

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN CARACTERES REPRODUCTIVOS DE UNA  
COLECCIÓN DE *MELILOTUS ALBUS* MEDIK EN PERGAMINO, BUENOS AIRES**

Trabajo Final de Grado

de la alumna

**JULIETA MOSCA**

Este trabajo ha sido presentado como requisito  
para la obtención del título de

**Ingeniero Agrónomo**

Carrera

**UNNOBA**

**Ingeniería Agronómica**

*Reforma Universitaria  
15 Junio 1918*

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.**

**Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Pergamino, 19 de Febrero de 2019

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN CARACTERES REPRODUCTIVOS DE UNA  
COLECCIÓN DE *MELILOTUS ALBUS* MEDIK EN PERGAMINO, BUENOS AIRES**

Trabajo Final de Grado

de la alumna

**JULIETA MOSCA**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

Lic. MSc. Roque Hernán  
Guillén  
**Evaluador**

Ing. Agr. MSc. Mariela  
Luciana Acuña  
**Evaluador**

Ing. Agr. MSc. Omar  
Scheneiter  
**Evaluador**

Ing. Agr. MSc. Ivana  
Varea  
**Director**

**Dra. Adriana Andrés**  
**Co-Director**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,**

**Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Pergamino, 19 de Febrero de 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mi Directora Ivana Varea y Co-Directora Adriana Andrés por su apoyo y dedicación, por sus valiosos aportes y por su paciencia en la realización de este trabajo.

A la EEA INTA Pergamino y al grupo de trabajo de mejoramiento de especies forrajeras, especialmente a Nelson Fioravanti y Javier Lavandera por su colaboración para llevar a cabo los ensayos.

A la Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires por formarme profesionalmente.

A mis padres y hermana, por demostrarme la incondicionalidad de su amor al aceptar mis decisiones y apoyarme en cada una de ellas.

A mis abuelos, Juan y Nelly, por haberme enseñado tanto con el ejemplo de sus vidas y por el orgullo de sentirme hoy reflejada en ellos.

A mi marido Matías y hijo Lorenzo por la paciencia y por pintarle tantas sonrisas a mi vida.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
La Especie en estudio: origen, taxonomía y descripción botánica.....	1
Aspectos agronómicos y productivos.....	3
Producción de semillas.....	4
Variabilidad feno-genotípica y su caracterización.....	4
El mejoramiento genético de <i>Melilotus albus</i> en Argentina.....	6
<b>HIPOTESIS</b> .....	7
<b>OBJETIVOS</b> .....	7
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	8
Germoplasma evaluado.....	8
Acondicionamiento y trasplante del cultivo.....	9
Diseño experimental.....	10
Caracteres evaluados.....	12
Análisis de la información.....	14
Prueba de distribución normal .....	14
Análisis de variabilidad genética.....	14
Estimación de los componentes de la variancia.....	15
Estimación de la heredabilidad.....	16
Estimaciones de correlaciones fenotípicas.....	16
Análisis multivariado.....	17
<b>RESULTADOS</b> .....	18
Caracterización agronómica.....	18

Estimación de parámetros genéticos.....	23
Correlaciones fenotípicas.....	24
Análisis multivariado.....	24
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>34</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>41</b>

## RESUMEN

En las últimas décadas, la producción ganadera en Argentina se ha visto progresivamente desplazada hacia zonas restrictivas de menor aptitud como consecuencia de la expansión de cultivos extensivos. Las especies que constituyen la base del sistema forrajero tradicional están en general poco adaptadas a las zonas restrictivas, lo que genera la necesidad de estudiar especies que se adapten a estos ambientes. *Melilotus albus* Medik, es una leguminosa alógama ampliamente adaptada a diversos ambientes y con elevada producción de forraje y semillas, poco explorada genéticamente. Entre los objetivos a seleccionar en la especie se destacan una mayor relación hoja/tallo, un menor porte de planta y menor número de ramificaciones, para aumentar la foliosidad y productividad forrajera, sin afectar la producción de semillas. El objetivo del presente estudio fue caracterizar genética y agronómicamente una colección de *Melilotus albus* Medik en caracteres de producción de semillas en Pergamino, Buenos Aires. Para ello, 5 familias de medio hermanos (FMH) tolerantes a salinidad, 2 ecotipos y 1 cultivar comercial se dispusieron en un ensayo en bloques completos al azar con 3 repeticiones dispuestos en condición de planta aislada. Los caracteres evaluados fueron altura de planta, número de ramas, hábito de crecimiento, días a floración, peso de mil semillas y peso total de semillas/planta. Para el análisis de los datos se aplicó estadística descriptiva y análisis de agrupamientos con el software Infostat. Para las FMH tolerantes a salinidad se estimaron los componentes de varianza y heredabilidad en sentido estricto. Los resultados demostraron diferencias significativas entre los genotipos evaluados y la estimación de heredabilidad evidenció un importante componente genético aditivo. Las FMH 2, FMH 5 y el Ecotipo Logroño mostraron el mejor grado de asociación entre los componentes de rendimiento de semillas y se destacaron por expresar una mejor relación hoja/tallo, un menor porte de planta y menor número de ramificaciones, con elevada producción de semillas, motivo por el cual podrían integrar una nursery de un programa de mejoramiento genético de *Melilotus albus* cuyo objetivo fuera obtener cultivares superiores al cv El Domador.

## INTRODUCCIÓN

En Argentina las pasturas son uno de los componentes principales en la alimentación del ganado bovino, el que en los últimos años fue reordenado en ambientes de menor potencial productivo por efecto de la expansión agrícola. Como consecuencia, se han definido nuevos escenarios productivos para la ganadería, que exigen, por un lado, la intensificación sustentable en el uso de los recursos forrajeros y, por el otro, la necesidad de ofrecer tecnologías específicas para la producción de pasturas en condiciones marginales. En base a lo anterior, surge la necesidad de aumentar el interés en la producción de cultivos como el trébol de olor blanco y lograr recuperar campos para pastoreo en diversas áreas marginales de Argentina (Acuña *et al*, 2015). En particular en la región pampeana, la mayor densidad de ganado se concentra en la Depresión del Salado, en suelos con graves limitantes edáficas caracterizados por la presencia de salinidad. La salinidad del suelo es uno de los principales factores abióticos que afecta la productividad de los cultivos, limitando su crecimiento y rendimiento (Yamaguchi y Blumwald 2005, Ashraf 2009).

