



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
**CIENCIAS
AGRARIAS**

Variabilidad morfológica de las vainas y propiedades nutricionales de la harina de *Prosopis flexuosa* DC y *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz, comparación entre diferentes procedencias de la provincia fitogeográfica del Monte.

Autora: M. Celeste Fernández

TESINA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

INTA EEA JUNÍN
Isidoro Busquets s/n., Junín, Mendoza
<https://inta.gob.ar/junin>

Mendoza, Argentina-13 de marzo de 2020

Variabilidad morfológica de las vainas y propiedades nutricionales de la harina de *Prosopis flexuosa* DC y *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz, comparación entre diferentes procedencias de la provincia fitogeográfica del Monte.

Autora: M. Celeste Fernández
Arrascaeta s/n. Junín, Mendoza
fernandezceleste88@gmail.com
tel.cel. (263) 4513455

Directora: Valeria Aschero
vaschero@mendoza-conicet.gov.ar

Codirector: Javier Chaar
chaar.javier@inta.gob.ar

Comité Evaluador:
Daniela Locatelli
Juan A. Alvarez
Sergio Piraino

RESUMEN

Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) proveen uno de los principales Productos Forestales No Maderables (PFNMs) del desierto del Monte y han tenido un rol relevante como fuente de subsistencia para las comunidades habitantes de la mayoría de las regiones áridas de América. Los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte, están dominados especialmente por *P. flexuosa* DC. y *P. chilensis* (Mol.) Stuntz. Las diferencias florísticas, fisonómicas y en la estructura del bosque de algarrobos responden a diferencias ambientales, principalmente climáticas y en la historia de uso. *P. chilensis* y *P. flexuosa* presentan una gran variabilidad inter e intrapoblacional en caracteres morfológicos y fisiológicos que permitirían la selección de características deseables. El objetivo de este trabajo es analizar las características de las vainas y harina de diferentes especies y procedencias de algarrobos del Monte, como información base para el aprovechamiento humano de sus frutos. Se analiza tanto las características morfológicas como las propiedades químicas del fruto a través de Análisis de la Varianza (ANOVA) y se realiza la prueba de comparación de medias de Tukey. También, se realiza un análisis de componentes principales (ACP) para relacionar las variables morfológicas y químicas con las procedencias. Los resultados obtenidos demuestran que las características morfológicas de los frutos de *P. flexuosa* y *P. chilensis* tienen gran variabilidad entre procedencias y entre individuos, a lo largo del gradiente geográfico del Monte y que las vainas de la zona Norte se diferencian de las vainas de la zona Sur. En relación a la caracterización química de la harina de ambas especies, tanto entre las norteñas como entre las del Norte y Sur, presentan similitudes en cuanto a sus propiedades nutricionales. Esto conlleva a que puedan utilizarse indistintamente ambas harinas. Además, la harina de *P. flexuosa* de Telteca presenta elevados contenidos de carbohidratos solubles comparado con la de Ñacuñán y esto podría relacionarse con la tolerancia al estrés hídrico de los algarrobos.

Palabras clave: composición nutricional, morfología, algarrobos, localidades

ABSTRACT

Prosopis species (mesquite trees) provides one of the main Non-Wood Forest Products of the Monte Desert and have had a relevant role as a source of livelihood for the inhabitants of most arid regions of America. The mesquite dry forest of the Phytogeographic Province of Monte, are dominated by *P. flexuosa* DC. and *P. chilensis* (Mol.) Stuntz. The floristic composition, physiognomic differences and structure of mesquite forest's respond to environmental differences, due to climatic and past human use. The objective of this study is to analyze the characteristics of the pods and flour of different species and geographical origin of mesquite trees in the Monte desert, collecting basic information for human use of their fruits. Both the morphological variables and the chemical properties of the fruit are analyzed through Analysis of Variance (ANOVA) and the Tukey means comparison test was performed. Also, a principal component analysis (PCA) is performed to relate the morphological and chemical variables to the different locations. Morphological characteristics of the fruits of *P. flexuosa* and *P. chilensis* had large variability between geographical origin and between individuals in the same location. Pod morphology from the North was different from those collected in *P. flexuosa* trees at the South. Both species did not register significant variation in their nutritional properties throughout the Monte Region and both can be used interchangeably. *P. flexuosa* flour from Mendoza had high levels of soluble sugars and carbohydrates in Telteca compared to Ñacuñán in Mendoza and this could be related to the tolerance to water stress of mesquite trees.

Keywords: nutritional composition, morphology, localities

AGRADECIMIENTOS

A mi Mamá y Papá, por darme la vida y darme tanto amor, les voy a estar eternamente agradecida.

A mis hermanas Mari y Vale y mi hermano Martín, por ser incondicionales y darme el empujón que necesito siempre, y por ser mis ejemplos a seguir, los amo; y a Lau y Juampa (mis cuñis), por estar ahí apoyándome en cada momento. A mis pequeños grandes amores, mis sobris: Fran, Feli, Fer y Cande, porque ellos son la motivación para ser cada día mejor y son mis maestros, gracias por sacarme una sonrisa en todo momento, son lo más importante.

A mis amigas y hermanas de la vida: Romi, Dayi, Nanis, Dani, Belu y Patín, gracias por compartir la vida, las risas, las tristezas, por escucharnos una y mil veces y por sobre todo ser mi cable a tierra, las elijo todos los días.

A mis amigas de Mendoza, con las que aprendí a darme a conocer y dejarme querer, y con las que creé lazos infinitos, Cyn, Carito, Ana, Joha y Silvi.

A mis compas de la Facu y amigos queridos: Ana, Flore, Ro, Juampi y Feli, con quienes compartí tardes de mates y estudio, con quienes me reflejo y que a pesar de las distancias el cariño y la amistad sigue intacta.

A las chopas, por ser mi Gran Equipo de trabajo forestal y a Nati por hacerme amar más mi profesión, y por dar siempre sin esperar, las adoro.

A mi Directora Vale, por ser tan respetuosa de mis procesos, por su calidez y por siempre estar dispuesta a ayudar, y a Javi amigo y Codirector, por ser un motivador y excelente persona, Mil Gracias!!

A INTA, CONICET y MAGYP por brindarme el lugar para trabajar y colaborar para que esta tesis se lleve a cabo.

Para todos los que ayudaron y apoyaron, solo tengo gratitud en mi corazón...

INDICE

1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 El género <i>Prosopis</i> : Características generales, distribución geográfica y su importancia en las zonas áridas	1
1.1.2 Especies de estudio	2
1.1.3 Área de estudio	3
1.2 Marco teórico, antecedentes específicos e hipótesis planteada	5
1.2.1 Los Productos Forestales No Maderables y su relevancia en la zona.....	5
1.2.2 Caracterización ecológica de los algarrobales del Monte	6
1.2.3 Antecedentes específicos	6
1.2.4 Marco jurídico y experiencias regionales	7
1.2.5 Importancia de la investigación	7
1.2.6 Hipótesis general	8
1.3 Objetivo general.....	8
1.3.1 Objetivos específicos	8
I.1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	11
I.2 MATERIALES Y MÉTODOS	14
I.2.1 Área de estudio para la caracterización de frutos de algarrobo.....	14
I.2.2 Selección de muestras para caracterización morfológica	16
I.2.3 Caracterización Morfométrica de los frutos	17
I.2.4 Análisis estadístico de la información	18
I.3 RESULTADOS.....	19
I.3.1 Caracterización morfológica en frutos de <i>Prosopis flexuosa</i>	19
I.3.1.1 Variabilidad entre procedencias.....	19
I.3.1.1.1 Norte y Sur.....	19
I.3.1.1.2 Sur (San Rafael, Montecaseros, Santa Rosa, Ñacuñán, Telteca)	22
I.3.1.1.3. Norte (Fiambalá, Pipanaco y Chilecito)	24
I.3.1.2. Variabilidad entre árboles.....	26
I.3.1.2.1 Telteca	26
I.3.1.2.2 Ñacuñán	27
I.3.2 Caracterización morfológica en frutos de <i>Prosopis chilensis</i> del Norte	28
I.3.3 Relación entre las características morfológicas de las vainas y su origen geográfico.....	32
I.3.3.1 Análisis de componentes principales.....	32
1.3.3.2 Análisis de Regresión lineal entre el largo promedio de los frutos y la temperatura media de las procedencias.....	34
I.4 DISCUSIÓN	34
I. 5 CONCLUSIONES	36
II. 1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	39

II. 2 MATERIALES Y MÉTODOS	42
II.2.1 Muestras de harina.....	42
II.2.2 Mediciones de las Propiedades químicas de harina.....	43
II.2.3 Análisis estadístico de la información	44
II. 3 RESULTADOS.....	44
II.3.1 Caracterización química de la harina de <i>Prosopis flexuosa</i> y <i>Prosopis chilensis</i>	44
II.3.1.1 Comparación zona Norte y Sur	44
II.3.1.2 Comparación zona Norte	45
II.3.2 Caracterización química de la harina de <i>Prosopis flexuosa</i> de zona Sur (Ñacuñán y Telteca)..	45
II.3.3 Relación entre las variables químicas de la harina del sur (Ñacuñán, Telteca y Santa Rosa) y su procedencia	47
II.3.3.1 Análisis de componentes principales.....	47
II. 4 DISCUSIÓN	48
II.5 CONCLUSIONES	49
-CONSIDERACIONES GENERALES-	50
BIBLIOGRAFÍA.....	52

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Introducción

1.1.1 El género *Prosopis*: Características generales, distribución geográfica y su importancia en las zonas áridas

Los ecosistemas áridos cubren aproximadamente el 41 % de la superficie terrestre (más de 6 mil millones de ha), de los cuales a los bosques nativos le corresponden el 18 % de estas tierras áridas (FAO, 2013). El género *Prosopis* pertenece a la familia Fabaceae; subfamilia Mimosoideae y consta de 44 especies distribuidas principalmente en zonas áridas y semiáridas de América, África y Asia occidental (Burkart, 1976). América presenta 40 de las especies nativas de dicho género, 28 de las cuales se encuentran en la República Argentina, siendo éste país el mayor centro de diversificación de la especie (Felker, 2009).

El género *Prosopis* incluye árboles, arbustos y, raramente, subarbustos. La capacidad de las especies del género de tolerar sequía y condiciones edáficas adversas, como la salinidad y alcalinidad, así como su adaptación a la herbivoría, son las principales razones de su posición dominante en la vegetación leñosa de zonas áridas y semiáridas de América (Fagg y Stewart, 1994). Son plantas pioneras, con un alto potencial biológico para la diseminación y la colonización. Como leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno del aire en simbiosis con bacterias. Desarrollan raíces profundas que disminuyen la competencia por agua con especies herbáceas y arbustivas, mejoran el balance hídrico del sistema y aportan nutrientes importados desde las capas sub-superficiales. Además, se puede obtener leña y carbón de buena calidad, madera de extraordinarias características físicas y mecánicas, frutos de alto contenido proteico y energético y otros productos secundarios (miel, polen, gomas, entre otros). Pero, su característica principal, es que pueden transformarse en el componente estructurador de sistemas de producción especialmente adaptados a las condiciones especiales de estas regiones (Verga *et al.*, 2005).

En Argentina, el bosque nativo de *Prosopis* se ha reducido aproximadamente un cuarto del original debido a las actividades antrópicas (Villagra *et al.*, 2004). La reforestación de las zonas desérticas podría contribuir a la soberanía alimentaria de las comunidades (Abraham

de Vázquez & Prieto 1981), además de constituir un beneficio ambiental por el aumento de la biodiversidad, favoreciendo la infiltración y la retención de agua del suelo y la disminución de la contaminación atmosférica y los procesos de erosión (Villagra *et al.*, 2004).

1.1.2 Especies de estudio

Prosopis flexuosa DC denominado comúnmente “algarrobo dulce” o también “algarrobo negro” (Roig, 1987). Se distribuye en las regiones áridas de Sudamérica (oeste árido de Argentina y centro-norte de Chile). En Argentina, habita la totalidad de la provincia biogeográfica del Monte (especie arbórea más común y dominante), y forma amplios ecotonos con las provincias Chaqueña y del Espinal. Sus bosques se encuentran abarcando la diagonal árida, al este de la cordillera de Los Andes (Alvarez y Villagra, 2009). Las poblaciones se distribuyen desde el nivel del mar (sur de Buenos Aires) hasta los 2200 msnm en valles de la cordillera de los Andes (Burkart, 1976). El área donde se distribuye la especie presenta una precipitación anual media que va desde los 50 mm (centro-sur de San Juan) hasta los 500 mm (oeste de Córdoba); y una temperatura cuya amplitud varía desde los 48 °C de máxima absoluta hasta los -12 °C de mínima absoluta (Alvarez y Villagra, 2009). En el Monte, es la especie arbórea característica y se encuentra formando bosques abiertos en zonas aledañas a los ríos permanentes y en las llanuras con disponibilidad de agua subterránea (Villagra *et al.*, 2004; Alvarez y Villagra, 2009).

Prosopis chilensis (Molina) Stuntz es conocido como algarrobo blanco, se desarrolla en condiciones naturales o cultivados en ambientes donde las precipitaciones van desde 300 hasta 500 mm. Sus requerimientos de temperaturas oscilan entre los 48 °C de máxima absoluta hasta los 20 °C. Soporta heladas sin problemas de -3 a -7 °C, porque pierde follaje en el invierno. Se encuentra en distintos tipos de suelo, especialmente en el franco arenoso. Tolera suelos con cierto tenor salino, pero no soporta anegamiento o encharcamientos temporarios. En Argentina, se distribuye en las provincias fitogeográficas del Monte Septentrional del Espinal, y penetra en la porción más seca del Chaco (Castillo & Tarnowski, 2011).

Las dos especies de *Prosopis* mencionadas se utilizan en el noroeste argentino para preparar subproductos distintos -"arrobe", "patay", "añapa", "ulpo" y "aloja"-. Según un estudio etnobotánico, el algarrobo blanco (*P. chilensis*) es preferido para consumo humano porque tiene sabor más agradable, es más dulce y suave, que el negro (*P. flexuosa*). También, se distingue el blanco por tener una algarroba "más chata" con respecto al negro (Capparelli, 2007).

1.1.3 Área de estudio

La Provincia Biogeográfica del Monte abarca 460000 km² de la zona árida templada de la República Argentina. Se extiende desde los 24° 35' hasta los 44° 02' S y desde los 62° 54' a los 69° 50' O (Fig. 1). El clima del Monte es semiárido a árido, con una media anual de precipitación inferior a 350 mm. Las temperaturas medias varían entre 13.4 °C en Trelew y 17.5 °C en Tinogasta, y presenta una gran amplitud térmica anual (Villagra *et al.*, 2004).

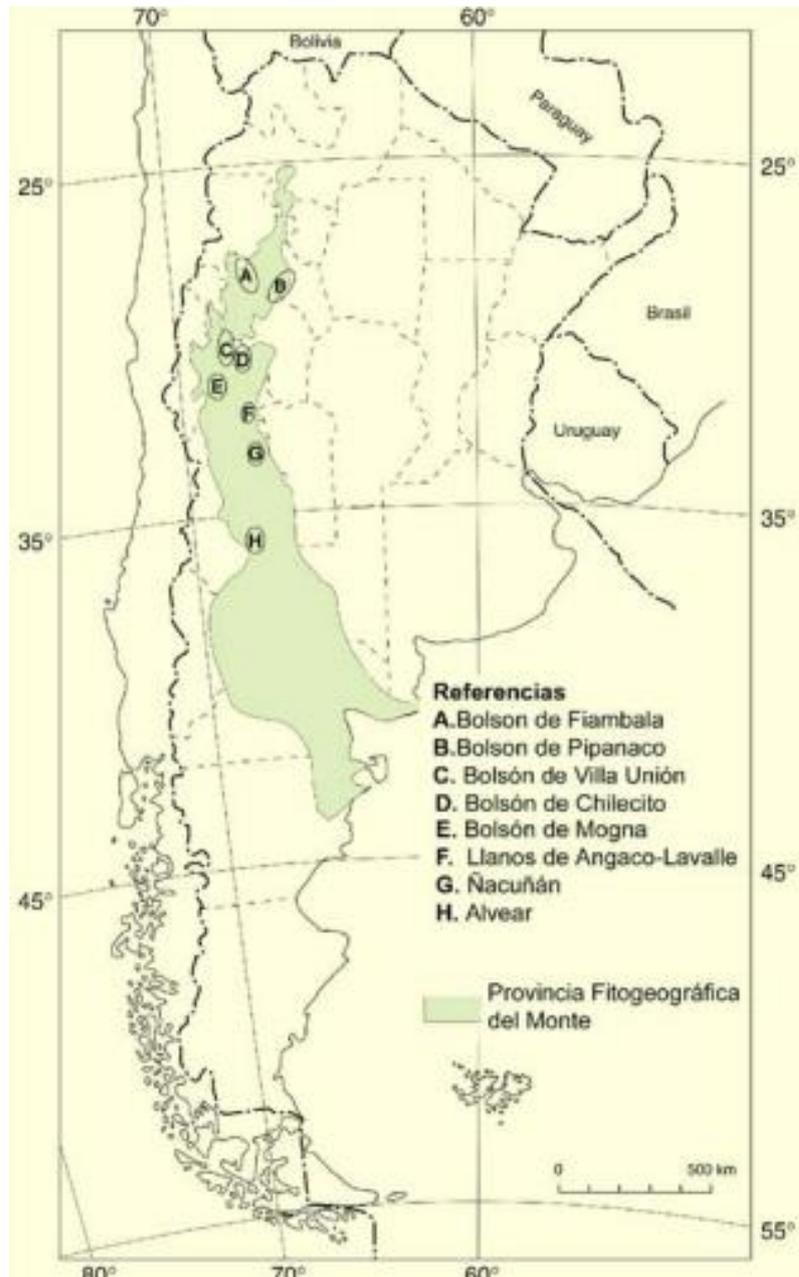


Figura 1. Principales poblaciones de algarrobales del Monte. Las procedencias a analizar en este proyecto corresponden a las referencias A, B, D, F, G y H en el mapa (Villagra *et al.*, 2004).

