina.*

²*CONICET- CIT Río Negro, Viedma, Argentina.*

³*CONICET- CIDCA, La Plata, Argentina*

⁴*CONICET- División Arqueología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.*

Email: mlciampagna@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presenta por primera vez, el análisis morfológico del fruto y la semilla de *Prosopis denudans* Benth. (Sección Algarobia), así como sus mediciones nutricionales. Esta especie es endémica de la Patagonia y representa la más austral del género. Se realizaron cortes transversales a mano alzada de la vaina, se decoloraron con hipoclorito de sodio al 50% y se observaron bajo microscopio óptico. Se tomaron valores de humedad, lípidos, proteínas, fibra dietaria total, hidratos de carbono totales diferente de fibra según protocolos estándares de AOAC (AOAC 1998) y utilizados para el estudio de *Prosopis alba*, *P. nigra* y *P. ruscifolia*. Los estudios morfológicos dan cuenta de una vaina delgada, con epicarpo, mesocarpo (parte dulce y comestible) y un endocarpo duro uniseminado. El mesocarpo está conformado por una ancha franja de células parenquimáticas con contenidos parduzcos. La semilla consta de epidermis externa, subepidermis, parénquima esponjoso, endosperma o albumen y embrión. En el embrión se observan gránulos de proteína. A pesar de su escaso espesor, el fruto de esta especie posee importantes valores nutricionales, sobre todo para un área geográfica donde el énfasis está puesto en recursos de origen animal. Si bien se registran diferencias con respecto a los valores nutricionales de otras especies del género, *P. denudans* se constituye en un recurso valioso para el área de los alimentos funcionales, especialmente productos horneados donde resulta interesante el aporte de fibra.

Palabras clave: *Prosopis denudans*, valores nutricionales, microanatomía de vaina

1. Introducción

El género *Prosopis*, que pertenece a la familia Fabaceae, posee 44 especies reconocidas, cuatro se distribuyen en el Viejo Mundo y África, mientras que las 40 restantes lo hacen a lo largo del Continente Americano desde el SO de Norteamérica hasta la Patagonia. El fruto de este género consiste en una legumbre drupácea indehisciente clasificada por Burkart (1952:126) como lomento drupáceo. Éste ha sido utilizado como alimento en diferentes partes del mundo a través de distintos procesamientos que dan lugar a panes, jaleas, bebidas con y sin alcohol, vainas hervidas o harinas tostadas o desleídas en agua (Capparelli 2008, Capparelli y Lema 2011, Siammaro 2015). Argentina se considera centro de diversificación del género *Prosopis* (Burkart 1952:126), lo cual probablemente sea el resultado de los 12000 años de uso que su fruto registra (Giovannetti et al. 2008). Si bien las evidencias arqueo y etnobotánicas dan cuenta que un gran número de especies se usaron con propósito alimenticio en Argentina (Capparelli y Prates 2015, Capparelli 2007, y trabajos allí citados), de muchas de éstas se ha perdido totalmente el CBT (el Conocimiento Botánico Tradicional), entre ellas las especies distribuidas en la Patagonia. Este trabajo tiene por objetivo general realizar un estudio comparativo entre la morfoanatomía de la vaina y la semilla de *Prosopis denudans* Benth. (Sección Algarobia) y sus valores nutricionales. Es la primera vez que se presenta esta información para dicha especie. La misma es endémica de Patagonia, y se distribuye desde la provincia de Chubut hasta la de Santa Cruz, siendo la más austral del género. Se prevé evaluar el potencial de esta planta nativa para contribuir a la alimentación de las poblaciones rurales a través de su re-valorización, en un área geográfica donde el énfasis está puesto en recursos de origen animal.