Una de las herramientas para mejorar la productividad y la adaptabilidad de las pasturas en ambientes marginales para la agricultura es el desarrollo de cultivares de amplia productividad forrajera y de semillas (Andrés y Rosso, 2007), a través de la caracterización agronómica de la especie. Entre las especies de mayor importancia para los ambientes restrictivos se destaca *Melilotus albus* Medik, comúnmente denominada "trébol de olor blanco", leguminosa forrajera bienal de gran productividad, con amplia variabilidad genética y amplia adaptación a los mosaicos ambientales.

### **La Especie en estudio: origen, taxonomía y descripción botánica**

*Melilotus* spp. pertenece al Orden Fabales, Familia Fabaceas, Subfamilia Papilionoideas, Tribu Trifolieas, y está compuesta por 20 especies, de las cuales solo tres tienen importancia económica, *M. officinalis* (L) Lam. "trébol de olor amarillo", *M. albus* Medik. "trébol de olor blanco" y *M. indicus* (L) All. "trébol de olor común". *Melilotus albus* es una especie originaria de Asia Central, se introdujo a América del Norte a principios de la Siglo XVIII (Smith y Gorz 1965; Goplen y Gross 1984) e ingresó a nuestro país en la década del '50, procedente de Estados Unidos (Martino, 1990). Tanto *M. albus* como *M.*

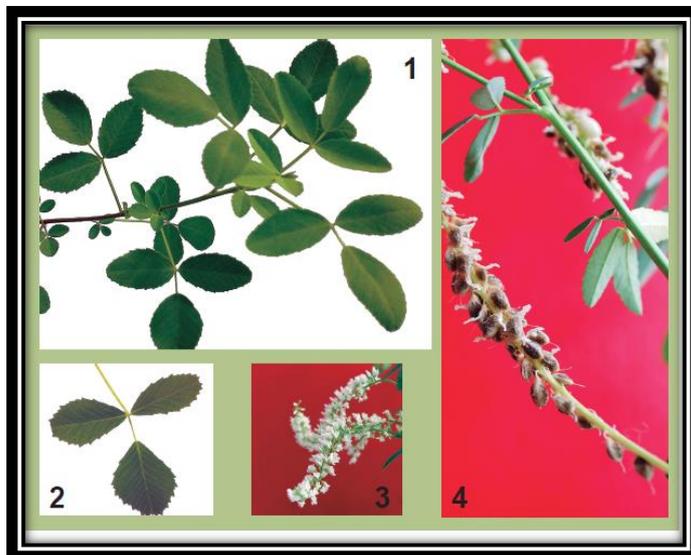
*officinalis* son las dos especies cultivadas como forrajeras y melíferas que, dada su adaptación al ambiente, han llegado a naturalizarse en un amplio territorio de nuestro país.

*Melilotus albus* es una especie conocida vulgarmente como “trébol de olor de flor blanca” que se caracteriza por tener un aroma particular, de ahí su nombre vulgar, conferido por una sustancia denominada cumarina. Ésta sustancia aumenta su concentración hacia la floración. Es una especie diploide de número básico  $x=8$  ( $2x=16$ ) (Darlington y Janak, 1945; Kita, 1965) y no se conocen poliploides naturales. Existen dos formas botánicas: *Melilotus albus* var. *botanica annua* Coe y otra *Melilotus albus* var. *botanica albus* Medik.

Desde el punto de vista botánico, las plántulas poseen cotiledones oblongos y la primera hoja es unifoliada, y el resto de las hojas (Figura 1) son pinnado trifoliadas, alternas, pecioladas. Los folíolos son subcarnosos, de color verde oscuro a veces glauco, de borde finamente dentado. En general las plantas adultas son de porte erecto y semierecto, ramificadas, pudiendo alcanzar hasta 2 m de altura. Su sistema radical se caracteriza por presentar un eje principal pivotante, grueso, con algunas ramificaciones. Los tallos son erguidos, ascendentes, que se lignifican a medida que avanza la madurez. Poseen inflorescencias en racimos axilares simples, pedunculados. Las flores son pequeñas, cortamente pediceladas, con corola papilionoidea, blanca o amarilla según especie (Maddaloni y Ferrari, 2005). El fruto es un utrículo 1-2 seminado, péndulo globoso, u ovalado, apiculado. El utrículo es indehiscente o tardíamente dehiscente, y se desprenden fácilmente de la infrutescencia a la madurez. Las semillas son pequeñas de forma ovoidal acorazonada, achatada. Las 1.000 semillas de melilotus pesan aproximadamente 1,7 a 1,8 g.

Figura 1: Morfología de *Melilotus albus*. 1) tallo con hojas alternas y pecioladas; 2) hoja compuesta por folíolos denticulados; 3) inflorescencias con flores dispuestas en racimos laxos; y 4) frutos inmaduros.

Fuente: Dr. Ariel Odorizzi y Mg. Valeria Arolfo en: Lopez *et al.*, 2016.



## Aspectos agronómicos y productivos

*Melilotus albus* se cultiva en Argentina como forrajera mejoradora del suelo y se la utiliza en pastoreo directo produciendo abundante forraje en épocas críticas como en fin del invierno y el comienzo de la primavera (Andrés y Lavandera, 2012). Es una leguminosa muy utilizada en recuperación de suelos, ya que tiene la capacidad de acumular y liberar grandes cantidades de nitrógeno y materia orgánica (Maddaloni y Ferrari, 2005). Se desarrolla tanto en suelos pesados, alcalinos-sódicos, como en aquellos arenosos y en suelos francos con aptitud agrícola. Tolerancia considerable de alcalinidad y sequía (Smith y Gorz, 1965). Sin embargo, no tolera suelos ácidos, ni tampoco inundaciones prolongadas. En suelos demasiado pesados y con exceso de humedad por mal drenaje, las plantas amarillean y no alcanzan a florecer.

Presenta un ciclo productivo otoño-invierno-primaveral y florece en primavera, aunque el biotipo La Merced es de floración más tardía y produce forraje durante el verano. El manejo de la defoliación, sea mecánico o con animales, tiene influencia sobre la calidad del forraje, la productividad y la persistencia de esta especie. Se utiliza mayormente en pastoreo directo y en algunos casos como abono verde. La conservación de forraje henificado presenta problemas por su baja calidad y riesgo de toxicidad por

cumarina. Es más conveniente para henificar utilizar el forraje del primer año ya que se obtiene un forraje con un buen valor nutritivo por la menor presencia de tallos lignificados (Maddaloni y Ferrari, 2005). La evidencia empírica resalta la importancia del uso de la especie en sistemas ganaderos que emplean pastoreos intensos –pero no frecuentes– entre los meses de agosto y diciembre, donde se necesita la disponibilidad de forraje de alta calidad, particularmente a la salida del invierno.