Fisonómicamente, el Monte es un mosaico de tres tipos de vegetación: a) la estepa arbustiva climática dominado por especies de la familia *Zigophyllaceae*; b) las estepas edáficas de arbustos halófitos y c) el bosque que es un tipo edáfico azonal dominado en la mayoría de los casos por especies del género *Prosopis*. El bosque de *Prosopis* sp., conocido como “algarrobal”, aparece exclusivamente en lugares con una provisión extra de agua y presenta un estrato arbóreo muy abierto dominado por *P. flexuosa* o por *P. chilensis* (Villagra *et al.*, 2004)

1.2 Marco teórico, antecedentes específicos e hipótesis planteada

1.2.1 Los Productos Forestales No Maderables y su relevancia en la zona

Los Productos Forestales No Maderables (PFNM) abarcan a todos los materiales biológicos distintos de la madera, que son extraídos de los bosques para uso humano (De Beer y McDermott, 1989). El interés de los gobiernos, organizaciones no gubernamentales, e investigadores por promover y racionalizar la utilización y comercialización de los PFNMs ha ido en aumento y se basa en la premisa de que esta actividad simultáneamente permite generar beneficios en las comunidades que los aprovechan como en las que los consumen y contribuye a la conservación del bosque.

Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) proveen uno de los principales PFNMs del desierto del Monte y han tenido un rol relevante como fuente de subsistencia para las comunidades habitantes de la mayoría de las regiones áridas de América. El fruto del algarrobo es una fuente excelente de carbohidratos y proteínas. A partir de estos frutos (vainas), se preparan distintos productos, tanto bebidas (aloja y añapa) como harina (Fig. 2). Si bien el consumo de algarrobo fue habitual de los pueblos originarios, y es aún consumido en ciertas comunidades que habitan las áreas donde crecen naturalmente los algarrobos, la harina de trigo incorporada por los españoles, fue relegando su consumo y su valoración, marginando poco a poco su presencia en la dieta y en la consideración para el consumo humano (Luchini, 2014).

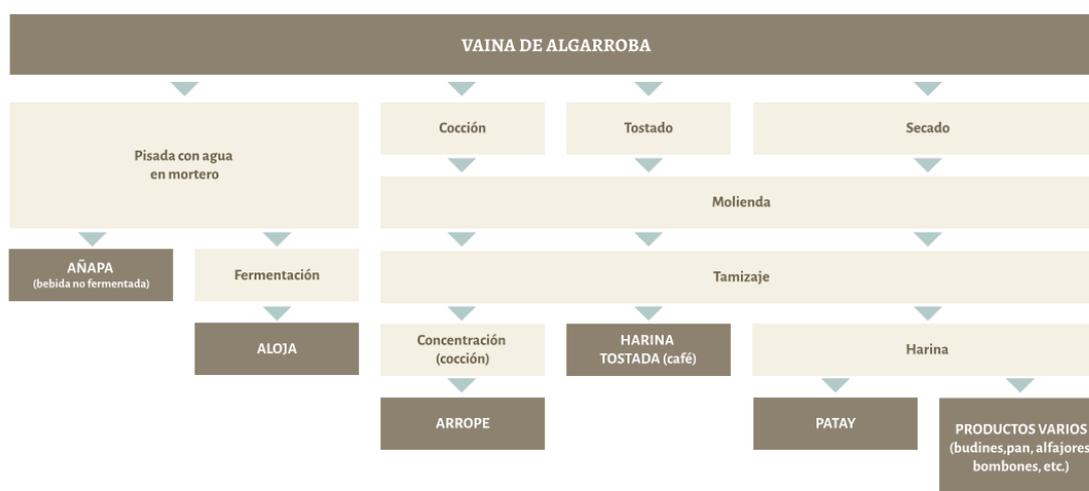


Figura 2. Diferentes productos obtenidos de la vaina de algarroba (Martínez de Escobar, Neira y Lucero, 2015).

1.2.2 Caracterización ecológica de los algarrobales del Monte

Los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte, dentro de la zona árida templada Argentina, son bosques azonales caracterizados por un estrato arbóreo abierto dominado por especies del género *Prosopis*, especialmente *P. flexuosa* DC. y *P. chilensis* (Mol.) Stuntz. La distribución del género abarca una gran variedad de condiciones ambientales, entre las que se pueden destacar dos gradientes muy claros: uno latitudinal de temperatura (más cálido al norte y frío al sur) y otro longitudinal de humedad (más húmedo al este y más seco al oeste) (Villagra, 2000). Las diferencias florísticas, fisonómicas y en la estructura del bosque de algarrobos responden a diferencias ambientales principalmente climáticas y en la historia de uso. *P. chilensis* y *P. flexuosa* presentan una gran variabilidad inter e intrapoblacional en caracteres morfológicos y fisiológicos que permitirían la selección de características deseables (Villagra *et al.* 2004).

1.2.3 Antecedentes específicos

Como se ha dicho anteriormente, existe una gran variabilidad entre las poblaciones de algarrobos, pero no se ha encontrado bibliografía que haya estudiado la variación morfológica de los frutos y química de la harina de *P. flexuosa* DC. y *P. chilensis* (Mol.) Stuntz en cuanto a sus procedencias a lo largo de la región del Monte. No obstante, se cuenta con algunos trabajos de investigación con respecto a la caracterización morfológica de frutos de otras especies del género y afines. Entre ellos, el estudio realizado por Prokopiuk *et al.* (2000) que compara los frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*; así como Sciammaro (2015) compara la fisicoquímica de vainas de *Prosopis alba* y *Prosopis nigra*; y además, la caracterización de frutos y semillas de *Prosopis nigra* (Griseb) Hieron y *Caesalpinia paraguariensis* (D.Parodi) Burkart (Giamminola y de Viana, 2013).

En lo que respecta a las propiedades químicas y nutricionales de la harina, hay investigaciones previas realizadas sobre frutos de: *P. chilensis* (Silva *et al.*, 2000; Aedo Bendek, 2007; Mom, 2012), *P. flexuosa* (Mom, 2012; Llano *et al.*, 2012), *Prosopis alba* (Prokopiuk *et al.*, 2000; Diaz *et al.*, 2002; Bigne, F. 2016; Mom, 2012; Sciammaro *et al.*,

2015); *Prosopis nigra* (Sciammaro *et al.*, 2015); *Prosopis pallida* (Prokopiuk *et al.*, 2000) ; y *Prosopis alpataco* (Boeri *et al.*, 2017).

1.2.4 Marco jurídico y experiencias regionales

En el marco de la Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Ley 26.331) se busca promover, a largo plazo, la implementación de buenas prácticas de manejo y uso sustentable de los recursos del bosque nativo generando fuentes de trabajo a través de emprendimientos productivos.

Además, existe el Programa Nacional del Algarrobo (PNA) que surge con la finalidad de promocionar las plantaciones forestales de algarrobo, a través de la Ley N° 25.080 de “Inversiones para bosques cultivados” (modificada por su similar N° 26.432), y mediante la coordinación y potenciación de aquellas políticas estatales e iniciativas privadas, desarrolla acciones orientadas a fomentar la cadena productiva del algarrobo, procurar mejorar la calidad de vida de los sectores más vulnerables, contribuyendo a la estabilidad y sostenibilidad de la misma, con la finalidad de impulsar el desarrollo regional socialmente equitativo y ambientalmente sustentable (Luchini, 2014).

En estos contextos, se han empezado a desarrollar distintas acciones en comunidades rurales que tradicionalmente utilizaban o utilizan estos productos. En el centro oeste del Monte, se destacan hacia el año 2018, los proyectos de desarrollo rural vinculados a la producción de harina de algarrobo, ellos son: Lagunas del Rosario (Mendoza), Ñacuíán (Mendoza), La Planta (San Juan), San Expedito (San Juan), Encón (San Juan), Pinchas (La Rioja) (Moreno *et al.*, 2018). En particular, la comunidad de “San Expedito” en Bermejo, San Juan, registra historias de uso más prolongadas, actúan como nodo de difusión de saberes y prácticas hacia otras comunidades (Moreno *et al.*, 2018) y actualmente, es una comunidad productora y referente de la zona en la venta de productos de algarroba.

1.2.5 Importancia de la investigación

A fines de obtener información básica para aportar a la discusión y evaluación del potencial uso no maderable del bosque a través de la cosecha de frutos de Algarrobo, en este estudio

se busca analizar y comparar la variación morfológica de los frutos de dos especies del género *Prosopis* entre localidades diferentes distribuidas en el gradiente latitudinal del bioma del Monte. Se estudiará si la morfología de los frutos podría estar relacionada a dicho gradiente latitudinal. Por otra parte, se analizarán las propiedades químicas de la harina producida por dichas especies para generar conocimiento en cuanto a su aptitud nutricional y las diferencias entre las procedencias. Esta investigación servirá de base para potenciales plantaciones multipropósitos, en las cuales la elección del material genético a partir de las características de los frutos puede ser una variable a considerar. Además, tanto la calidad nutricional de la harina obtenida como la morfología de los frutos son atributos de importancia comercial comparables a los de las especies frutales cultivadas. Se intenta de esta forma, revalorizar el fruto del algarrobo como ingrediente alimentario, brindar alternativas económicas a las poblaciones rurales, y contribuir a mejorar problemáticas sociales y medio-ambientales a través de la reforestación de zonas áridas.

1.2.6 Hipótesis general

La morfología y las propiedades nutricionales de las vainas de algarrobo varían en la provincia fitogeográfica del Monte según la especie y la ubicación geográfica, pudiendo deberse a adaptaciones a las diferentes condiciones ambientales. Las variables morfológicas cuantitativas se incrementarían en el gradiente latitudinal de Sur a Norte.

1.3 Objetivo general

Analizar las características de las vainas y harina de diferentes especies y procedencias de algarrobos del Monte, como información base para el aprovechamiento humano de sus frutos.

1.3.1 Objetivos específicos

- Analizar la variabilidad morfológica de las vainas y propiedades nutricionales de la harina de *P. flexuosa* y *P. chilensis* entre las diferentes procedencias.
- Analizar la variabilidad morfológica de las vainas de *P. flexuosa* y propiedades nutricionales de la harina entre árboles de Ñacuñán y Telteca.

- Relacionar la variabilidad morfológica de las vainas con las diferentes procedencias del Monte.

En los próximos dos capítulos se ampliarán los temas antes tratados, Capítulo I- Variabilidad de las características morfológicas de las vainas y Capítulo II- Propiedades químicas y nutricionales de la harina de *P. flexuosa* DC. y *P. chilensis* (Mol.) Stuntz.

CAPÍTULO I

Variabilidad de las características morfológicas de las
vainas

I.1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El conocimiento de la variación morfológica y sus patrones de distribución geográfica son de considerable interés para entender la evolución de las especies vegetales y trabajar en su conservación (Solís-Neffa, 2010). Las poblaciones de una especie que se distribuye en un área extensa muestran, generalmente, diferencias morfológicas y/ o genéticas entre ellas. Ello significa que los fenos o genotipos que son favorecidos por la selección natural en un sitio no lo son necesariamente en otro, es decir, en cada sitio ciertas características tienen mayor valor adaptativo que otras (Ayala, 1978; Donoso Zegers, 1993).

Investigaciones realizadas con especies silvestres han mostrado variaciones morfológicas (en tamaño y/o peso de frutos y semillas) relacionadas con regiones geográficas y factores ambientales como la disponibilidad de recursos, la latitud y la altitud (Guo *et al.*, 2010). La latitud representa un gradiente ambiental a lo largo del cual varían en una manera continua varios factores del clima (la temperatura, la precipitación y la radiación solar, entre otros) (Hernández-Verdugo *et al.*, 2012). Se considera al clima uno de los más importantes factores que afecta a las especies vegetales, ya que puede actuar directamente sobre los procesos fisiológicos (crecimiento y reproducción) o indirectamente a través de interacciones ecológicas (competencia por recursos) (Shao y Halpin, 1995). Varios estudios han demostrado la influencia que la precipitación y la temperatura tienen sobre la producción de frutos, semillas y sobre la etapa reproductiva de las plantas (Solís Neffa, 2010; Nooryazdan *et al.*, 2010; Souza *et al.*, 2010).

El género *Prosopis* en Sudamérica es un complejo sistema de especies taxonómicas entrelazadas entre sí, que dan por resultado un sin número de formas y que ocupan diversos nichos en el territorio argentino, extendiéndose también hacia Paraguay, Bolivia, Chile y Perú. Se muestra prácticamente sin solución de continuidad desde el punto de vista morfológico y adaptativo, y desde el punto de vista evolutivo todo el conjunto podría definirse como una unidad a escala continental, de la misma forma que el género *Eucalyptus* en Australia o *Quercus* en Europa (Verga, 1995).

Los antecedentes sobre la caracterización morfológica de especies afines al género, ha sido utilizada para obtener grupos de individuos con características genéticas comunes, mediante taxonomía numérica, basada en rasgos de hoja y fruto, pudiendo separarse grupos, que alcanzan niveles entre ecotipos y sub-especies (Verga, 1995; Joseau *et al.* 2005). Y hay además, otros trabajos, también relacionados con las características morfológicas de plántulas de *P. alba*, *P. alpataco*, *P. chilensis*, *P. flexuosa*, *P. nigra*, *P. hassleri*, *P. denudans* y *P. strombulifera* (Burghardt *et al.*, 2000; Jorratti *et al.*, 2011) y de semillas de *P. alba*, *P. flexuosa* y *P. nigra* (Jorratti *et al.*, 2011). Todos estos apuntan a la identificación de descriptores morfológicos que permiten el reconocimiento de las especies a campo y no la diferenciación de procedencias (Fontana *et al.*, 2015).

En la Provincia Fitogeográfica del Monte, los algarrobales pueden estar dominados por las especies *P. flexuosa* y *P. chilensis*, y se han detectado diferencias florísticas, fisonómicas y en la estructura de sus poblaciones que responden a diferencias ambientales, principalmente climáticas y en la historia de uso de ambas especies (Villagra *et al.* 2004). Las mismas presentan una gran variabilidad inter e intrapoblacional en caracteres morfológicos y fisiológicos que permitirían la selección de características deseables para ser usadas en reforestación de zonas áridas, principalmente relacionadas a la forma, tamaño, espinescencia, al crecimiento radial y a la resistencia a la sequía y salinidad (Villagra *et al.*, 2004). Como se ha mencionado anteriormente, las poblaciones e individuos de *P. flexuosa* varían debido a la genética y a las condiciones ambientales, esto se observa también, reflejado en el tamaño y la forma de los árboles. Lo demuestran así, las características de las poblaciones norteñas de Catamarca (Bolsón de Fiambalá y Pipanaco) cuyos árboles son unifustales, rectos, de porte alto, con mayor densidad de individuos, mayor diámetro basal y elevada biomasa forestal (hasta 42 Tn/ha). Diferenciándose de éstas, las poblaciones del Monte central (Telteca, Ñacuñán y General Alvear en Mendoza) cuyos árboles son: multifustales, decumbentes, de bajo porte y presentan menor densidad de individuos, de diámetro de copa y de biomasa forestal (entre 9 y 12 Tn/ha) (Alvarez y Villagra, 2009). Otras

características que se estudiaron y que diferenciaron los algarrobos procedentes del Norte (Catamarca y San Juan), de los de Mendoza, fueron: longitud de las espinas, longitud total de la hoja, longitud del pecíolo, longitud de la pinna primaria, longitud del folíolo, longitud del fruto y longitud del ápice del fruto (Brizuela *et al.*, 2000).