2. Materiales y métodos

2.1. Caracterización morfoanatómica de la vaina y la semilla

Se colectaron manualmente *in situ*, vainas de *P. denudans* en el departamento de Deseado, Provincia de Santa Cruz, las cuales se encuentran depositadas en el Laboratorio 129 de la División Arqueología, Museo La Plata, FCNyM, UNLP. Se realizaron mediciones de largo, ancho y espesor de ejemplares provenientes de distintos especímenes. Se calcularon los promedios, rangos y desviaciones estándar. Para la descripción de su anatomía interna se realizaron cortes transversales, se decoloraron con hipoclorito de sodio al 50%, se observaron bajo microscopio óptico (Leica D/C) y se fotografiaron mediante cámara ToupCam.

2.2. Valoración nutricional

De las vainas antes mencionadas se realizaron por duplicado determinaciones de humedad, lípidos, proteínas y cenizas según protocolos estándares de AOAC (AOAC 1998) y utilizados para el estudio de *Prosopis alba*, *P. nigra* y *P. ruscifolia* (Sciammaro et al. 2016, 2018, Picariello et al. 2017). Los valores de carbohidratos se obtuvieron por diferencia, mientras que los de fibra se estimaron en base a trabajos de otras especies del género.

Las muestras fueron separadas manualmente en vaina sin semilla y semilla. Ambas fracciones fueron secadas a 50°C durante 96 h, con controles periódicos de peso para cuantificar el avance del secado. Luego fueron molidas en un molinillo a hélice (24.000 rpm, 3 minutos). La harina así obtenida se utilizó en las determinaciones de composición que se detallan a continuación.

2.2.1. Humedad

La humedad de las harinas se determinó por método gravimétrico (AOAC 925.45). Se cuantificó la pérdida de peso al secar la muestra en una estufa de vacío a 60°C hasta peso constante.

2.2.2. Lípidos

Los lípidos se cuantificaron por el método de Soxhlet (AOAC 963.15). Se pesó la muestra en un cartucho que se introdujo en el equipo de Soxhlet (tubo, refrigerante y balón tarado). Se utilizó éter de petróleo (fracción 35°C-60°C) como solvente y se realizaron 7 sifonadas. La diferencia de peso seco del balón antes y después de la determinación correspondió al contenido de lípidos de la muestra.

2.2.3. Proteínas

La determinación de proteínas se llevó a cabo de acuerdo al método de Kjeldahl (AOAC 920.152). Una cantidad conocida de muestra fue digerida químicamente. Luego de adicionar hidróxido de sodio y destilar, el destilado fue recogido en ácido bórico 4% y titulado con ácido clorhídrico de concentración conocida. Se conoció así la cantidad de nitrógeno de la muestra, proporcional al contenido de proteínas. Se utilizó el factor de conversión de 6,25, característico para proteínas de leguminosas.

2.2.4. Cenizas

La determinación se realizó en base al protocolo de la AOAC 900.2. Se colocó la masa de muestra en cápsulas de porcelana previamente calcinadas. Luego se carbonizó en platina calefactora para posteriormente calcinarla en mufla a 550°C hasta cenizas blancas. El contenido de cenizas se determinó en base a la diferencia de peso.

3. Resultados y Discusión

3.1. Caracterización morfoanatómica de la vaina y la semilla

P. denudans posee una legumbre aplanada y falcada o anillada (Figura 1). No se observan constricciones entre un artejo y otro, considerando artejo a cada segmento de la vaina que contiene un receptáculo de endocarpo.



Figura 1. Aspecto externo de las vainas y semillas de *P. denudans*. E= 1cm.

La vaina es pequeña y delgada en relación a la de otros *Prosopis* (cf. Sciammaro 2015), siendo las medias (X) del largo, ancho y espesor 9,78, 7,33 y 3,56 mm respectivamente (Tabla 1). Su número de semillas varía entre 9 y 12, lo que representa del 14,31 al 34,23% del peso total de la vaina (Tabla 1), porcentaje mayor al registrado para *P. alba* y *P. nigra*. Las semillas presentan una media del largo, ancho, espesor y peso de 4,86, 2,75, 1,72 mm y 0,016 (g) respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Dimensiones de las vainas y semillas de *P. denudans*, Nro. de semillas y porcentaje del peso de las semillas por vaina.