### **Producción de semillas**

La especie tiene un elevado potencial reproductivo donde cada planta es capaz de producir grandes cantidades de semillas (14.000 a 350.000 semillas por planta). Las semillas se pueden mantener viables en el suelo por más de 20 años. Las plantas tienen una elevada fertilización cruzada y muy poca incidencia de auto fertilización. No existen antecedentes de crecimiento vegetativo luego de cortes o pastoreo. Estudios realizados en Australia (Hughes, 2009) indican que para maximizar la producción de semillas y promover la regeneración del cultivo, los cortes o pastoreos deben suspenderse en diciembre y retomarlos en marzo. En términos generales en el segundo año después del establecimiento del cultivo se regeneran un promedio 3,5 plántulas/m<sup>2</sup>, aunque estos valores declinan rápidamente en los años sucesivos. En fuego estimula la germinación de las semillas. La especie tiene un amplio potencial de dispersión a través de semillas, ya sea por viento o por agua.

En Argentina existen escasos estudios de la variabilidad genética en caracteres de rendimiento de semilla de la especie. Motivo por el cual es importante aportar información de valor en estos aspectos para aportar a futuros programas de mejoramiento genético.

### **Variabilidad feno-genotípica y su caracterización**

La variabilidad fenotípica y genotípica puede ocurrir en caracteres morfológicos, fisiológicos, bioquímicos y/o fenológicos, en cualquier etapa del ciclo de vida del individuo (Primack y Kang, 1989). La variación puede darse a distintos niveles de organización biológica, entre especies y dentro de especies. La variación intraespecífica se expresa entre poblaciones (interpoblacional), entre individuos dentro de las poblaciones (intrapoblacional) y dentro de individuos (heterocigocis) (Snaydon, 1985). El rango de variabilidad puede extenderse desde polimorfismos conspicuos (por ejemplo: color de flor)

hasta variaciones moleculares invisibles (por ejemplo: constitución de proteínas) (Ernst, 1987).

Se ha comprobado que la mayoría de las poblaciones de pasturas naturalizadas que demuestran una elevada adaptación a diferentes ambientes son una fuente muy importante de variabilidad, en particular en especies predominantemente alógamas (Peter-Schmid *et al.*, 2008). La cantidad de esa variación depende del tipo y la intensidad de selección que las poblaciones hayan experimentado previamente (Snaydon, 1978). Hay diversos factores que afectan la magnitud de la variación intraespecífica, entre los que se incluyen: (i) rango geográfico y ecológico de la especie, (ii) ubicación geográfica, (iii) edad evolutiva de la especie, (iv) sistema de reproducción, (v) heterogeneidad ambiental y (vi) longevidad. Dichos factores pueden variar en importancia o aun tener efectos opuestos, dependiendo del tipo de variación considerada.

En particular las poblaciones naturalizadas poseen una reserva de variabilidad genética que puede no expresarse fenotípicamente en sus ambientes normales, pero puede ser potencialmente expresada en otros ambientes y entonces ser aprovechada por la selección (Clausen y Hiesey, 1958). De este modo, los factores genéticos determinan la cantidad de variación genética disponible, mientras que los factores ecológicos determinan la cantidad de la misma que realmente persiste. Hay una considerable cantidad de evidencia acumulada que indica la importancia de los factores ecológicos, especialmente la heterogeneidad ambiental, para la determinación de la variación genética (Hedrick *et al.*, 1976). Así, la variación fenotípica observada dentro de una población es el producto tanto de la variabilidad genotípica como de las modificaciones plásticas de los individuos originadas en las pequeñas diferencias de sus ambientes (Heslop-Harrison, 1959).

La caracterización de la variabilidad fenotípica y genética en diversas especies forrajeras, se ha basado durante muchos años en la descripción de caracteres morfológicos y fisiológicos, básicamente por el interés que tienen este tipo de caracteres en la aplicación en programas de selección y desarrollo de cultivares.

La variabilidad de caracteres entre individuos de una especie es la base para los procesos de selección natural y mejoramiento genético por el hombre. Las características morfológicas de las plantas forrajeras (como por ejemplo hábito de crecimiento, aptitud

forrajera, altura de planta, número de macollos, entre otras) poseen un papel clave en su capacidad para adquirir recursos, en su habilidad competitiva y en su interacción con herbívoros (Quiroga, 2011). La altura de planta, el hábito de crecimiento y particularmente la fecha de floración presentan mayor respuesta a la selección artificial que caracteres como por ejemplo, la producción de materia seca (Aamlid, 1999).

Debido a la importancia que tiene en cualquier programa de mejoramiento genético la detección de variabilidad en genotipos y poblaciones (Andrés y Annone, 1995; Andrés y Bertin, 1999; Andrés *et al.*, 1999; Ruggieri *et al.*, 2001), la caracterización fenotípica y genotípica de ecotipos de *Melilotus albus* resulta de fundamental importancia para aportar información a futuros programas de selección.

### **El mejoramiento genético de *Melilotus albus* en Argentina**

Existen pocos cultivares inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares (RNC) (INASE, 2018). Entre los actuales se encuentran: “Baralbo”, “Munay” y “Yacay” y en el pasado han tenido difusión en la Argentina “El Domador MAG” obtenido por INTA Pergamino y el “Faraón”.

En los últimos años equipos de mejoradores de especies forrajeras de diversas Estaciones Experimentales Agropecuarias (EEA) del INTA han consolidado una red de selección en poblaciones naturalizadas de la especie, en diversos ambientes, entre los que participan EEA Pergamino, EEA Manfredi, EEA Concepción del Uruguay, EEA Rafaela y la UNNOBA. La caracterización agronómica, ya sea en caracteres de producción de forraje como de semillas, de las poblaciones de la especie es de gran utilidad para aportar conocimientos y germoplasma a nuevos programas de mejoramiento genético para la obtención de cultivares altamente productivos y tolerantes a ambientes restrictivos. Entre los objetivos principales de la selección en *Melilotus albus* se destacan el incremento de la relación hoja/tallo, y la reducción de la altura de la planta y del número de ramificaciones, ambos para mejorar su foliosidad y productividad forrajera, sin afectar la producción de semillas por planta.

## **HIPÓTESIS**

Existen diferencias genéticas y agronómicas en caracteres de producción de semillas entre familias, ecotipos y cultivares de *Melilotus albus* Medik.

## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar genética y agronómicamente una colección de *Melilotus albus* Medik en caracteres de producción de semillas en Pergamino, Buenos Aires.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar diferencias entre las familias, los ecotipos y los cultivares de *Melilotus albus* en dos ambientes edáficos en caracteres de producción de semillas.
- Estimar la varianza genética, ambiental, fenotípica y la heredabilidad de los caracteres evaluados en las familias de medio hermanos.
- Realizar correlaciones fenotípicas de los caracteres.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación tuvo como propósito caracterizar agronómicamente una colección de *Melilotus albus* Medik en dos ambientes, determinados por el tipo de suelo, un suelo *Argiudol típico serie Pergamino* (33° 54´ S y 60° 35´ O) (Ambiente A: pH=6,7) y un suelo *Natracualf típico* (33° 58´S y 60° 35´O) (Ambiente B: pH=9,4), durante 2016. Las condiciones climáticas durante ese año (exceso de lluvias) no permitieron realizar las evaluaciones en ambos ambientes en el mismo momento fenológico y en particular en el suelo *Natracualf típico* se produjo la pérdida de plantas, motivo por el cual se presentan los resultados de los dos ambientes para algunas variables (estadística descriptiva). Las estimaciones de variabilidad sólo se presentan para el ambiente A.

### **Germoplasma evaluado**

A partir de una nursery de 24 poblaciones provenientes del Banco Activo de Germoplasma de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Pergamino, se eligieron 18 plantas madres que originaron 18 familias de medio hermanos (FMH) de *M. albus* (nombradas consecutivamente de 1 a 18) y fueron evaluadas en un ensayo en invernáculo bajo condición de hidroponía para tolerancia a la salinidad (NaCl) en 2014 (Varea *et al*, 2016). Se seleccionaron las familias (FMH 2, 5, 6, 14 y 18) y se evaluaron en el año 2016 en el presente estudio.

El germoplasma evaluado consistió en las cinco familias de medio hermanos (FMH) tolerantes a la salinidad descritas anteriormente; dos ecotipos “La Sarita” y “Logroño” y un cultivar obtenido por INTA en 1963 “El Domador MAG” provistos por el Banco Activo de Germoplasma de EEA INTA Pergamino (Cuadro 1). Los ecotipos y el cultivar fueron incluidos como testigos del presente estudio, comparativamente con las FMH tolerantes a salinidad (Aguilar, 2018; Varea 2017 a y b) en proceso de selección.

Cuadro 1: Identificación del germoplasma y lugar de procedencia del material.

<b>Germoplasma</b>	<b>Lugar de origen</b>
<b>FMH 2</b>	Ayacucho, BA
<b>FMH 5</b>	Pergamino, BA
<b>FMH 6</b>	Santiago del Estero
<b>FMH 14</b>	Villegas, BA
<b>FMH 18</b>	Villegas, BA
<b>Ecotipo Logroño</b>	BAP *
<b>Ecotipo La Sarita</b>	BAP *
<b>Cultivar El Domador</b>	BAP *

\* BAP: Banco Activo de Germoplasma de EEA INTA Pergamino

### **Acondicionamiento y trasplante del cultivo**

El 18 de marzo de 2016 se sembraron en bandejas de germinación (speedling) las semillas de cada uno de los genotipos que integraron la colección. Las plántulas fueron mantenidas en invernáculo en la EEA Pergamino hasta que alcanzaron un tamaño 10 -15 cm. El 16 de abril de 2016 se repicaron en recipientes individuales de plástico (Figura 2) 10 plantas por genotipo, lo que significó un total de 80 plantas para cada ambiente edáfico (A y B). Entre el 10 de agosto y el 7 de septiembre de 2016, se trasladaron a cada ambiente los genotipos de la colección, y se aplicaron todos los cuidados necesarios para asegurar una correcta implantación.

Figura 2: Etapa en invernáculo, plántulas de *Melilotus albus* en vasos de plástico previo al trasplante a campo.



### Diseño experimental

El trasplante a campo se realizó utilizando un diseño de bloques completos aleatorizados (DBCA) con tres repeticiones (Figura 3). Se empleó la técnica de planta espaciada de Turesson (1922) con el fin de minimizar los efectos ambientales sobre los genotipos y que cada individuo exprese todo su potencial genético. Cada genotipo de la colección estuvo compuesto por 30 plantas (10 por repetición), dispuestas a 0,50 m entre plantas dentro de un mismo surco y a 1 m entre surcos, dejando un camino entre las repeticiones (Figura 4 y 5).

Figura 3: Etapa de campo, DBCA con 3 repeticiones de *Melilotus albus* en condiciones de planta aislada, en un suelo Argiudol típico.



Figura 4: Etapa de campo, DBCA con 3 repeticiones de *Melilotus albus* en condiciones de planta aislada, en un suelo Natracualf típico.