Analizar la variabilidad de la morfología del fruto de *Prosopis* a lo largo del gradiente geográfico, resulta importante dado el uso de los frutos de ambas especies tanto para consumo humano como para la producción pecuaria. Se conoce desde el punto de vista botánico, que es una legumbre indehiscente, denominada lomento drupáceo. Proviene de un gineceo unicarpelar (Burkart, 1976) y según las especies, varía en forma, tamaño y color (Freyre *et al.*, 2003). Es valorado por el alto contenido de azúcar, carbohidratos y proteínas. El sabor del mesocarpo del fruto varía desde agrio y amargo a dulce, y la succulencia también lo hace, desde frutos secos y fibrosos a succulentos y más dulces (Barros, 2010). La especie *P. flexuosa* presenta una vaina recta subfalcada, con forma de “hoz”, de 5 a 28 cm de largo por 0,7 a 1,2 cm de ancho (Álvarez y Villagra 2009; Roig 1993), con un grosor de 0.5 - 0.8 cm; subcomprimido y submoniliforme (márgenes ondulados). El epicarpo es pajizo-amarillento, con manchas violeta a negro violáceo (Mom, 2012). En cambio, los frutos de *P. chilensis*, son color amarillento opaco con forma de “S”, de 12-18 cm de largo (Burkart, 1976), a menudo comprimidas, y contienen varias semillas alojadas en una pulpa densa y dulce de color amarillo. Sin embargo, se reconoce que es una de las especies del género que presenta mayor variabilidad en sus diferentes caracteres (FAO, 1997), habiendo descripción para cuatro variedades (*var. chilensis*, *var. catamarcana*, *var. riojana* y *var. glandulosa*) que se explican por la diferencia en tamaño, forma y color de sus frutos. Estas diferencias visuales también determinan diferencias físicas de los frutos, pudiendo variar desde frutos pobres en mesocarpo a otros muy ricos y pulposos (Altamirano, 2012). El fruto de *P. chilensis var. catamarcana* tiene una pulpa color amarillenta, mientras que las vainas de la *var. riojana* poseen un color cercano al negro (Galera, 2000).

Dada la importancia del uso humano y pecuario de los frutos, conocer la variabilidad de la morfología entre poblaciones locales proporciona información importante sobre los procesos evolutivos y contribuye a una mejor comprensión de los mecanismos de diversificación de las especies para lograr un manejo sustentable y un aprovechamiento racional del bosque (Nattero *et al.*, 2011). En este capítulo se tratará sobre la variabilidad en la caracterización morfológica de los frutos de ambas especies de algarrobos de la región del Monte, con la finalidad de generar conocimiento técnico básico para las especies arbóreas más importantes de la región árida. Los objetivos particulares de este capítulo son:

- Analizar la variabilidad morfológica de las vainas de *P. flexuosa* y *P. chilensis* entre las diferentes procedencias.
- Analizar la variabilidad morfológica de las vainas de *P. flexuosa* entre árboles de Ñacuñán y Telteca.
- Relacionar la variabilidad morfológica de las vainas con las diferentes procedencias del Monte.

I.2 MATERIALES Y MÉTODOS

I.2.1 Área de estudio para la caracterización de frutos de algarrobo

Para la caracterización morfológica de las especies y para investigar la variabilidad de los caracteres de los frutos entre procedencias, se colectaron vainas en la Región del Monte abarcando un área que se extiende desde los 27°22'48"S hasta los 36°09'30"S; y desde los 68°25'15"O hasta 66°10'48"O.

La colecta de los frutos de *Prosopis* se realizó en las siguientes procedencias:

Catamarca

-Bolsón de Pipanaco: los bosques se extienden desde los 27°39'36"S, aproximadamente hasta los 28°43'12"S. Y desde los 66°10'48" hasta los 66°51'36" de longitud oeste (Perosa, 2010).

-Bolsón de Fiambalá: los bosques se extienden de norte a sur, desde los 27°22'48"S hasta los 28°9'00"S y de este a oeste, desde los 67°22'48"O hasta los 67°41'24"O (Perosa, 2010).

La Rioja

-Bolsón de Chilecito: los bosques se extienden longitudinalmente, desde los 28°06'00"S en el departamento de Tinogasta (Catamarca), hasta los 29°24'36"S en el departamento de Chilecito (La Rioja) y desde los 67°41'24" hasta los 67°17'24" de longitud oeste (Perosa, 2010).

Mendoza

-Telteca: los bosques se encuentran sobre la Travesía de Guanacache, en el departamento de Lavalle, la mayor parte hacia el este de la Ruta Nacional N°142 y a unos 40 km hacia el noreste del centro Lavallino (Villa Tulumaya). Se extiende desde los 32°14'37"S hasta los 32°39'41"S y desde los 67°31'57"O hasta los 68°14'29"O. En total, el área ocupada por los bosques es de aproximadamente 930 km² (Perosa, 2010).

-Santa Rosa: en el distrito de Las Catitas ubicado en las coordenadas 33°18'18.0"S y 68°02'42.0"O, se tomaron muestras de algarrobos situados sobre la Ruta 50 y la Ruta 71 de esa localidad.

-Ñacuñán: se extienden desde los 33°48'27"S, 36 km al noroeste de la localidad de Ñacuñán, hasta los 34°16'07"S, 25 km al sur, siguiendo la Ruta Provincial N°153; y desde los 67°31'09"O, 37 km al este de dicha ruta, hasta los 68°25'15"O, en el Departamento de Santa Rosa. Se trata de una gran zona boscosa, bastante densa, que ocupa una superficie de aproximadamente 908 km², y es atravesada justo en el centro, por la Ruta N° 153 (Perosa, 2010).

-Montecaseros: en el Departamento de San Martín se ubica la muestra dentro del distrito de Montecaseros (33°00'50"S y 68°23'24"O).

-Alvear-San Rafael: los bosques encuentran sobre la Travesía de la Varita y se extienden desde los 34°27'10"S hasta los 36°09'30"S. Longitudinalmente, se desarrollan desde los 66°38'47"O, al noreste del departamento, hasta los 67°45'33"O (Perosa, 2010).

Condiciones climáticas de la zona de estudio

A continuación, se puede observar en la **tabla 1** una breve caracterización climática de las localidades de origen de los frutos.

Tabla 1. Descripción de las variables geográficas y climáticas de las localidades

Localidad	Latitud (S)	Longitud (O)	Altitud (msnm)	Temperatura media (°C)	Precipitación media (mm)
Fiambalá	27° 58'	67° 38'	1310	17	163
Pipanaco	27° 69'	66° 21'	900	17,3	289
Chilecito	28° 45'	67° 32'	1114	17,8	226
Telteca	32° 22'	68° 01'	510	17	150
Montecaseros	33°00'	68°23'	663	16,5	191
Las Catitas	33°18'	68°02'	590	16,7	226
Ñacuñán	33° 86'	67° 72'	578	15,6	329
San Rafael	35° 18'	67° 11'	701	15	328

(Mantován, 2005)

I.2.2 Selección de muestras para caracterización morfológica

Para describir la morfología de los frutos se tomaron muestras aleatorias (N=30 frutos) del total colectado para cada procedencia. Para la Región Norte (Pipanaco, Fiambalá y Chilecito), se obtuvo una muestra por especie (*P. flexuosa* y *P. chilensis*) y por localidad. Para la Región Sur (Telteca, Montecaseros, Santa Rosa, Ñacuñán y San Rafael) se obtuvieron muestras de *P. flexuosa* por localidad y además, para Telteca y Ñacuñán, por individuo. Cabe aclarar que para las mediciones de morfología se debió descartar la muestras Ñ3, Ñ4 y Ñ5 por no contar con la cantidad de frutos (N=30) en buen estado. Se detalla a continuación en la **Tabla 2** las muestras obtenidas para caracterización morfológica.

Tabla 2. Descripción de muestras de frutos utilizados para caracterización morfológica. Donde N es norte, S es sur y n/a es dato faltante

Muestra	Especie	Región	Localidad	Árbol
F1	<i>P. flexuosa</i>	N	Fiambalá	n/a
F2	<i>P. chilensis</i>	N	Fiambalá	n/a
P1	<i>P. flexuosa</i>	N	Pipanaco	n/a
P2	<i>P. chilensis</i>	N	Pipanaco	n/a
C1	<i>P. flexuosa</i>	N	Chilecito	n/a
C2	<i>P. chilensis</i>	N	Chilecito	n/a

T1	P. flexuosa	S	Telteca	1
T2	P. flexuosa	S	Telteca	2
T3	P. flexuosa	S	Telteca	3
T4	P. flexuosa	S	Telteca	4
T5	P. flexuosa	S	Telteca	5
T6	P. flexuosa	S	Telteca	6
T7	P. flexuosa	S	Telteca	7
T8	P. flexuosa	S	Telteca	8
T9	P. flexuosa	S	Telteca	9
T10	P. flexuosa	S	Telteca	10
T11	P. flexuosa	S	Telteca	11
M1	P. flexuosa	S	Montecaseros	n/a
S1	P. flexuosa	S	Santa Rosa	n/a
S2	P. flexuosa	S	Santa Rosa	n/a
S3	P. flexuosa	S	Santa Rosa	n/a
S4	P. flexuosa	S	Santa Rosa	n/a
Ñ1	P. flexuosa	S	Ñacuñán	1
Ñ2	P. flexuosa	S	Ñacuñán	2
Ñ3	P. flexuosa	S	Ñacuñán	3
Ñ4	P. flexuosa	S	Ñacuñán	4
Ñ5	P. flexuosa	S	Ñacuñán	5
Ñ6	P. flexuosa	S	Ñacuñán	6
Ñ7	P. flexuosa	S	Ñacuñán	7
Ñ8	P. flexuosa	S	Ñacuñán	8
Ñ9	P. flexuosa	S	Ñacuñán	9
Ñ10	P. flexuosa	S	Ñacuñán	10
Ñ11	P. flexuosa	S	Ñacuñán	11
Ñ12	P. flexuosa	S	Ñacuñán	12
Ñ13	P. flexuosa	S	Ñacuñán	13
Ñ14	P. flexuosa	S	Ñacuñán	14
R1	P. flexuosa	S	San Rafael	n/a

I.2.3 Caracterización Morfométrica de los frutos

Se midieron 11 características morfológicas siguiendo la metodología de Verga (2000), que establece algunos caracteres cuantitativos importantes a tener en cuenta para el fruto. Todas las mediciones se realizaron sobre 30 frutos obtenidos de muestras de las diferentes procedencias. Para **largo (cm)** de fruto, debido a la dificultad en medirlo en frutos

espiralados, se utilizó un cable siguiendo el contorno del fruto y luego se midió con regla dicho cable previamente enderezado. El **ancho (mm)** de fruto: se midió sobre la región media del fruto y sobre la parte más ancha del artejo, usando calibre digital. Se asignó a cada fruto la **clase de borde** (1: liso, 2: levemente arrosariado, 3: arrosariado y 4: arrosariado con estrangulaciones) y **color** de fruto (clases): 1: Amarillo uniforme; 2: Fondo amarillo con bordes violetas y con algunas manchas violetas, 3: Prepondera el violeta o negro sobre el amarillo que aparece, o como un fondo muy tapado o como manchas y 4: Totalmente oscura, sin amarillo (Verga A. et al.2009). Se incluyó también, el **grosor (mm)** de fruto: se midió sobre un artejo central que contenga semilla, con calibre digital. La **forma** del fruto (clases): 1= recto (realmente derecho); 2= falcado (con forma de un arco); 3= espiralado (torsionado en dos dimensiones). La **longitud recta (cm)**: se tomó con regla la medida de un extremo al otro de la vaina (sin tener en cuenta el pedúnculo y sin importar la curvatura). El **número de artejos**: se contó cada una de las divisiones que conforma la vaina (no se cuenta ni el pedúnculo ni el mucrón). El **peso seco (g)**: se secaron las vainas en estufa a 60 °C por 7 días, y se pesaron una por una en balanza digital. Además, se midió como caracter la **relación ancho/grosor** del fruto (teniendo en cuenta de medirlo sobre el mismo fruto y en el artejo central). Incluimos también, dentro de los caracteres medidos, el índice de tortuosidad o curvatura a través de la relación **largo/longitud recta**.

I.2.4 Análisis estadístico de la información

Se analizaron las variables morfológicas del fruto a través de Análisis de la Varianza (ANOVA) y se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey. Se calcularon para las variables morfológicas la tendencia central y dispersión para cada especie y procedencia. Para las variables cualitativas (color, borde y forma) se analizó la distribución de frecuencias.

Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para reducir la dimensionalidad de los datos y encontrar relaciones entre las variables morfológicas medidas en los frutos y la

procedencia de los mismos. El software estadístico utilizado para los análisis fue INFOSTAT 2013.

Se utilizó el software libre R (R Core Team 2018) para analizar la relación de la variable largo promedio de los frutos con la Temperatura media de las localidades.

I.3 RESULTADOS

I.3.1 Caracterización morfológica en frutos *de Prosopis flexuosa*

I.3.1.1 Variabilidad entre procedencias

I.3.1.1.1 Norte y Sur

Las vainas del Norte (Pipanaco, Fiambalá y Chilecito) fueron 25% más largas y 20% más anchas, tienen mayor número de artejos y superior peso seco que las vainas del Sur (San Rafael, Ñacuñán, Santa Rosa, Montecaseros y Telteca). No presentaron diferencias significativas con respecto al grosor ni a la longitud recta. Tanto la relación largo/longitud recta como la relación ancho/grosor fue superior en los frutos del Norte (**Fig. 3**).

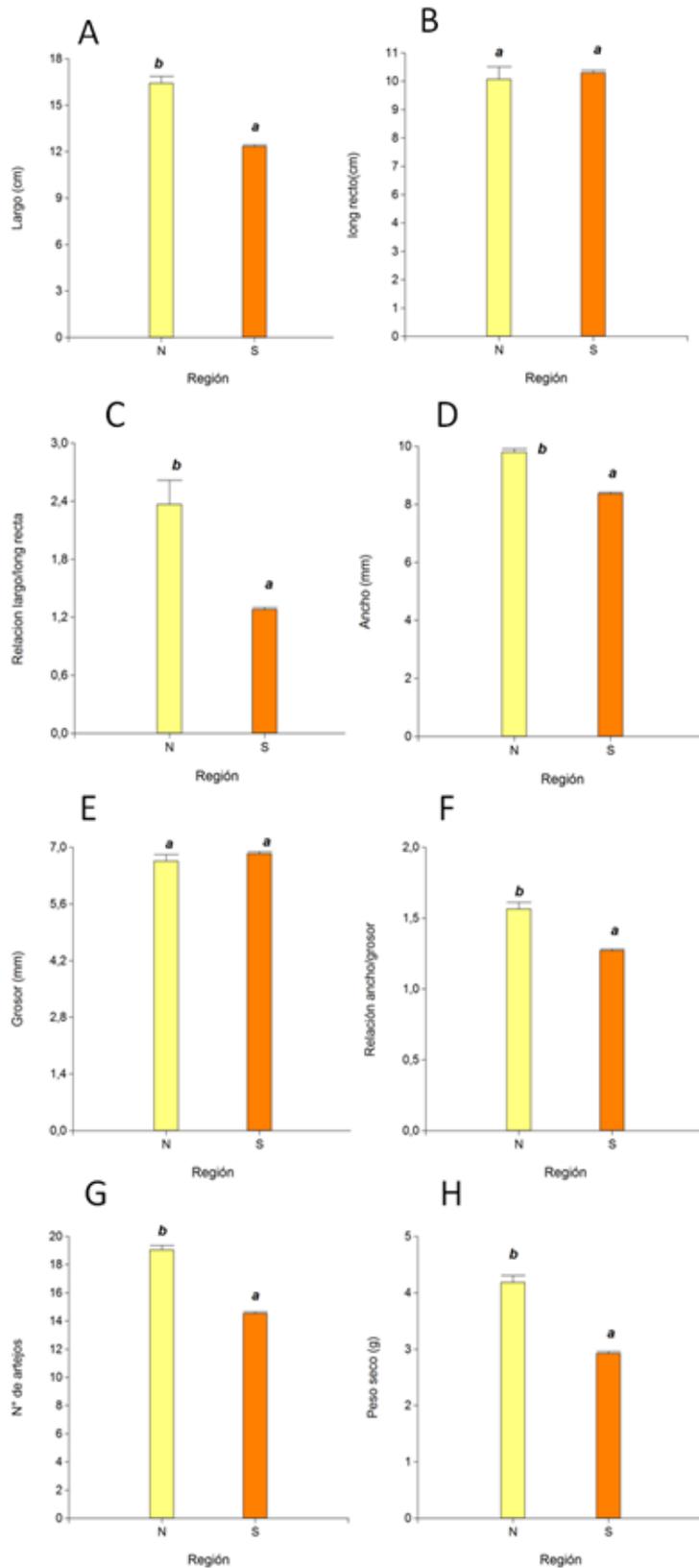


Figura 3. Parámetros morfológicos en frutos de *P. flexuosa* por Región (de izquierda a derecha). A) Largo, B) Longitud recta, C) Relación largo/longitud recta, D) ancho, E) Grosor, F) Relación ancho/grosor, G) Número de arjeos y H) Peso seco. Las barras representan la media ± el error estándar de la media. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las poblaciones según el test de Tukey ($P < 0.05$). Se midieron 930 frutos para cada variable.