	L (mm)	A (mm)	E (mm)	P (g)	NroSem/ vaina	P. Sem/ vaina%
Vaina (n=6)						
X	9,78	7,33	2,78	0,80	11	23,68
Max.	10,60	8,30	3,56	1,23	12	34,23
Min.	8,70	6,00	1,90	0,49	9	14,31
DS	0,79	0,78	0,72	0,30	1	8,45
Semilla (n=5)						
X	4,86	2,75	1,72	0,016		
Max.	5,10	3,06	1,94	0,020		
Min.	4,49	2,55	1,42	0,015		
DS	0,23	0,20	0,21	0,002		

L=Largo, A=Ancho, E=Espesor y P=Peso

La estructura interna de las vainas es similar a la de *P. chilensis* y *P. flexuosa* descrita previamente por Capparelli (2008), aunque con leves variaciones. La vaina consta internamente de epicarpo, mesocarpo (parte dulce y comestible) y endocarpo. El endocarpo es duro y se encuentra segmentado en receptáculos cerrados uniseminados. El epicarpo consta de dos a cuatro capas de células. La primera vista en corte transversal (CT) de vaina corresponde a una capa de células epidérmicas cuadrangulares de paredes engrosadas (Figura 2A-Ep), con estomas (Figura 2B) y cutícula más gruesa que la de *P. chilensis* y *P. flexuosa*. La hipodermis, a diferencia de *P. chilensis* y *P. flexuosa*, está constituida por una a tres capas alternadas de células alargadas y cuadrangulares, colenquimatosas (Figura 2A-Hip). El mesocarpo (Figura 2C) está conformado por una ancha franja de células parenquimáticas de paredes muy delgadas, más o menos isodiamétricas, que se alargan hacia el interior. Poseen contenidos parduzcos que pueden ocupar toda la célula o estar colapsados. En la porción exterior del mesocarpo se encuentran, en alta proporción, haces fibrovasculares unidos por células esclerenquimáticas. El endocarpo (Figura 2D) está formado por células esclerenquimáticas alargadas hacia el exterior y más isodiamétricas y reducidas de tamaño hacia la línea de sutura de las dos valvas que conforman el mismo.