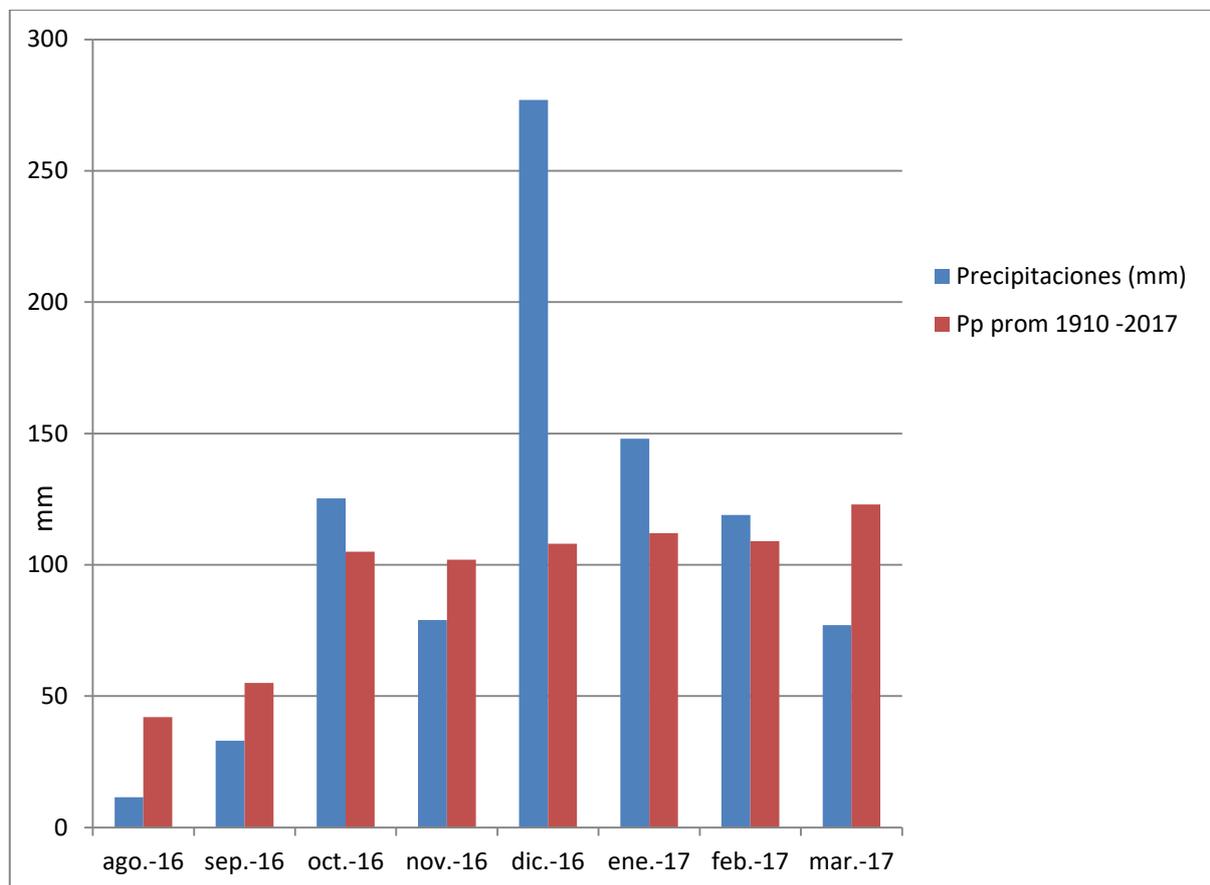


Figura 5: Vista del ensayo de *Melilotus albus* en condiciones de planta aislada en su etapa reproductiva.



Las precipitaciones en la mayor parte del ciclo del cultivo superaron la media histórica (Gráfico 1), en particular en los meses de Diciembre 2016 y Enero 2017, motivo por el cual se afectaron las mediciones planificadas.

Gráfico 1: Precipitaciones durante el periodo experimental y promedio histórico (1910-2017), temperatura media en °C (TMe), registradas durante el periodo de evaluación.



### Caracteres evaluados

En el Cuadro 2 se detallan las variables analizadas en cada ambiente indicando la unidad o escala, abreviaturas y fecha de medición (si no se aclara corresponde a 2016). Como se indicó anteriormente en el suelo Natracualf típico las variables peso total de semillas y peso de mil semillas no pudieron ser evaluadas por razones climáticas.

Cuadro 2: Fecha y unidad de medición de las variables evaluadas en el Ambiente A (Argiudol típico) y en el Ambiente B (Natracualf típico).

Carácter	Abreviatura	Fecha de medición		Unidad/Escala
		Argiudol típico	Natracualf típico	
Floración	DF	22/09 06/10 27/10 04/11 25/11 05/12	27/10 04/11 25/11	Días desde la siembra
Altura	AP 1	22/09	04/11	Centímetros
	AP 2	27/10	25/11	
Ramificación	NR	22-sep	04-nov	Número de ramas
Hab. de crecimiento	HC	22-sep	04-nov	1= erecto, 2= semierecto, 3= postrado
Peso total de semillas	PT	feb-17	(1)	Gramos
Peso de mil semillas	PM	feb-17	(1)	Gramos

(1) variable no registrada por causas detalladas en el texto.

Se describe a continuación el procedimiento de registro de los caracteres cuantitativos y cualitativos evaluados:

1. Altura de planta: se midió la altura de planta en cm, desde la base de la planta hasta el ápice, con regla graduada.
2. Habito de crecimiento: se realizó la medición mediante escala visual (1: erecto, 2: semierecto, 3: postrado).
3. Número de ramas: se contabilizó el número de ramas por planta.
4. Días a inicio de floración: días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de emergencia de las primeras flores.
5. Peso total de semillas: se realizó la trilla de cada planta, el material resultante luego fue limpiado manualmente mediante zarandas para eliminar semillas vanas y el material inerte. Posteriormente las semillas fueron pesadas en una balanza de precisión, obteniendo el rendimiento de semilla de cada planta, expresado en gramos.

6. Peso de mil semillas: del total de semillas producidas por cada planta se tomó una muestra de 100 semillas puras, las cuales fueron pesadas y el valor obtenido se multiplicó por 10 para obtener el peso de 1000 semillas en gramos.

### Análisis de la información

Se utilizó el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2018)

### Prueba de distribución normal

Se realizó la prueba estadística W de Shapiro-Wilk sobre los residuales. Se utilizaron herramientas gráficas (Q-Q plot e histogramas). Se probaron transformaciones y en los casos en los que fue necesario, se ajustaron los modelos para heterogeneidad de varianzas y se probaron otras distribuciones (gamma).

### Análisis de variabilidad genética

El estudio de la variabilidad genética presente en el germoplasma estudiado, se realizó en las variables registradas solo en el ambiente A, a través del análisis de variancia (ANVA). Para ello se utilizó el modelo propuesto por Nguyen y Sleper (1983), basado en el análisis de la media familiar (Cuadro 3).

Cuadro 3: Fuentes de variación, grados de libertad (GL) y esperanza de cuadrados medios (E(CM)), para cada componente de la variancia en el análisis entre genotipos en el ambiente A

Fuente de Variación	Grados de libertad	E (CM)
Repeticiones	(r-1)	
Familias	(f-1)	$\sigma_e^2 + r\sigma_f^2$
Error	(r-1)(f-1)	$\sigma_e^2$

Dónde:

r = número de repeticiones,

f = número de familias,

$\sigma_f^2$  = variancia familiar,

$\sigma_e^2$  = variancia del error.

El modelo lineal asumido para el análisis de las variables en el ambiente se detalla a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$ : respuesta observada en la  $j$ -ésima repetición de la  $i$ -ésima familia evaluada,

$\mu$ : media general,

$A_i$ : componente de la varianza debido a la familia,

$B_j$ : componente de la varianza debido a repeticiones,

$\varepsilon_{ij}$ : componentes de varianza debido al error.

### Estimación de los componentes de la variancia

Las estimaciones de las componentes de la variancia son utilizadas para determinar la proporción de la variancia fenotípica explicada por efectos genéticos y la proporción de la variancia genética total explicada por efectos genéticos aditivos. En este estudio se estimaron las varianzas y las heredabilidades para las familias de medio hermanos.

Los componentes de variancia para cada variable se estimaron a partir de las esperanzas de los cuadrados medios ( $E(CM)$ ) obtenidas en los cuadros de análisis de variancia. Para todas las estimaciones se siguieron los modelos propuestos por Nguyen y Sleper (1983) basados en la media de parcela.

$$\sigma_f^2 = (CM_f - CM_e)/r$$

Dónde:

$\sigma_f^2$  = variancia genética de las familias de medio hermanos,

$CM_f$  = cuadrado medio de las familias de medio hermanos,

$CM_e$  = cuadrado medio del error experimental,

$r$  = número de repeticiones.