Según las variables cualitativas, se observó que el color de frutos amarillo con bordes violetas y manchas predominó con más de 60% tanto en la zona Norte como en la Sur. El color 4 (totalmente oscura sin amarillo) solo estuvo presente en las vainas del Sur con apenas un 3,10% de los frutos observados. Con respecto a la variable borde, presentó similitudes entre el Norte y el Sur. En ambas regiones predominó el borde arrosariado con 67,31%. En ninguna de las dos regiones se observó vainas de borde liso. Tanto en el Norte como en el Sur más del 60% de sus frutos fueron de forma falcada (**Fig. 4 y 5**).

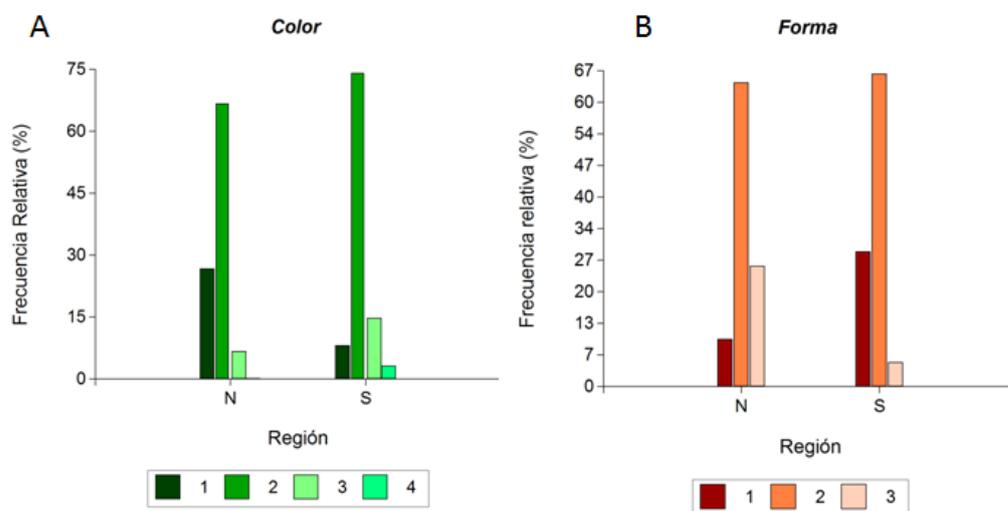


Figura 4. Frecuencia relativa (%) de variables morfocualitativas por Región. A) Color de frutos: 1-amarillo uniforme, 2-fondo amarillo con bordes violetas y manchas, 3- Prepondera el violeta o negro sobre el amarillo y 4-totalmente oscura sin amarillo. B) Forma de frutos: 1-recto, 2-falcado y 3-espiralado.



Figura 5. Fotografías de morfología de frutos de *P. flexuosa*: Región Norte (Izquierda) y Región Sur (derecha).

I.3.1.1.2 Sur (San Rafael, Montecaseros, Santa Rosa, Ñacuñán, Telteca)

Ñacuñán presentó las vainas más largas. Presentó diferencia estadísticamente significativa en el largo con respecto a Telteca y San Rafael. Telteca, Montecaseros y Santa Rosa tuvo mayor grosor que Ñacuñán y San Rafael. No hay diferencias entre estas últimas con respecto al grosor. Santa Rosa fue el que tuvo mayor ancho de vaina. Ñacuñán el menor ancho. Las demás no presentaron diferencias significativas. San Rafael tuvo una relación ancho/grosor más elevada que todas excepto por Ñacuñán. Telteca presentó la menor longitud recta, le siguió San Rafael con diferencia significativa, y las de mayor longitud recta son Santa Rosa, Montecaseros y Ñacuñán sin diferencias entre ellas. El mayor número de artejos fue para Ñacuñán y se diferenció significativamente de Telteca, que tuvo el menor. Los demás no presentaron diferencias significativas. La relación Largo/long recta fue más elevada para Telteca. Santa Rosa presentó el mayor peso seco de sus frutos. Las vainas de

San Rafael fueron las más livianas. Montecaseros, Telteca y Ñacuñán no presentaron diferencias significativas entre sí (**Tabla 3**).

Tabla 3. Parámetros morfológicos en frutos de *P.flexuosa* por procedencia de la región Sur (media \pm el error estándar de la media).

Procedencia	Largo(L)	Longitud recta (LR)	L/LR	Ancho (A)	Grosor (G)	A/G	Número de artejos	Peso seco
San Rafael	11.03 \pm 0.49a	9.99 \pm 0.43b	1.12 \pm 0.10a	8.51 \pm 0.22ab	5.97 \pm 0.22a	1.49 \pm 0.05c	14.23 \pm 0.60ab	2.53 \pm 0.17a
Telteca	11.65 \pm 0.15a	8.63 \pm 0.13a	1.48 \pm 0.03b	8.51 \pm 0.07ab	7.51 \pm 0.07b	1.15 \pm 0.02a	13.33 \pm 0.18a	2.82 \pm 0.05ab
Santa Rosa	12.06 \pm 0.25ab	11.18 \pm 0.21c	1.09 \pm 0.05a	8.91 \pm 0.11b	7.04 \pm 0.11b	1.31 \pm 0.03b	14.93 \pm 0.30ab	3.35 \pm 0.09c
Montecaseros	12.15 \pm 0.49ab	11.24 \pm 0.43c	1.09 \pm 0.10a	8.51 \pm 0.22ab	7.52 \pm 0.22b	1.15 \pm 0.05a	13.77 \pm 0.60a	3.20 \pm 0.17bc
Ñacuñán	13.28 \pm 0.15b	11.35 \pm 0.13c	1.19 \pm 0.03a	8.01 \pm 0.07a	6.10 \pm 0.07a	1.37 \pm 0.02bc	15.71 \pm 0.18b	2.89 \pm 0.05ab

**Letras diferentes indican diferencias significativas entre las poblaciones según el test de Tukey (P< 0.05).

En cuanto al color predominó en todas las localidades de Mendoza el color amarillo con bordes violetas y manchas. En relación a la variable borde, para Telteca, Ñacuñán, San Rafael y Montecaseros el borde arrosariado fue mayoritario, en cambio, en Santa Rosa prevaleció el levemente arrosariado. Se observó para la variable forma que Telteca, San Rafael, Santa Rosa y Ñacuñán presentaron dominancia de la forma falcada (mayor a 55%), diferente a Montecaseros que presentó un 60% de sus frutos de forma recta (**Fig.6**).

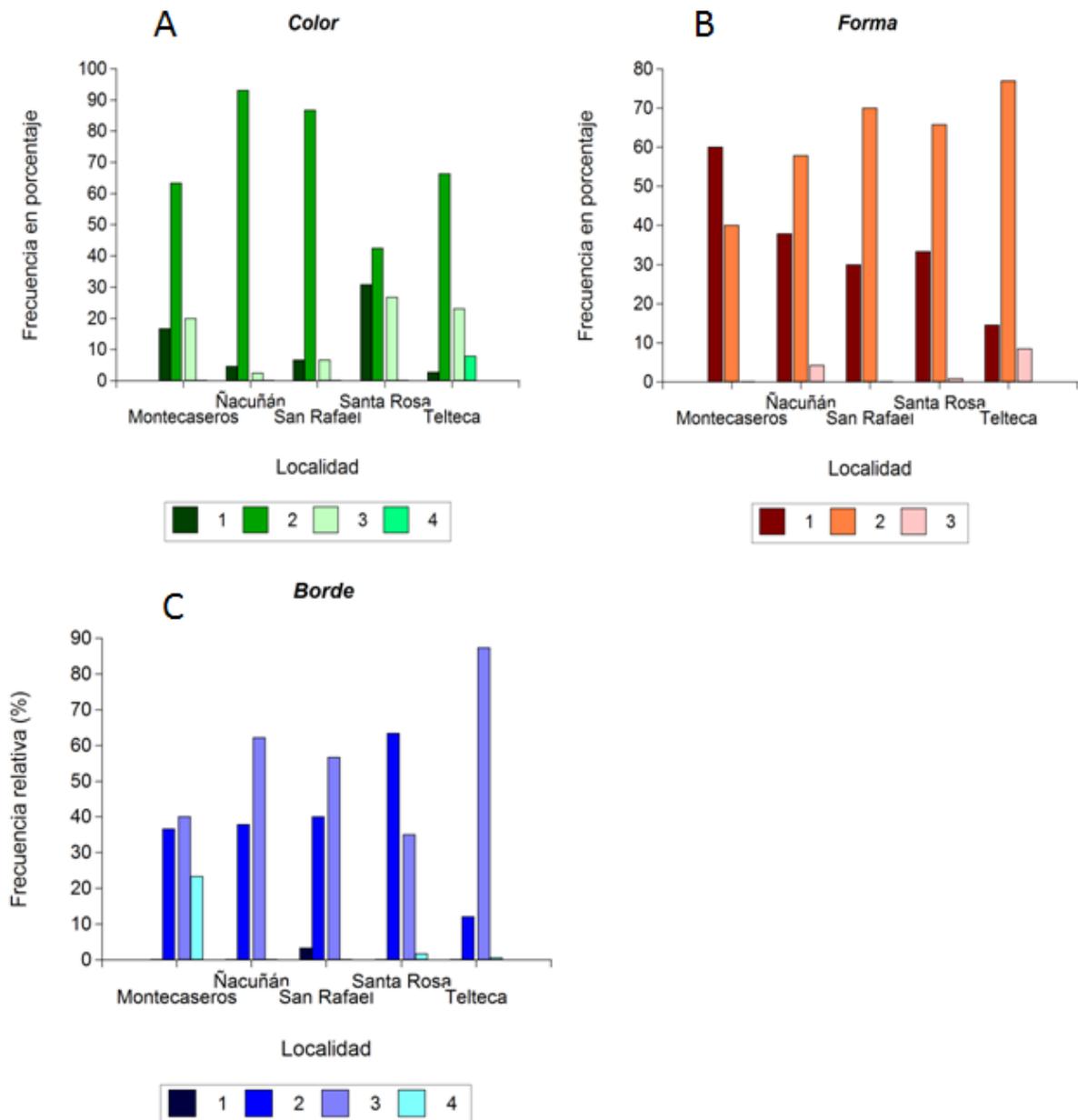


Figura 6. Frecuencia relativa (%) de variables morfocualitativas por localidad. A) Color de frutos por Localidad: 1-amarillo uniforme, 2-fondo amarillo con bordes violetas y manchas, 3- Prepondera el violeta o negro sobre el amarillo y 4-totalmente oscura sin amarillo. B) Forma de frutos por localidad: 1-recto, 2-falcado y 3-espiralado. C) Borde de frutos por localidad: 1-liso, 2-levemente arrosariado, 3-arrosariado y 4-arrosariado con estrangulaciones.

I.3.1.1.3. Norte (Fiambalá, Pipanaco y Chilecito)

Fiambalá presentó los frutos más largos. En cambio, no hubo diferencias significativas entre los frutos de Pipanaco y Chilecito. Los frutos de Fiambalá y Pipanaco fueron más gruesos, y presentaron mayor peso seco que los frutos de Chilecito. El ancho de las vainas de Fiambalá y Chilecito fue mayor que Pipanaco. Las tres procedencias no presentaron

diferencias estadísticamente significativas entre sus frutos con respecto al número de artejos.

En cuanto, a la relación largo/long recta, los frutos de Chilecito y Fiambalá, se diferenciaron significativamente de los frutos de Pipanaco, siendo estos mayores. Los frutos de las tres procedencias se diferenciaron significativamente en la relación ancho/grosor, y fue mayor para Chilecito (**Tabla 4**).

Tabla 4. Parámetros morfológicos en frutos de *P. flexuosa* por procedencia de la región Norte (media \pm el error estándar)

Procedencia	Largo(L)	Longitud recta (LR)	L/LR	Ancho (A)	Grosor (G)	A/G	Número de artejos	Peso seco
Fiambalá	19.64 \pm 0.64b	11.26 \pm 0.72b	2.14 \pm 0.39a	9.97 \pm 0.20b	6.90 \pm 0.24b	1.51 \pm 0.07b	19.23 \pm 0.57a	4.54 \pm 0.20b
Pipanaco	15.0 \pm 0.64a	6.58 \pm 0.72a	3.71 \pm 0.39b	9.26 \pm 0.20 ^a	7.54 \pm 0.24b	1.26 \pm 0.07a	18.77 \pm 0.57a	4.36 \pm 0.20b
Chilecito	14.63 \pm 0.64a	12.10 \pm 0.72b	1.24 \pm 0.39a	10.16 \pm 0.20b	5.53 \pm 0.24a	1.93 \pm 0.07c	19.10 \pm 0.57a	3.66 \pm 0.20a

**Letras diferentes indican diferencias significativas entre las poblaciones según el test de Tukey (P < 0.05).

Para la variable color, tanto Fiambalá como Chilecito presentaron más del 70% de sus frutos color amarillo con bordes violetas y manchas. Pipanaco tuvo muy poca variación, 53,33% de frutos color amarillo uniforme y 46,67% color amarillo con bordes violetas y manchas. No se observó en ninguna localidad del Norte el color totalmente oscura sin amarillo. Con respecto al borde, Fiambalá y Pipanaco presentaron mayoritariamente vainas arrosariadas (más del 80% del total), y Chilecito presentó 66,67% de sus vainas levemente arrosariadas. No hubo observaciones de vainas con borde liso ni de borde arrosariado con estrangulaciones. En las tres localidades del Norte dominaron las vainas con forma falcada, pero con mayor diferencia en Chilecito (83,33%), seguido por Fiambalá con el 63,33% y Pipanaco con 46,67%. Esta última presentó poca diferencia con las vainas de forma espiralada que representaron el 43,33 % (**Fig. 7**).