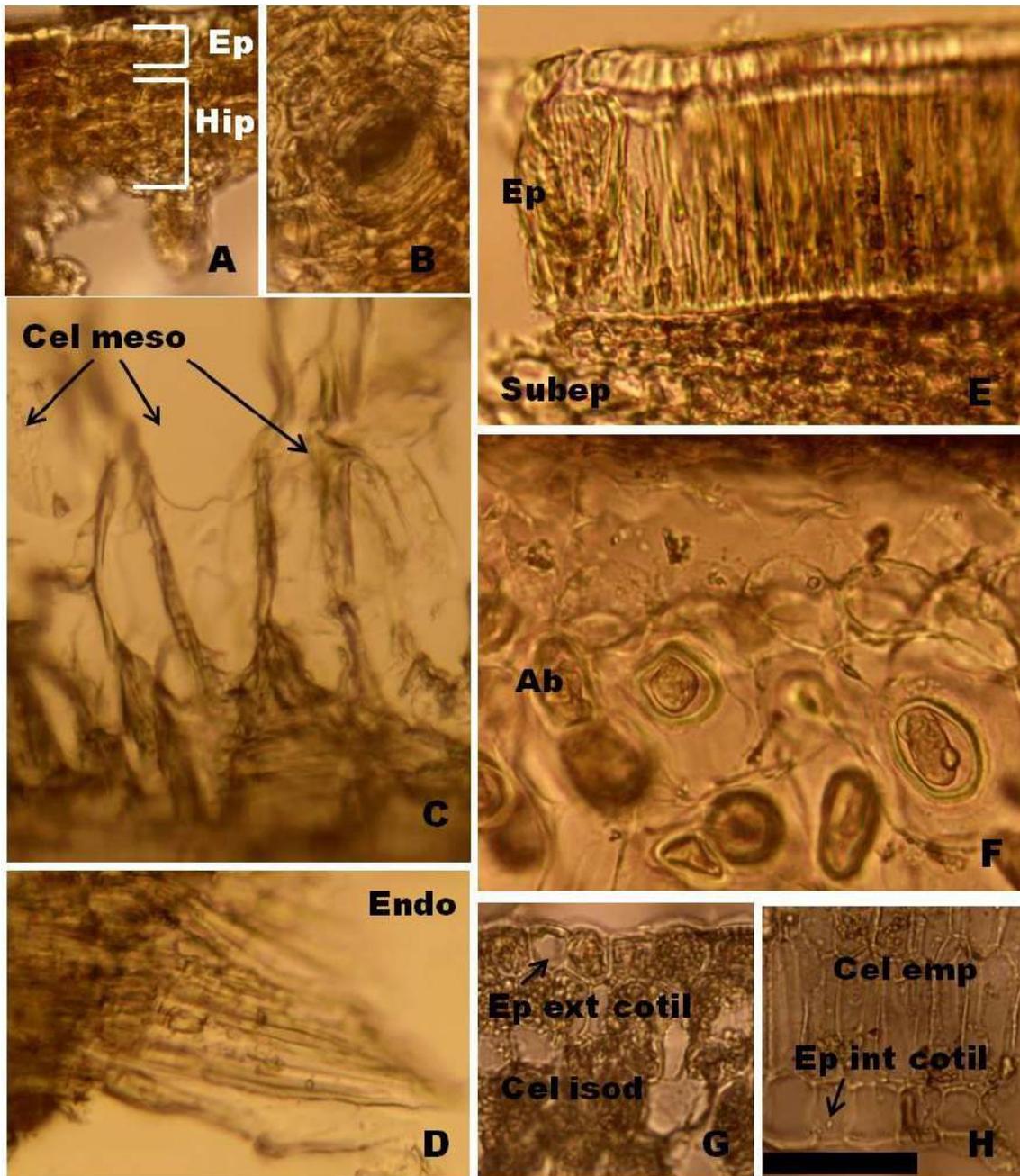


Figura 2. Anatomía interna de la vaina y la semilla de *P. denudans*. A-D. Corte transversal de vaina. A. Epicarpo. B. Mesocarpo. C. Endocarpo. E-H. Corte transversal de semilla. E. Epi y subepidermis, F. Albumen o Endosperma. G-H. Cotiledones del embrión. E= 50 micras.

La semilla de *Prosopis denudans* en CT consta de epidermis externa, subepidermis, parénquima esponjoso, endosperma o albumen y embrión. La epidermis externa y la subepidermis (Figura 2 E) conforman lo que Boelcke (1946: 248) denomina testa, para las semillas de Mimosoideas y Cesalpinioideas en general. El parénquima esponjoso, al cual Boelcke (1946) llama tegmen, consiste en tres o cuatro capas de células de paredes muy delgadas, comprimidas. Según Boelcke (1946) la testa más el tegmen conforman el

tegumento seminal. Entre el parénquima esponjoso y el endosperma debiera existir una epidermis interna, que según Winton & Winton (1935: 296) no es visible en la mayoría de las especies de la familia Fabaceae. Tampoco lo fue en la especie de *Prosopis* aquí tratada. La epidermis externa está formada por una capa de células en empalizada o Malpighianas (cuya altura excede varias veces su ancho) con dos líneas lúcidas (Figura 2E-Ep). La subepidermis (Figura 2E-Subep) está formada por aproximadamente 20 capas de células engrosadas (a diferencia de las 5 de *P. chilensis* y *P. flexuosa*). No se observa la forma de reloj de arena registrada para la primera y la última capa de *P. chilensis* y *P. flexuosa*. El endosperma o albumen (Boelcke 1946: 252) consiste aquí en varias capas de células de paredes extremadamente delgadas cuyo tamaño y largo aumenta hacia el interior de la semilla (Figura 2 F); poseen núcleos muy evidentes. El albumen se interrumpe en el margen de la semilla y aumenta de espesor en la parte media de las caras. El embrión consiste en dos cotiledones y una radícula. Los dos cotiledones consisten en una capa de células epidérmicas isodiamétricas que los recubre y en un mesófilo de células de paredes delgadas, más o menos isodiamétricas hacia el exterior (Figura 2G) y en empalizada hacia el interior (Figura 2H). En el embrión se observan gránulos de proteína.