### Estimación de la heredabilidad

La heredabilidad expresa la proporción de la variancia total que es atribuible a los efectos medios de los genes y esto es lo que determina el grado de parecido entre parientes. La función más importante de la heredabilidad en el estudio genético es su papel predictivo que expresa la confiabilidad del valor fenotípico como indicación del valor reproductivo. En el mejoramiento tradicional únicamente pueden medirse los valores fenotípicos de los individuos, pero el valor reproductivo es lo que determina su influencia en la siguiente generación. Por tanto, si el mejorador selecciona individuos para que sean progenitores de acuerdo a sus valores fenotípicos, el éxito en cambiar las características de la población puede predecirse únicamente a partir del conocimiento del grado de correspondencia entre los valores fenotípicos y los reproductivos. Este grado de correspondencia es medido a través de la heredabilidad (Falconer, 1989). La variancia familiar ( $\sigma^2_f$ ) representa la variancia genética aditiva ( $\sigma^2_a$ ), que permite calcular la heredabilidad en sentido estricto (Nguyen y Sleper, 1983) en las familias de medio hermanos estudiadas.

Se eligió el método de la media de parcela ya que se prefiere éste por sobre el de plantas individuales, cuando la heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ) es baja, debido al gran efecto ambiental (Falconer, 1981).

La  $h^2$  se calculará con la ecuación propuesta por Nguyen y Sleper (1983):

$$h^2_{PFM} = \frac{\sigma^2_f}{\sigma^2_{PFM}} = \frac{\sigma^2_f}{\sigma^2_f + \frac{\sigma^2_e}{r}}$$

### Estimaciones de correlaciones fenotípicas

Desde el punto de vista del mejoramiento las asociaciones entre caracteres de interés agronómico son importantes para aplicar selección (Falconer y Mackay, 1996; Hallauer y Miranda, 1981). La asociación entre dos caracteres que pueden ser directamente observados es la correlación de valores fenotípicos o correlación fenotípica, determinada a través de la medición de dos caracteres en un número de individuos de la población. En el presente estudio se aplicó el programa estadístico Infostat mediante el coeficiente de correlación de Pearson, el cual mide la magnitud de la asociación lineal entre dos variables que no depende de las unidades de medida de las variables originales y asume valores en el intervalo [-1;1] y el signo indica la dirección de la asociación.

## **Análisis multivariado**

Con los datos obtenidos de las variables, se aplicó análisis multivariado. Los análisis aplicados fueron: Análisis de Componentes Principales y Análisis Jerarquizado (Clúster).

El Análisis de Componentes Principales se basa en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas originales en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas, llamadas componentes principales. El objetivo de este análisis es poder resumir la información obtenida, en unas pocas componentes principales que expliquen la mayor variabilidad posible. El mismo se realizó mediante Análisis de Componentes Principales del paquete estadístico Infostat.

El Análisis Jerarquizado o Clúster es una técnica de agrupamiento que se basa en las similitudes o distancias entre las observaciones o variables para ello se utilizó como medida de distancia la distancia euclídea. Los resultados del agrupamiento se pueden observar a través de un dendrograma y el método empleado fue el de encadenamiento promedio (Average linkage) o UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean), el cual promedia todas las distancias entre pares de familias (en este caso) ajustando por las covariancias. El mismo se realizó mediante análisis de conglomerados del programa estadístico Infostat.

## RESULTADOS

### Caracterización agronómica

La caracterización morfológica se realizó sobre un total de 480 plantas, correspondientes a las 5 FMH, los 2 ecotipos y el cultivar, en un total de 6 caracteres reproductivos para el Ambiente A, y 4 caracteres para el Ambiente B. Solo a modo de descripción se presentan la estadística descriptiva del Ambiente B, y el resto de los análisis se focalizaron en el Ambiente A.

En el Cuadro 4 se presenta el comportamiento promedio y la estadística descriptiva del germoplasma estudiado para cada carácter evaluado: media, desvío estándar, coeficiente de variación, rango (valor máximo y mínimo), y significancia (Valor p) para el ambiente A. Se observa que existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todas las variables a excepción de peso total de semillas (PT).

Cuadro 4. Comportamiento promedio del germoplasma de *Melilotus albus* en caracteres evaluados en condiciones de planta aislada en el ambiente A. Media, desvío estándar (D.E.), coeficiente de variación (CV), rango (mínimo- máximo), y significancia (valor p).

Variable*	Ambiente A				
	MEDIA	D.E.	C.V.	RANGO	Valor p
<b>AP1</b>	41,8	11	26,3	7 – 69	<0,0001
<b>AP2</b>	83,4	20,4	24,4	20 – 130	0,00
<b>NR</b>	5,8	1,9	33	1 – 11	0,01
<b>HC</b>	1,6	0,6	42,1	1- 3	0,01
<b>DF</b>	205,6	21,9	10,6	190 – 264	<0,0001
<b>PM</b>	2,1	0,2	13,3	1,2 - 2,8	0,01
<b>PT</b>	31,6	28	88,7	0,2 - 185,5	0,06

**Referencias:** **AP1:** Altura de planta primera medición (cm); **AP2:** Altura de planta segunda medición (cm);

**NR:** Numero de ramas; **HC:** Habito de crecimiento; **DF:** Días a floración; **PM:** Peso de mil semillas (gr);

**PT:** Peso total de semillas (gr).

A continuación (Cuadro 5) se presenta el comportamiento promedio y la estadística descriptiva para los caracteres evaluados en el Ambiente B. Para ver la diferencia en el

comportamiento de los caracteres entre un ambiente y otro puede consultarse en el Anexo 3.

Cuadro 5. Comportamiento promedio del germoplasma de *Melilotus albus* en caracteres evaluados en condiciones de planta aislada en el ambiente B. Media, desvió estándar (D.E.), coeficiente de variación (CV), rango (mínimo- máximo), y significancia (valor p).