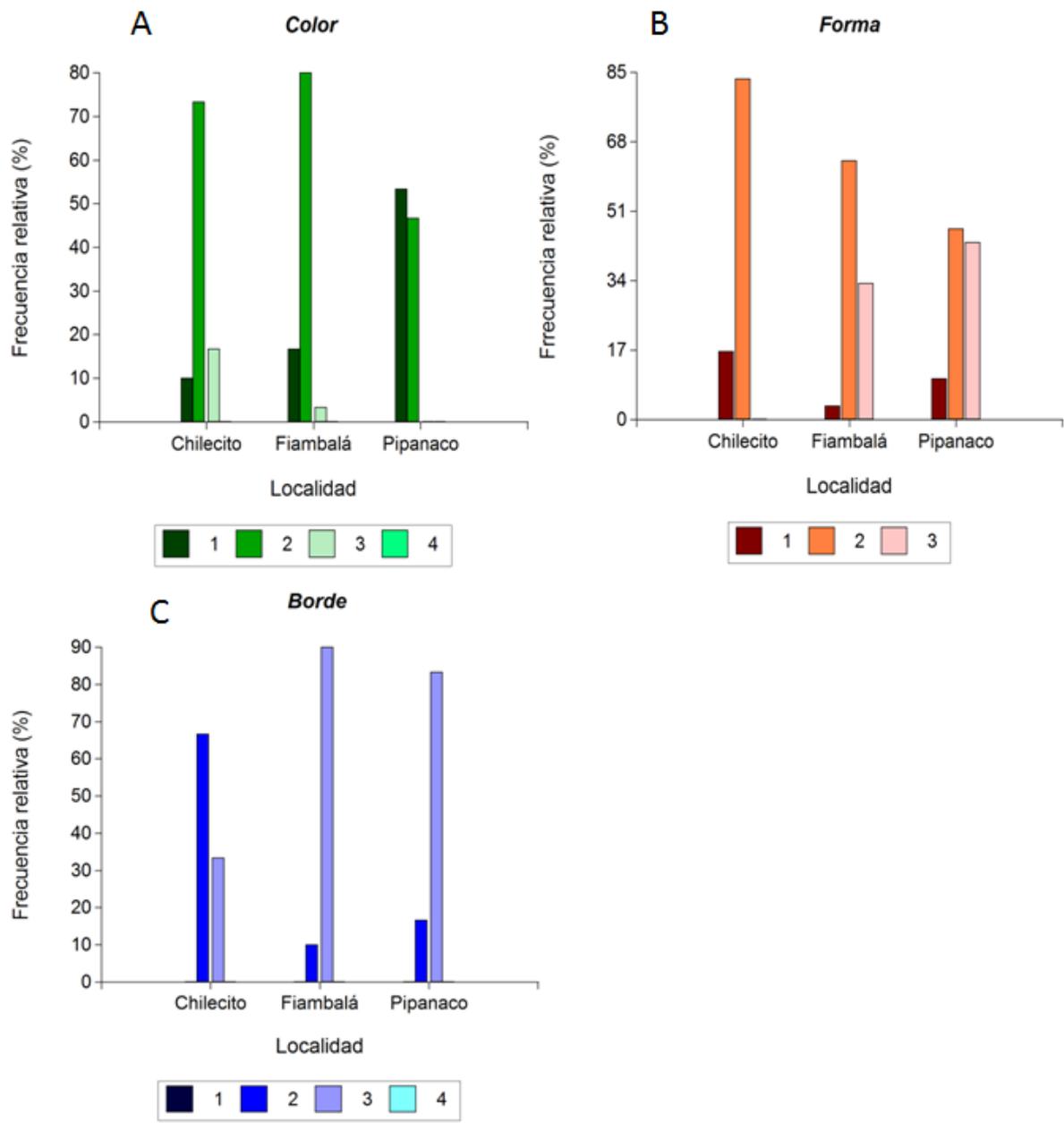


Figura 7. Frecuencia relativa (%) de variables morfofuncionales por localidad. A) Color de frutos: 1-amarillo uniforme, 2-fondo amarillo con bordes violetas y manchas, 3- Prepondera el violeta o negro sobre el amarillo y 4-totalmente oscura sin amarillo. B) Forma de frutos: 1-recto, 2-falcado y 3-espiralado. C) Borde de frutos: 1-liso, 2-levemente arrosariado, 3-arrosariado y 4-arrosariado con estrangulaciones.

I.3.1.2. Variabilidad entre árboles

I.3.1.2.1 Telteca

Se observó que existe gran variabilidad entre los frutos de los árboles en cuanto a las características medidas. La relación largo/longitud de sus frutos es la característica que presentó mayor variación (CV 46,7%), luego, el peso seco (CV 28%), la longitud recta (CV 23%), el número de artejos (CV 22%), y el largo (CV 21%). En cambio, el ancho presentó la menor variación (7,75%).

Se observó una predominancia del color amarillo con bordes violetas y manchas en los frutos. Con respecto al parámetro borde, los frutos de los árboles medidos presentaron borde arrosariado en forma mayoritaria. No hubo frutos con borde liso. La forma que predominó fue la clase falcada (**Fig. 8**).



Figura 8. Fotografías de morfología de frutos de *P.flexuosa* de diferentes árboles de Telteca

1.3.1.2.2 Ñacuñán

Entre los parámetros medidos en los frutos de los árboles de Ñacuñán se observó mayor variabilidad en el peso seco (CV 23,76%) y para la relación ancho/grosor (CV 20,87%). Y la variable ancho (12,32 %) presentó la menor variabilidad entre árboles.

En más de 75% de los árboles predominó el color amarillo con bordes violetas y manchas. El parámetro borde presentó baja variabilidad entre sus clases, siendo el tipo arrosariado quien predominó (53%). No se registró frutos arrosariados con estrangulaciones. La variable

forma, presentó mayoritariamente frutos falcados (57,88%) y seguido por frutos de forma recta (37,88%) (Fig. 9)



Figura 9. Fotografías de morfología de frutos de *P. flexuosa* de diferentes árboles de Nacuñán.

I.3.2 Caracterización morfológica en frutos de *Prosopis chilensis* del Norte

Según la Figura 10 observamos que, los frutos de *P. chilensis* de Fiambalá y Chilecito son más largos, más anchos, tienen mayor relación ancho/grosor y presentaron mayor peso seco que los frutos de Pipanaco. No hubo diferencia significativa entre las procedencias con respecto al grosor ni a la relación largo/longitud recta. En cuanto, a la variable longitud recta, fue mayor en las vainas de Chilecito y se diferenció significativamente de las vainas de

Pipanaco. Chilecito tuvo frutos con mayor número de artejos y se diferenció significativamente de los de Pipanaco y Fiambalá.

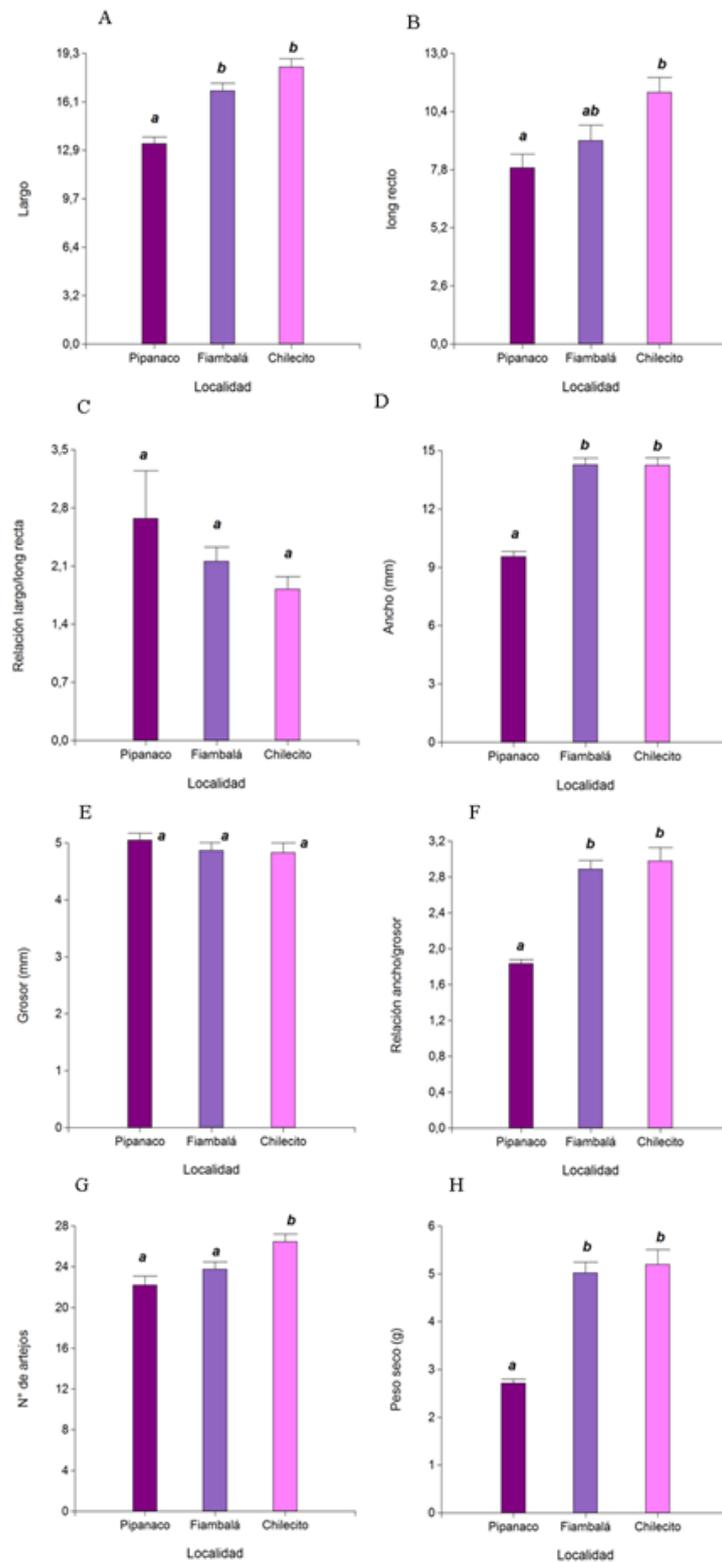


Figura 10. Parámetros morfológicos en frutos de *P. chilensis* en el Norte. De izquierda a derecha, A) Largo, B) Longitud recta, C) Relación largo/longitud recta, D) ancho, E) Grosor, F) Relación ancho/grosor, G) Número de artejos y H) Peso seco. Las barras representan la media \pm el error estándar de la media. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las poblaciones según el test de Tukey.

Tanto en Chilecito como Fiambalá el color amarillo uniforme predominó con más de 90% en todos sus frutos. En cambio, Pipanaco presentó muy alta variabilidad con respecto al color (40% de sus frutos son color amarillo con bordes violetas y manchas). No hubo vainas color totalmente oscura sin amarillo.

El borde tuvo similitudes entre Chilecito y Fiambalá, en la primera el 100% de sus vainas fueron lisas y en la segunda el 96,67%. Pipanaco, en cambio, presentó el 76,67% de sus frutos con borde levemente arrosariado y el resto lisas. No se observó frutos con bordes arrosariados ni arrosariados con estrangulaciones

Chilecito presentó el 63,33% de sus frutos de forma espiralada y el resto falcados. Fiambalá también, pero tuvo el 80% espiralados y 20% de forma falcados. En Pipanaco, en cambio, predominaron los frutos falcados (76,67%). No se observó presencia de frutos rectos en ninguna localidad del Norte de esta especie **(Fig. 11 y 12)**.

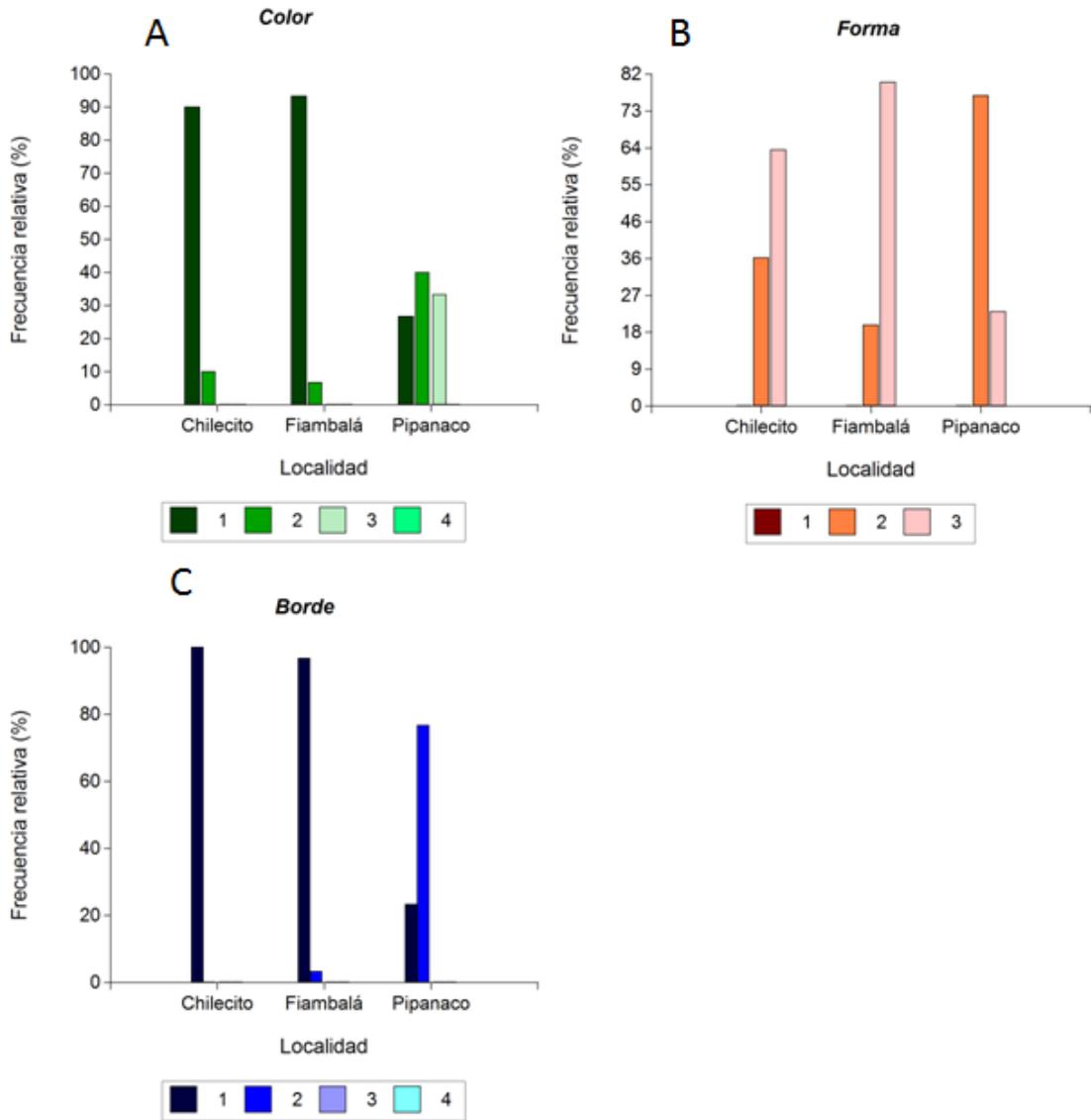


Figura 11. Frecuencia relativa (%) de variables morfocualitativas por localidad. A) Color de frutos por Localidad: 1-amarillo uniforme, 2-fondo amarillo con bordes violetas y manchas, 3- Prepondera el violeta o negro sobre el amarillo y 4-totalmente oscura sin amarillo. B) Forma de frutos por localidad: 1-recto, 2-falcado y 3-espiralado. C) Borde de frutos por localidad: 1-liso, 2-levemente arrosariado, 3-arrosariado y 4-arrosariado con estrangulaciones.



Figura 12. Fotografías de la morfología de frutos *P.chilensis* procedentes de la Región Norte.

I.3.3 Relación entre las características morfológicas de las vainas y su origen geográfico

I.3.3.1 Análisis de componentes principales

En el Análisis de Componente Principales (ACP) se realizó con la totalidad de datos obtenidos de las muestras de vainas (932), considerando 8 variables (largo, long.recta, relación largo/long.recta, ancho, grosor, relación ancho/grosor, número de artejos y peso seco). Los dos componentes principales extraídos explicaron en un 86.1% la varianza total presente en las muestras de vainas. El primer componente principal (CP1) representó el 51.2%, el segundo componente (CP2) el 34.9% de la variabilidad total de los datos (**Fig 13**). La CP1 estuvo representada principalmente por las variables: N° de artejos, peso seco,

largo y ancho. La CP2 por el grosor y la relación largo/longitud recta.