3.2. Valoración nutricional

En la Tabla 2 se presentan los valores obtenidos para los diferentes parámetros de composición. Dentro de los carbohidratos, calculados por diferencia, se puede hacer una distinción entre azúcares y fibras, una parte de estas últimas estarían representadas por los contenidos parduco observados en el mesocarpo, los que corresponderían a los mucílago. Si bien aún no se poseen determinaciones específicas para el *taxón* aquí tratado, en otras especies el azúcar principal fue la sacarosa (Sciammaro 2015).

3.2.1. Humedad

A pesar del tratamiento de secado de 96 horas de los frutos, las harinas tenían una cantidad apreciable de humedad. El mayor contenido de humedad en las semillas se puede relacionar con la forma en que se dispusieron en la estufa. Las vainas estaban partidas mientras que las semillas no tenían daño mecánico, por lo que sus cubiertas naturales dificultaron la pérdida de agua.

3.2.2. Lípidos

Los valores obtenidos en lípidos resultaron menores en vaina que en semilla, y similares a los registrados en otras especies del género *Prosopis*. Cabe destacar que el perfil de ácidos grasos de semillas de otras especies del género presenta una gran proporción de insaturados y poliinsaturados (superior al 50%) (Sciammaro 2015).

3.2.3. Proteínas

Podemos relacionar el mayor contenido de proteínas observado en semillas con los gránulos de proteína observados en el embrión. Estos valores, al igual que en el caso de lípidos, son inferiores a los encontrados en otras especies del género (Sciammaro 2015).

3.2.4. Cenizas

Los valores de cenizas fueron mayores en semilla que en vaina. Dado que está demostrado que el material vegetal leñoso produce menor cantidad de cenizas que el material no leñoso (Schiegl et al 1996), esas diferencias probablemente se deban a una gran proporción de material leñoso, a diferencia de la semilla, correspondiente a haces fibrovasculares en el mesocarpo externo de la vaina. Los minerales descritos en *P. alba* y *P. nigra* indican la presencia de sodio en vaina, pero no en semilla, así como también un mayor aporte de magnesio en semillas y un aporte similar de calcio en ambas fracciones (Sciammaro 2015).

Tabla 2: Composición de semilla y vaina de *P. denudans*. Todos los valores están expresados en g/100 de harina en base seca. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias estadísticamente significativas.

	Semilla			Vaina s/semilla		
Humedad	8,04	± 0,01	a	5,27	± 0,12	b
Lípidos	8,47	± 1,29	a	1,78	± 0,30	b
Proteínas	27,21	± 0,52	a	6,88	± 0,02	b
Cenizas	3,57	± 0,03	a	2,59	± 0,00	b
Carbohidratos						
Totales	52,70	± 1,85		83,49	± 0,45	
Fibras*				34,00	± 6,00	

*Los valores de fibras se estimaron en base a los valores obtenidos en vainas de otras especies del mismo género (Sciammaro 2015)