Variable*	Ambiente B				
	MEDIA	D.E.	C.V.	RANGO	Valor p
<b>AP1</b>	46,9	13,6	29,1	5 – 90	<0,0001
<b>AP2</b>	60,6	23,8	39,3	20 – 120	<0,0001
<b>NR</b>	6,4	2,6	41	1 – 16	<0,0001
<b>HC</b>	1,2	0,4	36,6	1 – 3	0,00
<b>DF</b>	223,9	19,7	8,8	195 – 254	<0,0001

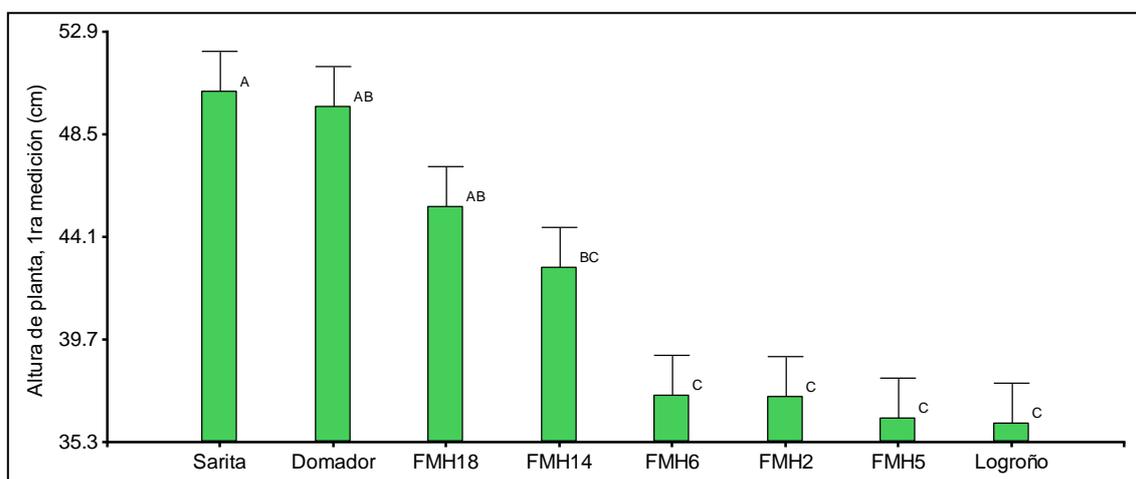
**Referencias:** **AP1:** Altura de planta primera medición (cm); **AP2:** Altura de planta segunda medición (cm); **NR:** Numero de ramas; **HC:** Habito de crecimiento; **DF:** Días a floración.

A continuación se describen los resultados de las variables registradas solo en el Ambiente A.

➤ Altura de planta primera medición

La altura media de planta, entre todos los genotipos, fue de 41,8 cm (Anexo 1), con un rango que osciló entre 7 y 69 cm (Cuadro 4). Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los genotipos evaluados (Cuadro 4). El ecotipo La Sarita tuvo la mayor altura (50,3 cm), mientras que el ecotipo Logroño presentó la menor (36,1 cm) (Grafico 2).

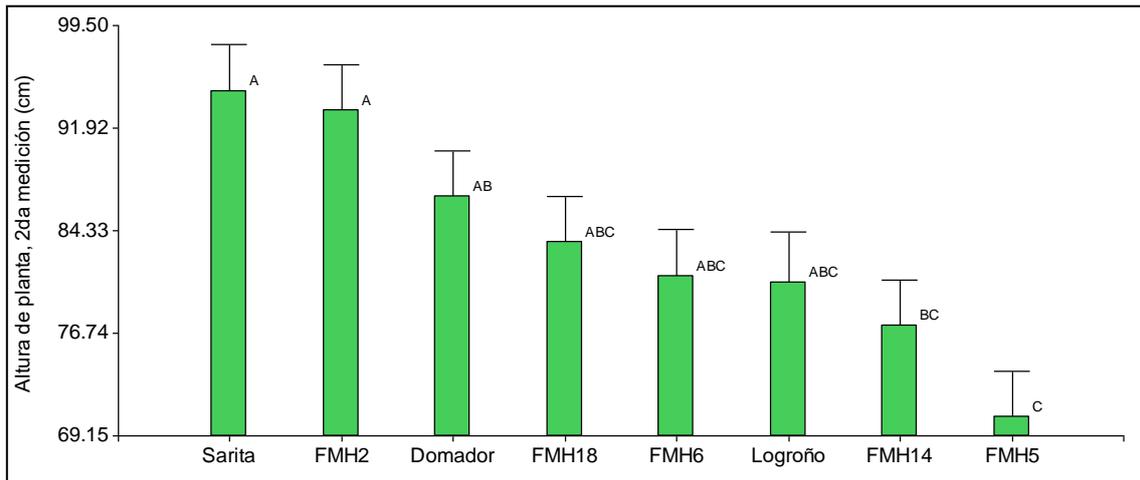
Grafico 2. Altura de planta primera medición, del germoplasma en estudio de *Melilotus albus* Medik evaluado en un suelo Argiudol típico.



➤ **Altura de planta segunda medición**

La altura media de planta, entre todos los genotipos, fue de 83,4 cm (Anexo 1), con un rango que osciló entre 20 y 130 cm (Cuadro 4). Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los genotipos (Cuadro 4). El ecotipo la Sarita tuvo la mayor altura (94,6 cm), mientras que la FMH5 presentó la menor (70,5 cm) (Grafico 3).

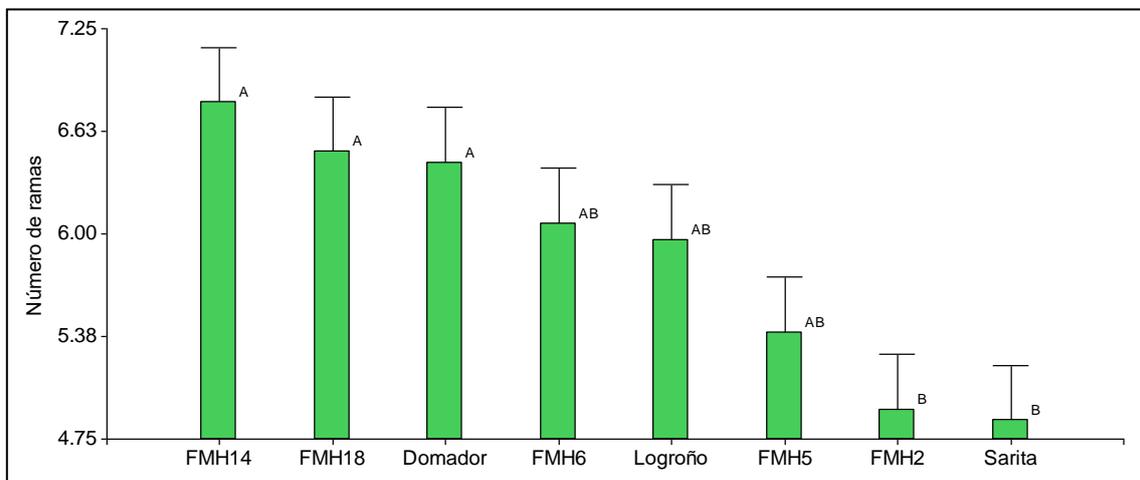
Grafico 3. Altura de planta segunda medición, del germoplasma en estudio de *Melilotus albus* Medik evaluado en un Argiudol típico.