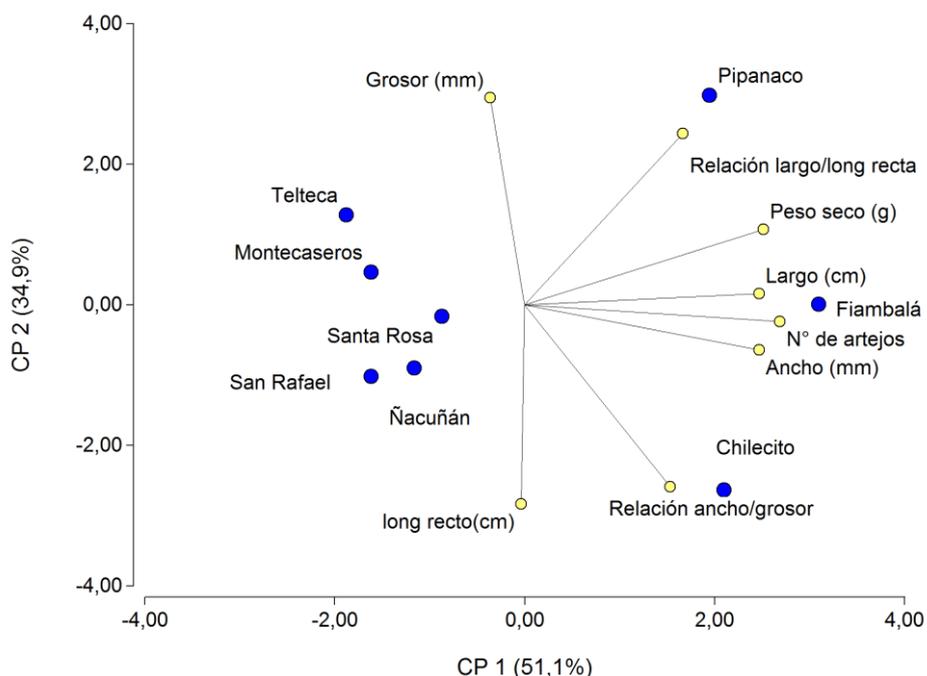


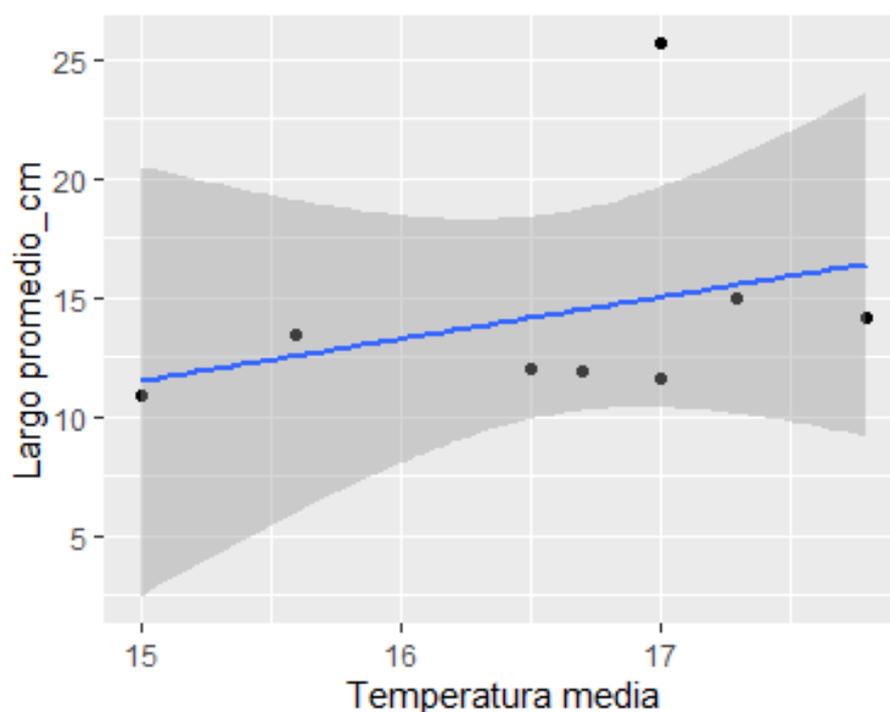
Figura 13. Componentes Principales para las diferentes características morfológicas de los frutos de algarrobo, clasificados por procedencia.

En el gráfico anterior se pueden distinguir dos grupos, según el CP 1. El primero formado por las muestras procedentes del Norte (Fiambalá, Piñanaco y Chilecito) ubicado a la derecha del gráfico, caracterizado principalmente por tener mayor: N° de artejos, peso seco, largo, de ancho, relación largo/long.recta y relac.ancho/grosor. El segundo grupo, en la parte izquierda del gráfico, formado por las muestras procedentes del Sur (Telteca, Ñacuñán, Santa Rosa, Montecaseros y San Rafael) y representado por un bajo N° de artejos, de peso seco, de largo y de ancho.

Además, según el CP 2 se separa los frutos de Piñanaco del resto de las localidades presentando el mayor grosor de todas las vainas, después le sigue Telteca, también con el mayor grosor de sus frutos dentro de las del Sur. Chilecito presentó el menor grosor de vainas de todos los frutos, y San Rafael el menor en los frutos del Sur. Las procedencias del Norte (Piñanaco y Chilecito) están separadas entre sí por 155 km y entre las del Sur (Telteca y San Rafael) hay 250 km.

1.3.3.2 Análisis de Regresión lineal entre el largo promedio de los frutos y la temperatura media de las procedencias

En el siguiente gráfico se puede ver el análisis de regresión lineal entre el largo promedio de las vainas medidas y la temperatura media de las ocho procedencias (ver tabla 1- I.2.1. Materiales y Métodos). Encontramos entre dichas variables una relación lineal positiva (**Fig. 14**).



$$y=0.86*Temp_media;$$

$$p=***4.7e^{-5}; R^2=0.90$$

Figura 14. Análisis de regresión lineal entre el largo promedio de los frutos y la temperatura media de las localidades.

I.4 DISCUSIÓN

Los frutos de *Prosopis flexuosa* de la zona Norte son diferentes a los de la zona Sur en la mayoría de las características morfológicas estudiadas. Registramos también que hay una gran variabilidad dentro de las procedencias (entre individuos). Esta variabilidad inter e intrapoblacional en caracteres morfológicos de *P. flexuosa* y *P. chilensis* concuerda con los estudios realizados por Villagra *et al.* (2004) y Mantován (2005) sobre dichas especies.

Giamminola y de Viana (2013), también encontraron variaciones entre individuos y poblaciones (ambientes), en el peso de frutos con las mayores fuentes de variación dentro de las poblaciones (entre los individuos) en *Prosopis nigra* y entre poblaciones (ambientes) en *Caesalpinia paraguariensis*. Para peso de frutos de *P. flexuosa* obtuvimos mayor variabilidad entre procedencias (CV 32,3%) que dentro (Ñacuñán: CV 23,8% ; Telteca: CV 28%), de todos modos para ambas fue alta (CV mayor a 20%).

Según registros bibliográficos, Brizuela *et al.* (2000) comparó individuos de tres procedencias diferentes de *P. flexuosa* y los resultados indicaron que la procedencia de Mendoza se separa de la de Catamarca y San Juan, en cuanto a algunas características morfológicas, entre ellas la longitud del fruto. Nuestros resultados coinciden con Brizuela *et al.* (2000) de modo que el largo del fruto es mayor en las procedencias del Norte (Pipanaco, Fiambalá y Chilecito) con respecto a las del Sur (San Rafael, Ñacuñán, Santa Rosa, Montecaseros y Telteca). En comparación a los parámetros morfológicos de frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*, similares entre ambas especies (Prokopiuk *et al.*, 2000), las vainas de *P. flexuosa* y *P. chilensis* tienen menor largo, ancho y peso seco, y ligeramente mayor espesor que las anteriores.

Los frutos de *P. flexuosa* presentaron mayor frecuencia, tanto entre procedencias (excepto Montecaseros) como entre individuos de una misma procedencia, de color amarillo con borde y manchas violetas, de borde arrosariado y de la forma falcada. Si bien existe poca bibliografía al respecto, Mom (2012) menciona que el epicarpio de los frutos de *P. flexuosa* es pajizo- amarillento, con manchas violeta a negro violáceo y que presenta márgenes ondulados, similar a lo mencionado. Además, con respecto la forma, presenta una vaina recta subfalcada, con forma de “hoz” (Álvarez y Villagra, 2009; Roig, 1993), al igual que los resultados presentados. Esto sugiere, que en cuanto a color, borde y forma de los frutos de *P. flexuosa*, no es posible diferenciar las procedencias del Norte de las del Sur. Sí se puede diferenciar la localidad de Montecaseros con respecto a la forma recta de sus frutos de las demás localidades.

Según Burkart (1976) los frutos de *P. chilensis*, son color amarillento opaco con forma de “S” y a menudo comprimidas. Lo anteriormente dicho, concuerda con las procedencias de Fiambalá y Chilecito que son color amarillo uniforme, forma espiralada y borde liso. Sin embargo, encontramos que los frutos de Pipanaco difieren, presentando color amarillo con bordes y manchas violetas y forma falcada.

El análisis de componentes principales diferenció claramente las procedencias estudiadas en dos grupos, uno formado por las del Norte y otro por las del Sur, basándose en las características: largo, número de artejos, peso seco y ancho. Además, el análisis de regresión muestra una relación lineal positiva entre el largo promedio de los frutos y las temperaturas medias de las diferentes localidades (ubicadas a lo largo de la región del monte), mostrando un incremento en el largo promedio de la vaina al aumentar la temperatura media. Esto evidencia que la variación está relacionada con la posición geográfica y las condiciones climáticas de los lugares de origen, ya que una ubicación geográfica más norteña, está asociada a estaciones de crecimiento más largas y más cálidas. Así lo sugiere Mantovan (2005), para los caracteres foliares medidos en *P. flexuosa*.

I. 5 CONCLUSIONES

En este estudio se reporta por primera vez el análisis morfométrico comparativo de frutos de algarrobo a lo largo del gradiente latitudinal del bioma Monte, y demuestra que las poblaciones de ambas especies mantienen una elevada variación dentro y entre las características medidas. El largo, el ancho, el número de artejos y el peso seco de los frutos de *P. flexuosa* son las variables que separan a las procedencias de la zona Norte (Fiambalá, Pipanaco y Chilecito) de la zona Sur (Telteca, Montecaseros, Ñacuñán, Santa Rosa y San Rafael). Por el grosor, se separa dentro del Norte: Pipanaco de Chilecito y dentro del Sur: Telteca de San Rafael. Y a su vez, la variación del largo promedio de las vainas sigue el gradiente de temperaturas medias de las localidades del Monte (menor al Sur y mayor al Norte). Estas variaciones morfológicas en las procedencias que ocupan ambientes distintos

permitirán dar inicio a próximas investigaciones para conocer si se deben a una respuesta a las condiciones ambientales o a una variación genética heredable.

CAPÍTULO II

Propiedades químicas y nutricionales de la harina de *P.*
flexuosa DC. y *P. chilensis* (Mol.) Stuntz.

II. 1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Debido al creciente interés y consumo de alimentos saludables es indispensable profundizar en el conocimiento sobre especies nativas para el aprovechamiento exitoso en programas de gestión, biocomercio y uso sustentable (Boeri *et al.*, 2017). Conocer el valor nutricional de los productos naturales es la información básica y necesaria para evaluar la posibilidad de gestionar, obtener y comercializar productos derivados de los recursos silvestres.

La biodiversidad genética de productos naturales es un elemento clave en el desarrollo económico de países con ecosistemas áridos y semiáridos, y brinda la posibilidad de obtener productos derivados de los recursos silvestres, con gran valor nutricional. El género *Prosopis* constituye un significativo recurso alimenticio para los humanos y animales de regiones desérticas del mundo (Galán *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2000) y es recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) para combatir la desertificación y recuperar ecosistemas degradados (Aedo Bendek, 2007). En Argentina, la utilización de sus frutos, llamados comúnmente “algarrobas” “chauchas” o “vainas”, y de sus productos derivados, se remonta a las culturas prehispánicas. En la provincia de Santiago del Estero los pobladores locales preparaban “patay”, “aloja” y “añapa”. En la provincia de Mendoza, sus habitantes utilizaban las “algarrobas” para elaborar el pan. Lo mismo que en el Chaco, los tobos, preparaban harina con los frutos de *P. alba* y *P. nigra*, dejándolas secar y luego moliéndolas (Fontana, 2019). Una de las formas de uso de los frutos de *Prosopis* es la elaboración de harinas. Las moliendas que incluyen el fruto y las semillas, registran una excelente fuente de carbohidratos y proteínas. Este producto mejora la dieta de la población rural, ya que tiene un alto contenido energético (carbohidratos), asegura el aporte de proteínas, fibras y sales minerales (Mom, 2012).

La harina de *Prosopis* se prepara todavía de forma tradicional. Luego de la cosecha, las vainas se secan al sol, sobre el techo de las casas o en las trojas (depósito elevado realizado con ramas). El material seco se mantiene en dichas trojas para prevenirlo del ataque de los brúquidos o gorgojos (coleópteros que se alimentan de los granos) (Solorio R.

2004). Además, los lugareños suelen colocar junto con las vainas, algunas plantas nativas con propiedades insectífugas, como atamisque (*Capparis atamisquea*), paico (*Dysphania ambrosioides*) y ancoche (*Vallesia glabra*), que se utilizan como repelente de insectos (Karlin *et al.*, 1994). La molienda se lleva a cabo en forma manual con morteros, aunque actualmente se suele usar molino de martillo. Luego, se tamiza y separa la harina para la alimentación humana y el “borujo” (residuo que queda al cernir la harina) para la alimentación animal. De esta forma, se aprovecha todo el producto. Se puede conservar la harina por un largo tiempo si se evita que se humedezca, colocándola en lugares secos y envasándola en recipientes herméticos (Sciammaro, 2015). Es importante destacar, que el polvo harinoso dulce, puede servir como materia prima para distintos productos panificados y confituras: cacao, café, bombones, licor, tortas, cobertura, panes, galletas, pizzas y turrone. Y también, se puede enriquecer la harina de trigo con la harina de algarroba. De esta manera, se fomenta el uso de PFMN, conservando los bosques y obteniendo productos con valor agregado para que circulen en los mercados locales (Martínez de Escobar *et al.* 2015).

Según el Código Alimentario Argentino (CAA, 1995), en su artículo 681, la harina de algarrobo está definida como el producto de la molienda de las semillas de algarrobo blanco (*P. alba* Griseb) y/o algarrobo negro (*P. nigra* (Grisebach) Hieronymus), dos especies de fuerte presencia en la región chaqueña. En Septiembre del 2014, se incorporó al CAA el Artículo 681 tris – (Resolución Conjunta SPReI N°282/2014 y SAGyP N° 298/2014) “Con el nombre de Harina de fruto (vaina completa con sus semillas) de algarrobo, se entiende el producto de la molienda de los frutos completos limpios, sanos y secos, del algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb) y/o algarrobo negro [*Prosopis nigra* (Grisebach) Hieronymus] y/o *Prosopis chilensis* (Molina) Stuntzemend. Burkart y/o *Prosopis flexuosa* (DC).” (CAA, 2015).

Debido al creciente auge de alimentos saludables en los últimos años, han surgido numerosas recetas que incluyen harina de algarroba, marcadas por la amplia creatividad y costumbres de la gente del lugar, desde caramelos con miel y harina de algarroba, bebidas

calientes con harina tostada como sucedáneo del chocolate o reemplazante del café, hasta productos de panadería y pastelería como panes y tortas. Aunque el uso de la harina de algarrobo no sería solo por su carácter dulce sino también por ser una harina apta para la elaboración de dietas para celíacos (ausencia de prolaminas). A pesar de esta creciente popularidad, poco es el conocimiento que se tiene hasta el momento de las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de la harina y de los productos elaborados con ella (Sciammaro, 2015).

Dado el gran interés sobre los usos alimenticios del género *Prosopis*, se han llevado a cabo diferentes estudios sobre la composición química y nutricional de la harina de las distintas especies, tanto en Latinoamérica como en Argentina (Loma Mercado, 1997; Prokopiuk *et al.*, 2000; Aedo Bendek, 2007; González Galán *et al.*, 2008; Polini y Romero López, 2011; Sciammaro *et al.*, 2015; Bigne, 2016; Boeri *et al.* 2017). La harina de *P. alba*, la más difundida en el país, analizada por Prokopiuk *et al.* (2000) presentó 2,5% de agua, 3,1% de cenizas, 59,1% de azúcares con 2,8% azúcares reductores, 2,4% fibra cruda, 7,2% de proteínas y 2,2% de lípidos. Estos porcentajes en general varían con el tipo de especies, región y año de recolección. La harina de *P. pallida* contiene mayor cantidad de carbohidratos, hierro, fósforo aunque menor contenido de fibra y proteína que *P. alba* (Prokopiuk *et al.*, 2000). Particularmente, en lo que se refiere a *P. flexuosa* y *P. chilensis* en Argentina, se han estudiado las propiedades nutricionales de la harina de sus algarrobas (Mom, 2012; Llano, *et al.* 2012). De acuerdo a Mom (2012), la harina de *P. flexuosa* obtenida de montes nativos, cuenta con valores nutricionales como: proteína (13,1%), grasa (1,7%), fibra dietaria total (29,9%) y carbohidratos (51,3%) y la de *P. chilensis* tiene mayor contenido de grasa (2,4%) y fibra dietaria total (35,3%) y menor cantidad de carbohidratos (45,7%).

Este estudio revaloriza la potencialidad del uso de este fruto en la industria de alimentos con un bajo impacto ambiental, y amplía los conocimientos de los parámetros fisicoquímicos y nutricionales de la harina.

Los objetivos específicos de este capítulo

- Analizar la variabilidad de las propiedades nutricionales de la harina de *P. flexuosa* y *P. chilensis* entre las diferentes procedencias.

II. 2 MATERIALES Y MÉTODOS

II.2.1 Muestras de harina

Para obtener las muestras de harina que se analizaron se realizó la molienda de las vainas colectadas de las muestras que se describieron en el **Capítulo I** -I.2 Materiales y Métodos.

En la **tabla 5** se detalla el total de las muestras de harina obtenidas. Se realizó una muestra de harina denominada “pool” para Ñacuñán, Telteca y Santa Rosa, que consta en mezclar una porción (cucharada) de todas las muestras de harina de los diferentes individuos.

Tabla 5. Descripción de muestras de harina utilizada para caracterización química. Donde N es norte, S es sur y n/a es dato faltante.