4. Conclusiones

- La comparación entre la anatomía interna y los análisis nutricionales nos permitió contar con una primera relación entre la subdivisión botánica y los componentes presentes en la vaina y semilla de *Prosopis denudans*, apoyándonos también del conocimiento previo de otras especies de *Prosopis*, tales como *P. alba*, *P. nigra*, *P. chilensis* y *P. flexuosa*.
- La morfología externa de la vaina y la semilla de *Prosopis denudans* es similar a la de otros *Prosopis*, aunque su fruto es más pequeño y delgado que el de otras especies de vainas chatas (i.e. *P. chilensis*, *P. alba*), y posee mayor proporción en peso de semillas. A pesar de su escaso espesor, la anatomía interna muestra que las vainas de esta especie poseen un mesocarpo ancho, que representa la pulpa dulce del fruto.
- Los aportes nutricionales se destacan por los valores de proteínas (principalmente en semilla), carbohidratos (principalmente en vaina) y fibra.
- Si bien existen diferencias con respecto a los valores nutricionales de otras especies del género, *P. denudans* se constituye en un recurso nutricionalmente valioso para el área de los alimentos funcionales, especialmente productos horneados donde resulta interesante el aporte de fibra.

5. Agradecimientos

A la UNLP, CONICET y ANPCyT, por financiamientos a las Dras. Aylene Capparelli. y Cecilia Puppo.

6. Referencias

- AOAC 1998. Official methods of analysis of AOAC International. Gaithersburg, Md.: AOAC International.
- Boelcke, O. 1946. Estudio morfológico de las semillas de leguminosas Mimosoideas y Cesalpinoideas de interés agronómico en Argentina. *Darwiniana* 7: 240-321.
- Burkart, A. 1952. *Las Leguminosas argentinas silvestres y cultivadas*, 2ª. Edición. Buenos Aires: Acme.
- Capparelli, A. 2007. El Algarrobo blanco y negro –*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz y *P. flexuosa* DC, Fabaceae, en la vida cotidiana de los habitantes del NOA: subproductos alimenticios. *Kurtziana* 33:103-119.
- Capparelli, A. 2008. Caracterización cuantitativa de productos intermedios y residuos derivados de alimentos del Algarrobo (*Prosopis flexuosa* y *P. chilensis*, Fabaceae): aproximación experimental aplicada a macrorrestos arqueobotánicos desecados. *Darwiniana* 46(2): 175-201.
- Capparelli A, Lema V. 2011. Recognition of post-harvest processing of algarrobo (*Prosopis* spp.) as food from two sites of Northwestern Argentina: an ethnobotanical and experimental approach for desiccated macroremains. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 3:71 – 92.

-
- Capparelli A., Prates L. 2015. Explotación de frutos de algarrobo (*Prosopis* spp.) por grupos cazadores recolectores del Noreste de Patagonia. *Chúngara Revista de Antropología Chilena* 47 (4) 549:563.
- Giovannetti, Marco, Lema Verónica, Bartoli, Carlos y Aylen Capparelli. 2008. Starch grain characterization of *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz and *P. flexuosa* DC, and the analysis of their archaeological remains in Andean South America. *Journal of Archaeological Science* 35:2973-2985.,
- Picariello G, F. Siano, L. Siammaro y M. Grazia 2017 Comparative analysis of C -glycosidic flavonoids from *Prosopis* spp. and *Ceratonia siliqua* seed germ flour. [Food Research International](#) 99:730-738.
- Sciammaro, L. 2015 Caracterización fisicoquímica de vainas y harinas de algarrobo (*Prosopis alba* y *Prosopis nigra*). Aplicaciones en productos horneados y fermentados. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas. UNLP.
- Sciammaro LP, Ferrero C., Puppo MC. 2016. Chemical and nutritional properties of different fractions of *Prosopis alba* pods and seeds. *Journal of Food Measurement and Characterization* 10:103-112.
- Sciammaro LP., Ferrero C., Puppo MC. 2018. Physicochemical and nutritional characterization of sweet snacks formulated with *Prosopis alba* flour. *LWT-Food Science and Technology* 93: 24-31.
- Schiegl, S., Goldberg, P., Bar-Yosef, O., Weiner, S., 1996. Ash deposits in Hayonim and Kebara caves, Israel: macroscopic, microscopic and mineralogical observations, and their archaeological implications. *Journal of Archaeological Science* 23: 763-781.
- Winton, A. L. & K. B. Winton. 1935. *The structure and composition of foods*, Vol. II. New York: John Willey & Sons, Inc.