Muestra	Especie	Región	Localidad	Árbol
HF1	<i>P. flexuosa</i>	N	Fiambalá	n/a
HF2	<i>P. chilensis</i>	N	Fiambalá	n/a
HP1	<i>P. flexuosa</i>	N	Pipanaco	n/a
HP2	<i>P. chilensis</i>	N	Pipanaco	n/a
HC1	<i>P. flexuosa</i>	N	Chilecito	n/a
HC2	<i>P. chilensis</i>	N	Chilecito	n/a
HT1	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	1
HT2	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	2
HT3	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	3
HT4	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	4
HT5	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	5
HT6	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	6
HT7	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	7
HT8	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	8
HT9	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	9
HT10	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	10
HT11	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	11
HT12 (Pool)	<i>P. flexuosa</i>	S	Telteca	n/a
HM1	<i>P. flexuosa</i>	S	Montecaseros	n/a
HS1	<i>P. flexuosa</i>	S	Santa Rosa	n/a

HS2	P. flexuosa	S	Santa Rosa	n/a
HS3	P. flexuosa	S	Santa Rosa	n/a
HS4	P. flexuosa	S	Santa Rosa	n/a
HS5 (Pool)	P. flexuosa	S	Santa Rosa	n/a
HÑ1	P. flexuosa	S	Ñacuñán	1
HÑ2	P. flexuosa	S	Ñacuñán	2
HÑ3	P. flexuosa	S	Ñacuñán	3
HÑ4	P. flexuosa	S	Ñacuñán	4
HÑ5	P. flexuosa	S	Ñacuñán	5
HÑ6	P. flexuosa	S	Ñacuñán	6
HÑ7	P. flexuosa	S	Ñacuñán	7
HÑ8	P. flexuosa	S	Ñacuñán	8
HÑ9	P. flexuosa	S	Ñacuñán	9
HÑ10	P. flexuosa	S	Ñacuñán	10
HÑ11	P. flexuosa	S	Ñacuñán	11
HÑ12	P. flexuosa	S	Ñacuñán	12
HÑ13	P. flexuosa	S	Ñacuñán	13
HÑ14	P. flexuosa	S	Ñacuñán	14
HÑ15 (Pool)	P. flexuosa	S	Ñacuñán	n/a
HR1	P. flexuosa	S	San Rafael	n/a

II.2.2 Mediciones de las Propiedades químicas de harina

Las determinaciones analíticas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Fitoquímica del IADIZA- CCT Mendoza- CONICET, <<https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/iadiza/paginas/index/laboratorio-de-fitoquimica>>, se realizaron siguiendo el Método de Weende, que sirve para examinar la calidad nutricional de los forrajes y, en general, determinar el valor nutritivo de los alimentos (Carrascal Cañizares, 2016). En este caso, se analizaron la composición nutricional de la harina de algarroba obtenida de los frutos de las diferentes procedencias del Monte. Se realizaron las siguientes determinaciones analíticas para cada muestra:

- Contenido de humedad
- Cenizas (Vía incineración)
- Proteína total (método Kjeldahl)
- Lípidos totales (extracto etéreo)

- Fibra bruta total
- Azúcares solubles y almidón hidrosoluble
- Carbohidratos Total.

II.2.3 Análisis estadístico de la información

Se analizaron las variables medidas a través de Análisis de la Varianza (ANOVA) y se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey. Se calcularon para las variables medidas la tendencia central y dispersión.

Se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP) para reducir la dimensionalidad de los datos y encontrar relaciones entre las variables químicas medidas en los frutos y la procedencia de los frutos de Telteca, Ñacuñán y Santa Rosa (Solo se pudo realizar con estas procedencias porque se contaba con pocas muestras de las demás). El software estadístico utilizado para los análisis fue INFOSTAT 2013.

II. 3 RESULTADOS

II.3.1 Caracterización química de la harina de *Prosopis flexuosa* y *Prosopis chilensis*

II.3.1.1 Comparación zona Norte y Sur

Las propiedades químicas medidas de la harina de *P. flexuosa* entre las procedencias del Norte y del Sur se diferenciaron estadísticamente sólo en su contenido de grasas totales (%), la harina de la zona Sur presentó mayor porcentaje de grasas (2,60%). Los demás parámetros analizados no fueron diferentes en la composición química (**tabla 6**).

Tabla 6. Parámetros químicos en harina de *P. flexuosa* y *P. chilensis*. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las poblaciones según el test de Tukey.

Determinaciones	<i>P. flexuosa</i>		<i>P. chilensis</i>
	Harina zona Sur	Harina zona Norte	Harina zona Norte
Proteína (%)	10,55 ± 0,24 a	10,63 ± 0,81 a	12,26 ± 0,81 a
Humedad (%)	8,21 ± 0,49 a	8,03 ± 1,62 a	7,78 ± 0,52 a
Grasas Totales (%)	2,60 ± 0,08 b	1,69 ± 0,27 a	1,75 ± 0,47 a
Ceniza	3,9 ± 0,06 a	3,8 ± 0,21 a	3,92 ± 0,14 a
Fibra Bruta Total (%)	19,96 ± 0,33 a	19,47 ± 1,11 a	21,01 ± 1,3 a
Azúcares solubles y almidones hidrolizables (%)	58,73 ± 1,22 a	58,15 ± 4,05 a	58,73 ± 2,73 a
Carbohidratos Totales (%)	41,06 ± 1,13 a	44,11 ± 3,76 a	43,8 ± 2,71 a

II.3.1.2 Comparación zona Norte

No se registraron diferencias entre la harina de la zona Norte ni de *P. flexuosa* ni de *P. chilensis* y sus parámetros resultaron estadísticamente similares, aunque los análisis muestran una tendencia a mayor contenido de carbohidratos en *P. flexuosa* y mayor contenido de proteínas y grasas en *P. chilensis* (**tabla 6**).

II.3.2 Caracterización química de la harina de *Prosopis flexuosa* de zona Sur (Ñacuñán y Telteca)

La harina de *P. flexuosa* proveniente de Telteca presentó mayor cantidad de carbohidratos, azúcares solubles y humedad que la harina analizada de Ñacuñán. En las demás propiedades químicas medidas no se registraron diferencias estadísticamente significativas (**Fig. 15**).

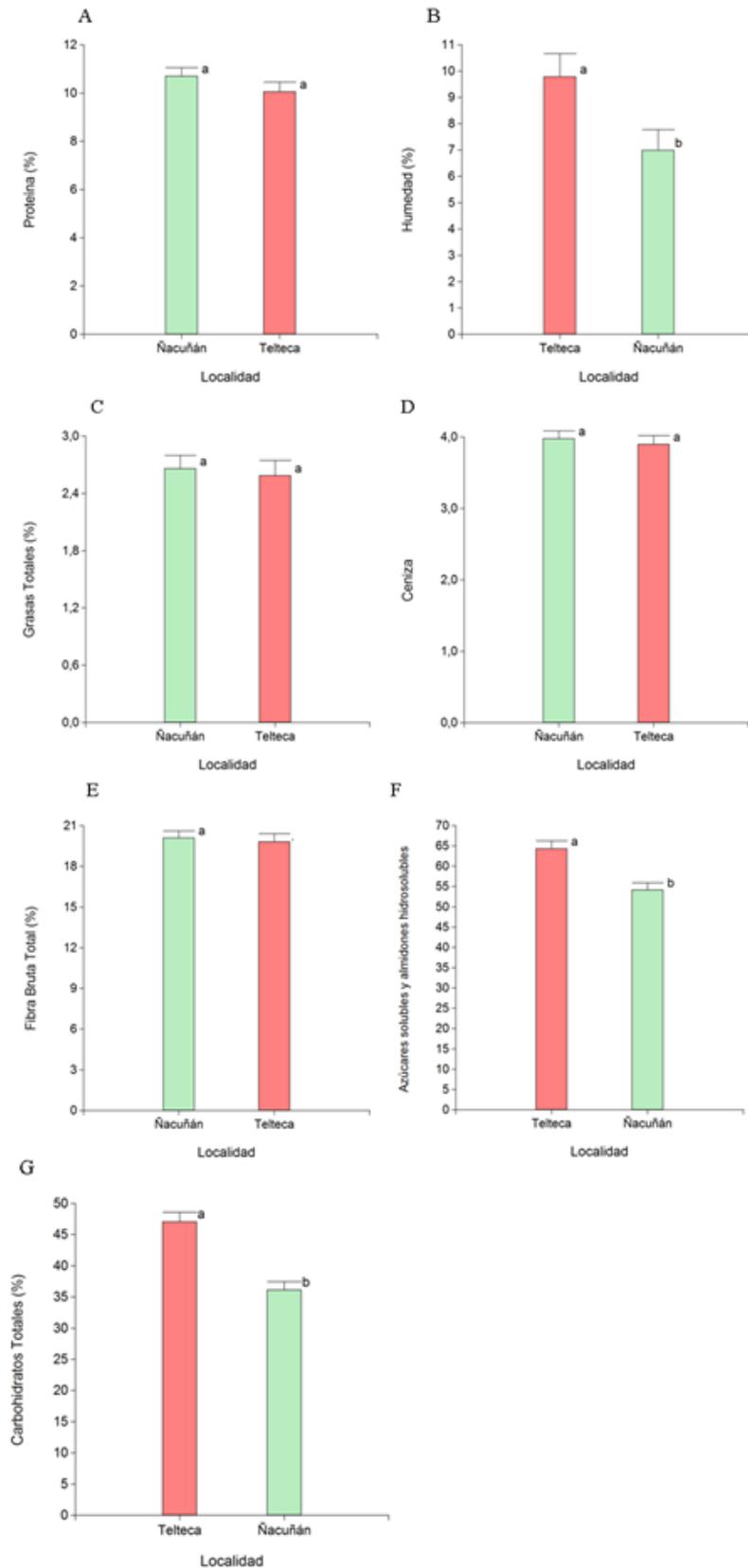


Figura 15. Parámetros químicos en harina de *P. flexuosa* del Sur. De izquierda a derecha: A) Proteínas, B) Humedad, C) Grasas totales, D) Cenizas, E) Fibra bruta total, F) Azúcares solubles y almidón hidrolizable y G) Carbohidratos totales. Las barras representan la media \pm el error standard de la media. Letras diferentes indican diferencias significativas entre las poblaciones según el test de Tukey. Se analizaron 25 muestras de harina.

II.3.3 Relación entre las variables químicas de la harina del sur (Ñacuñán, Telteca y Santa Rosa) y su procedencia

II.3.3.1 Análisis de componentes principales

En el Análisis de Componente Principales (ACP) se realizó con los datos obtenidos de las muestras de harina (29) de Ñacuñán, Telteca y Santa Rosa, considerando 7 variables (Proteínas totales, fibra bruta total, ceniza, humedad, grasas totales, azúcares solubles y carbohidratos totales). Los dos componentes principales extraídos explican el 100% de la varianza total de las muestras. El primer componente principal (CP1) representó el 60% y el segundo componente (CP2) el 40% de la variabilidad total de los datos (**Fig 16**). La CP1 estuvo representada principalmente por las variables: azúcares solubles, carbohidratos totales, humedad y grasas. La CP2 por la fibra bruta, la ceniza y proteínas.

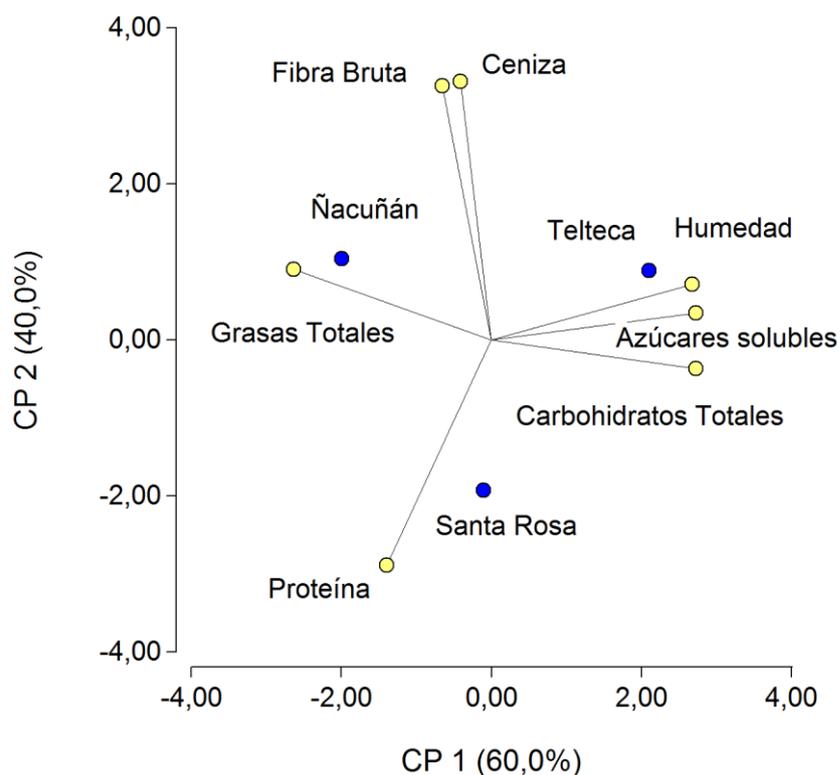


Figura 16. Gráfico de Componentes Principales para las diferentes características químicas de las vainas de algarrobo por procedencia.

En el gráfico anterior se pueden distinguir la procedencia de Telteca de Ñacuñán, según el CP 1. Se reafirma lo obtenido en el ANOVA, ya que se observa que las muestras de Telteca

ubicada a la derecha del gráfico, está caracterizada principalmente por tener mayor contenido de carbohidratos (solubles y totales) y de humedad. En la parte izquierda del gráfico, formado por las muestras procedentes de Ñacuñán representadas por un alto contenido en grasas. Santa Rosa en cambio, no se diferencia por las variables anteriores, si a través del CP 2 presentando bajo contenido en fibra bruta y ceniza y alto porcentaje de proteínas, comparada con la harina de Ñacuñán y Telteca.

II. 4 DISCUSIÓN

Esta investigación aporta a la ciencia básica y aplicada generando conocimientos sobre las propiedades químicas y nutricionales de la harina de algarrobo de diferentes procedencias. Se realizó además una comparación de las propiedades químicas de la harina de *P. flexuosa* y de *P. chilensis*, ambas especies coexisten en la zona Norte de la región del Monte y no fueron previamente comparadas. Estas especies presentaron similares propiedades químicas, lo que sugiere que podrían utilizarse indistintamente para la elaboración de productos.

La harina de *P. flexuosa* tanto de la zona Sur como de la zona Norte presentaron propiedades químicas similares en sus valores, exceptuando por el contenido de grasa que fue mayor en la harina del Sur ($2,60 \pm 0,08$ %). Las grasas, en relación con las propiedades organolépticas, constituyen un componente importante dado que intensifican el flavor (Freyre *et al.*, 2003). Según Mom (2012), la harina de *P. flexuosa* analizada (Norte y Sur) tuvo menor contenido de proteínas y carbohidratos, y similar contenido de cenizas. Y la harina de la zona Sur presentó mayor porcentaje de grasa. Según lo registrado por Llano *et al.* (2012) para *P. flexuosa*, la harina analizada tuvo mayores contenidos de fibra bruta y humedad, y menores valores de hidratos de carbono. El contenido de grasas fue similar para la harina de la zona Sur y menor para la harina de la zona Norte.

La harina obtenida de los frutos de *P. chilensis*, respecto a la bibliografía, exhibieron menor contenido en grasas y carbohidratos, y mayor valores de cenizas (Mom, 2012). En cuanto, al contenido de cenizas cuantificadas en este trabajo ($3,92 \pm 0,14$ %), se observó que duplica

los valores establecidos en harinas convencionales, como las de trigo integral y de maíz (1,7 y 1,1 %, respectivamente) (Surco Almendras, J.C & Alvarado Kirigin, J.A. 2010). Esto evidencia un mayor aporte de minerales por las harinas de *P. chilensis* y *P. flexuosa* como nutrientes de calcio y de hierro (además de potasio y magnesio) que las harinas convencionales.

Al comparar las propiedades químicas de la harina de frutos de *P. flexuosa* de Ñacuñán y Telteca, tanto con el ANOVA como el ACP, Telteca se diferenció de Ñacuñán por que presentó los mayores valores de carbohidratos totales y solubles y humedad. Las diferencias con respecto a los azúcares solubles y carbohidratos presentadas en Telteca podrían deberse a que *P. flexuosa* crece bajo condiciones de mayor estrés hídrico y salino. Diversos estudios han descubierto una fuerte correlación entre la concentración de azúcares solubles y la tolerancia al estrés (Tofiño A. *et al.*, 2007; Yuanji Wang *et al.*, 2019)

II.5 CONCLUSIONES

Los resultados expuestos en este capítulo, señalan que los análisis químicos de la harina de los frutos de *P. flexuosa* y *P. chilensis* tienen atractivas propiedades nutricionales. Presentaron buen contenido de proteínas y de carbohidratos y alto contenido en fibra, interesante para proveer tanto al hombre como a los animales de una fuente alternativa de nutrientes, como fue sugerido por los estudios de Mom, 2012. Concluimos, que las harinas de ambas especies podrían tener la misma utilidad para la elaboración de productos, aprovechando su potencial en fibra. Además, como dato inédito, comparando la harina de *P. flexuosa* de la zona Sur, Telteca exhibió mayor contenido de azúcares solubles y carbohidratos que la procedente de Ñacuñán y esto podría relacionarse con la tolerancia al estrés hídrico de los algarrobos.

-CONSIDERACIONES GENERALES-

Finalmente los resultados obtenidos en esta tesis basados en los análisis de morfología y de la composición química y propiedades nutricionales de *P. flexuosa* y *P. chilensis* nos demuestran que existe gran variabilidad entre procedencias y entre individuos, en cuanto a las características morfológicas de los frutos de ambas especies a lo largo del gradiente geográfico del Monte. Además, que la variabilidad en los frutos de *P. flexuosa* se asoció a la posición geográfica, ya que las vainas procedentes del Norte tuvieron mayor tamaño, elevado peso seco y mayor ancho comparadas con las procedentes del Sur. En relación a la caracterización química de las harinas de ambas especies no presentaron relevante variación en cuanto a sus propiedades nutricionales a lo largo de la Región del Monte. La harina de Telteca se diferenció de la de Ñacuñán con mayores cantidades de azúcares solubles y totales.

Las limitaciones que se presentaron en la investigación se basaron en la cantidad y diversidad de análisis químicos que se pudieron llevar a cabo debido a los costos de las mediciones, así como también dificultades en las mediciones morfológicas debida a la fragilidad de los frutos en su manipulación y problemas de ataque de insectos.

A futuro se podría continuar con esta investigación realizando la misma caracterización morfológica en frutos de árboles de las procedencias analizadas ubicadas en un jardín común, para conocer así, si la variabilidad estudiada se debe a condiciones ambientales o a causas genéticas. Además, sería importante realizar análisis químicos más específicos (fibra dietaria, clasificación de los azúcares y de ácidos grasos, minerales presentes, taninos, entre otros) en frutos de las mismas procedencias para seguir aportando al conocimiento de las propiedades nutricionales.

Un tema que consideramos esencial para investigar es cuantificar la producción de vainas y la variabilidad del éxito reproductivo en el espacio y tiempo. La información de productividad

de frutos y su variabilidad es relevante a fines de planificar la gestión del uso de productos forestales no maderables de los bosques de Algarrobo.

BIBLIOGRAFÍA

Abraham de Vázquez, E.M. & Prieto, M.R. 1981. Enfoque diacrónico de los cambios ecológicos y de las adaptaciones humanas en el NE árido mendocino. Cuaderno N° 8. Ed. CEIFAR-CONICET-UNC, Mendoza. p. 108-139.

Aedo Bendek, R. 2007. Tesis: Factibilidad técnico-económica de generar productos alimenticios a partir del fruto de Algarrobo Chileno (*Prosopis chilensis* Mol. Stuntz) para la alimentación humana o animal. Universidad Austral de Chile.

Altamirano, G. 2012. Variedad de frutos y semillas en las especies del género *Prosopis* presentes en Chile. Corporación Nacional Forestal. Chile. Documento Técnico n° 208. p.12.

Alvarez J.; Villagra P.E. *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). 2009. Kurtziana. Tomo 35 (1): p.49-63

Ayala, F. 1978. The mechanisms of evolution. Scientific American, 239(3): p.56-69.

Barros, S. 2010. El género *Prosopis*, valioso recurso forestal de las zonas áridas y semiáridas de América, Asia y África. Ciencia e Investigación Forestal. Instituto Forestal, Chile. Vol. 16.

Bigne, F. 2016. Aplicación de harina de fruto de algarrobo en el desarrollo de productos panificados saludables. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata.

Boeri et al. 2017. Caracterización nutricional de la harina integral de algarroba (*Prosopis alpataco*) de la norpatagonia Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata (2017) Vol 116 (1): 129-140.

Brizuela, M.M.; Burghardt, A.D.; Tanoni, D y Palacios, R.A. 2000. Estudio de la variación morfológica en tres procedencias de *Prosopis flexuosa* y su manifestación en cultivo bajo condiciones uniformes. Multequina. Vol 9.

Burkar, A. 1976. A monograph of the Genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). Journal of the Arnold Arboretum. Harvard University. Vol. 57. p 219 -249.

CAA 2015. Código Alimentario Argentino, Capítulo IX: Alimentos farináceos – cereales, harinas y derivados. ANMAT.

Capparelli, A. 2007. Los productos alimenticios derivados de *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz y *P. flexuosa* DC., Fabaceae, en la vida cotidiana de los habitantes del NOA y su paralelismo con el algarrobo europeo. Kurtziana 33 (1). Volumen especial de Etnobotánica, p.1-19.

Carrascal Cañizares, A.J; Criado Montagut, L.; Coronado, J.E.; Peñalosa, J.J.; Sánchez, J.A. 2016. Análisis químico y proximal de alimentos para animales-sistema Weende. Universidad Francisco de Paula Santander. Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente. Disponible en: <http://nutriciongenertal.blogspot.com/2016/07/informe-de-laboratorio-analisis-quimico.html>

Castillo, E.M; Tarnowski, C.G. 2011. El cultivo experimental de *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. en el Pedemonte de las Yungas. INTA EEA Yuto.

Cony, M. A., & Trione, S.O. 1996. Germinación bajo estrés hídrico y salino de dos especies nativas de algarrobo. Su variabilidad genética. Actas XXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. Mendoza. p. 130-131.

De Beer, J. H. & McDermott, M. 1989. The Economic Value of Non-Timber Forest Products in South-East Asia. The Netherlands Committee for UICN. Amsterdam. p 197.

Diaz, C., Glibota, G. y Brachna, D. 2002. Influencia de la temperatura sobre los azúcares totales, humedad y tiempo en el tostado de las harinas de algarrobo.

Donoso Zegers, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: variación, estructura y dinámica. Editorial Universitaria, Santiago. p. 485.

Duff, A. B.; Meyer, J. M.; Pollock, C. & Felker, P. 1994. Biomass production and diameter growth of nine half-sib families of mesquite (*Prosopis glandulosa* var. *glandulosa*) and a fast growing *Prosopis alba* half-sib family grown in Texas. Forest Ecology and Management 67: 257/266.

Fagg, C. y Stewart, J. 1994. The value of *Acacia* and *Prosopis* in arid and semiarid environments. Journal of Arid Environment 27: 3-25.

FAO, 2013. F.A.O. 2013. Bosques de las zonas áridas: Bosques y actividades forestales en las zonas áridas. Disponible en: [<http://www.fao.org/forestry/aridzone/es/>]

FAO, 1997, *Prosopis chilensis*. In: Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas de América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas N°12. Santiago, Chile. 347 p.

Felker, P. 2009. Unusual physiological properties of the arid adapted tree legume *Prosopis* and their applications in developing countries. In: Perspectives in Biophysical Plant Ecophysiology: A Tribute to Park S. Nobel. Eds. E. De la Barrera y W.K. Smith. Book Compilation. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. p. 221-255.

Fontana, M. L.; Pérez, V. R.; Luna, C. V. 2015. Influencia de la procedencia geográfica sobre los parámetros morfométricos de semillas de *Prosopis alba*. Multequina. Vol. 24. p. 33-45.

Fontana, M.L. 2019. Tesis: Evaluación de parámetros de calidad en semillas y plantas de *Prosopis alba* de distintas procedencias. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Agrarias.

Freyre, M., Astrada, E., Blasco, C., Baigorria, C., Rozycki, V., Bernardi, C. 2003. Valores nutricionales de frutos de vinal (*Prosopis ruscifolia*): consumo humano y animal. Cienc. Technol. Aliment., 4 (1) p. 41 - 46.

Galera, F. 2000. Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Argentina: FAO. Disponible en: [<http://www.fao.org/3/AD314S/AD314S00.htm>]

Giamminola, E.M. y de Viana, M.L. 2013. Caracterización morfológica de frutos y semillas de dos accesiones de *Prosopis nigra* (Griseb) Hieron. y *Caesalpinia paraguariensis* (D.Parodi) Burkart., conservadas en el banco de Germoplasma de Especies Nativas de la Universidad de Salta, Argentina. Instituto de Ecología y Ambiente Humano.

González Galán, A. et al. 2008. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* spp. procedente de Bolivia y Brasil. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Vol. 58, N° 3. p. 309 -314.

Guo, H., Mazer, S. J. y Guozhen, D. 2010. Geographic variation in seed mass within and among nine species of Pedicularis (Orobanchaceae): effects of elevation, p.1242.

Hernández-Verdugo, S.; Porras, F.; López-España, R.G.; Villarreal-Romero, Parra-Terraza, M. S. y Osuna-Enciso, T. 2012. Caracterización y variación ecogeográfica de poblaciones de chile silvestre del noroeste de México. Polibotánica 33:175-191

Joseau, J; Verga, A.; Díaz, M. 2005. Los Recursos Genéticos de *Prosopis*. IDIA XXI, Año V, nº 8, Julio de 2005. p. 207-211.

Jorratti De Jiménez, M.; Di Barbaro, G.; Candia, E. y Vieyra, E. 2011. Caracterización morfológica de semillas y plántulas de tres especies de algarrobos (*Prosopis chilensis*, *P. flexuosa* y *P. nigra*). Estudios preliminares. Biología en Agronomía 1(2): 16-23.

Karlin, U.O.; Catalán, L. A. y Coirini, R. O. 1994. ¿Cuales son los “renovables” recursos naturales del Chaco? En la naturaleza y el Hombre en El Chaco Seco. Colección Nuestros Ecosistemas. Proyecto GTZ Desarrollo Agroforestal en Comunidades Rurales del Noroeste Argentino. p. 162.

Llano, C. et al. 2012. Arqueología experimental y valoración nutricional del fruto de algarrobo (*Prosopis flexuosa*): inferencias sobre la presencia de macrorrestos en sitios arqueológicos. Intersecciones en Antropología 13. p. 513-524.

Lomas Mercado, K. K. 1997. Caracterización nutricional del algarrobo (*Prosopis* spp.) en el Departamento de Cochabamba. Tesis de grado: Licenciatura en Biología. UMSM. Bolivia.

Luchini, L. 2014. Harina de Algarrobo. Herencias para Valorar. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Alimentos Argentinos. Disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/pdfs/60/8.pdf>

Mantovan. 2005. Tesis Doctoral: Variabilidad intra-específica de *Prosopis flexuosa* DC. var. *flexuosa* en el Monte. Su estudio morfo-fisiológico. UNCUYO.

Martínez de Escobar, S.; Neira, P. y Lucero, P. 2015. Algarroba, Alimento Ancestral. Manejo sustentable y participativo de los bosques nativos en el valle del Bermejo, San Juan. Grupo de estudio de naturaleza y cultura en el árido (gencu). Argentina.

Mom, M.P. 2012. Tesis doctoral: Caracterización estructural y propiedades funcionales de las harinas de los frutos de *Prosopis alba* Griseb., *P. chilensis* (Molina) Stuntz emend. Burkart y *P. flexuosa* DC. Desarrollo de un proceso de secado, molienda y mezcla para optimizar la calidad del producto. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Moreno, C. et al. 2018. Nuevos aportes al uso de *Prosopis flexuosa* en el centro oeste de Argentina y su interpretación en el marco general de la ecorregión del monte. Revista Etnobiología. Vol 16, Num. 3. p. 18-35.

Nattero, J., Sérsic, A.N. y A.A. Cocucci (2011). Geographical variation of floral traits in *Nicotiana glauca*: relationships with biotic and abiotic factors. Acta oecologica 37: 503-11.

Nooryazdan, H.; H. Serieys, R. Baciliéri y J. David, 2010. “Structure of wild annual sunflower (*Helianthus annuus* L.) accesions based on agromorphological traits. Gen. Res. Crop Evol., 57:27-39.

Perosa, M.; Rojas, F.; Villagra, P.E; Tognelli, M.F.; Carrara, R.; Alvarez, J.A. 2014. Distribución potencial de los bosques de *Prosopis flexuosa* en la Provincia Biogeográfica del Monte (Argentina). *Ecología Austral* 24:238-248. Asociación Argentina de Ecología.

Perosa, M. 2010. Tesis: Distribución potencial de los bosques de *Prosopis flexuosa* en la Provincia Biogeográfica del Monte, desde Catamarca hasta Mendoza (Argentina). Facultad de Ciencias Agrarias, Mendoza.

Prokopiuk, D.; Cruz, G.; Grados, N.; Garro, O.; Chiralt, A. 2000. Estudio comparativo entre frutos de *Prosopis alba* y *Prosopis pallida*. *Multequina* 9: 35-45.

Polini, G. y Romero López, R. 2011. Comer del monte: revalorando el uso del algarrobo. Cooperación Internacional, Paraguay.

Roig, F. A. 1987. Árboles y Arbustos de *Prosopis flexuosa* y *P. alpataco*. *Parodiana* 5 (1): 49-64.

Roig, F. A. 1993. Informe Nacional para la Selección de Germoplasma en Especies del Género *Prosopis* de la República Argentina., En IADIZA, ed. Contribuciones Mendocinas a la Quinta Reunión de Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Forestación del CIID. Conservación y Mejoramiento de Especies del Género *Prosopis*., 1-36. IADIZA-CRICYT-CIID, Mendoza, Argentina.

Sciammaro, L.P. 2015. Tesis: Caracterización fisicoquímica de vainas y harinas de algarrobo (*Prosopis alba* y *Prosopis nigra*). Aplicaciones en productos horneados y fermentados.

Shao, G., P.N. Halpin, 1995. "Climatic control of eastern North American coastal tree and shrub distribution". *Biogeograph*. p. 1083-1089.

Silva, M.; Martínez, M.; Coirini, R.; Brunetti, M.; Balzarini, M.; Karlin, U. 2000. Valoración nutritiva del fruto del algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) bajo distintos tipos de almacenamiento. *Multequina* 9. p. 65-74.

Solís-Neffa, V.G. 2010. "Geographic patterns of morphological variation in *Turnera sidoides* subsp. *pinnatifida* (*Turneraceae*)". *Plant Syst. Evol.*, 284: 231-253.

Solorio R., I. 2004. Evaluación de daños por gorgojo (*Algarobius prosopis* Le Conte) en vainas de mezquite (*Prosopis* spp) de la comarca lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 3:111-114

Souza, A.F.; de Matos, D.U; Forgiarini, C.; Martínez, J. 2010. "Seed crop size variation in the dominant South American conifer *Araucaria agustifolia*". *Acta ecológica*, 36: 126-134.

Surco Almendras, J.C & Alvarado Kirigin, J.A. 2010. Harinas Compuestas de Sorgo-Trigo para Panificación. *Rev. Bol. Quim.* vol.27, p. 19-28

Tofiño A. *et al.*, 2007. Efecto del estrés abiótico sobre la síntesis y degradación de almidón. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 25(2), 245-254

Verga, A. 2000. Clave para la identificación de híbridos entre *Prosopis chilensis* y *P. flexuosa* sobre la base de caracteres cuantitativos. *Multequina* 9: 17-22.

Verga et al., 2005. "El Proyecto Algarrobo del INTA", IDIA XXI, Año V, Nº 8, Julio de 2005. p. 201- 206.

Verga, A. & Gregorius H.R. 2007. "Comparing morphological with genetic distances between populations: A new method and its application to the *Prosopis chilensis* – *P. flexuosa* complex". *Silvae Genetica*, 56 (2), 45-51.

Verga, A.; M. Navall; J. Joseau; O. Royo; W. Degano. 2009. Caracterización morfológica, distribución geográfica y estimación de nichos ecológicos de algarrobos (*Prosopis* sp.) en las regiones fitogeográficas Chaqueña y Espinal norte de Argentina. *Quebracho*. 17: 31-40.

Villagra, P.E.; Cony, M.A.; Mantován, N.G.; Rossi, B. E.; González Loyarte, M. M.; Villalba, R; Marone, L. 2004. Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP)

Villagra P. 2000. Los Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina*. Vol. 9. p. 35 -51. Mendoza. Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas.

Yuanji Wang *et al.*, 2019. Effects of soil water stress on fruit yield, quality and their relationship with sugar metabolism in 'Gala' apple. *Scientia Horticulturae*. Vol 258.