➤ **Número de ramas**

La media del número de ramas por planta fue de 5,8 (Anexo 1), con un rango de 1 a 11 (Cuadro 4). La FMH14 logró el mayor número de ramas promedio (6,8), mientras que el ecotipo la Sarita presentó el menor número de ramas promedio 4,8 (Grafico 4).

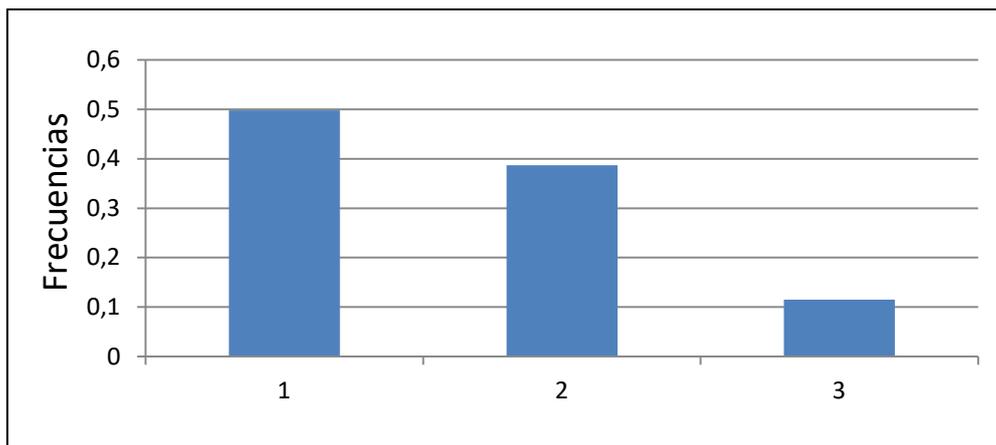
Grafico 4. Número de ramas, del germoplasma en estudio de *Melilotus albus* Medik evaluado en un Argiudol típico.



➤ Hábito de crecimiento

El hábito de crecimiento hace referencia a la apariencia general o el modo de crecimiento de una planta. La mayoría de las plantas presentó un hábito de crecimiento erecto (50%, Gráfico 5), seguido de un hábito de crecimiento semierecto (39%) y en menor medida postrado (11%).

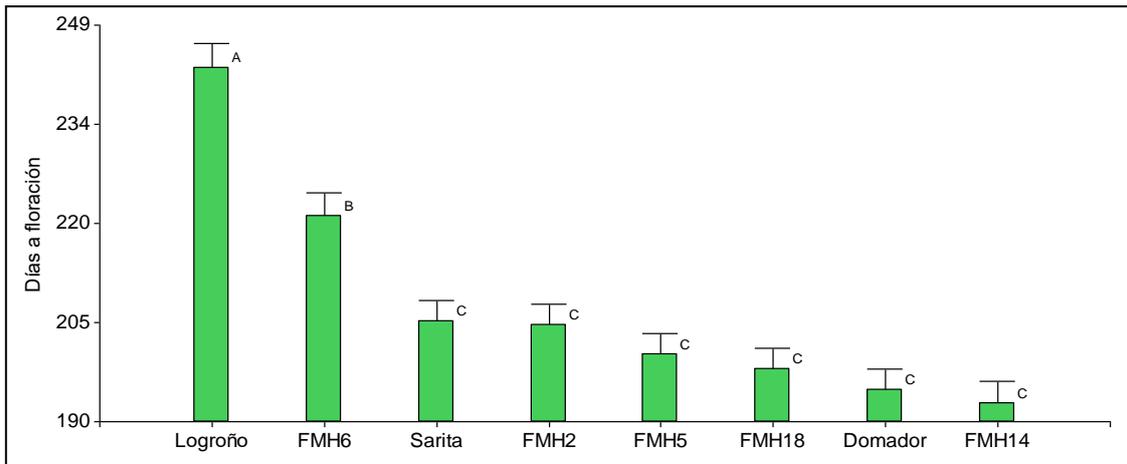
Gráfico 5. Frecuencias de las distintas clases para el carácter hábito de crecimiento (1=erecto; 2=semierecto; 3=postrado) en los genotipos estudiados.



➤ Días a floración

La fecha de floración promedio fue de 207 días desde la siembra (Marzo 2016) (Anexo 1), oscilando entre 190 y 264 días, se evidenciaron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre los genotipos (Cuadro 4). Pudo observarse una tendencia del ecotipo Logroño como el más tardío (242 días) y la FMH14 como el más temprano (192 días) (Gráfico 6).

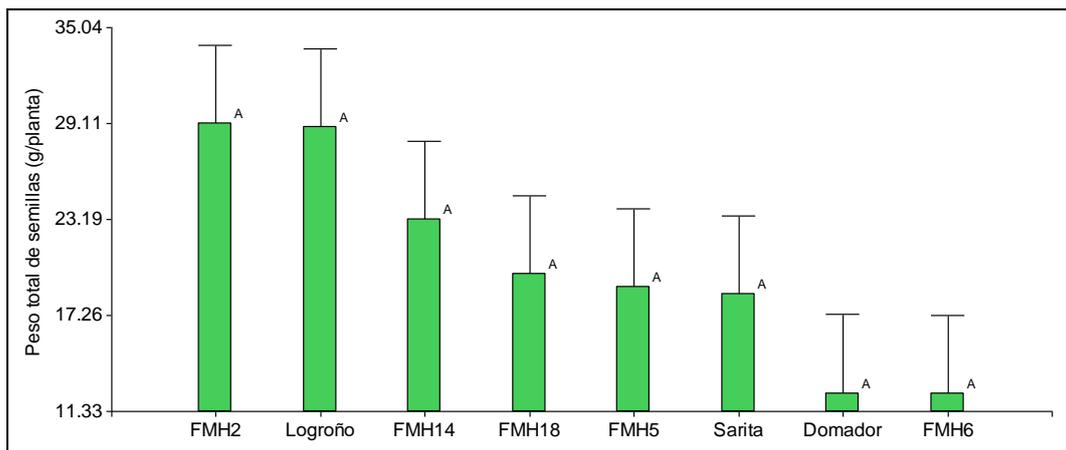
Grafico 6. Promedio de los días a floración del germoplasma en estudio de *Melilotus albus* Medik evaluado en un Argiudol típico.



➤ **Peso total de semillas**

La media del peso total de semillas por planta fue de 20,4 g (Anexo 1), con un rango que osciló entre 0,25 y 185,5g (Cuadro 4). Este carácter no presentó diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los genotipos (Cuadro 4), sin embargo, se observó una tendencia ( $p < 0,1$ ) de mayor peso total de semillas en la FMH2 (29 g) y en Logroño (28,8 g) y de menor peso en la FMH6 (12,4 g) y el Domador (12,4 g) (Grafico 7).

Grafico 7. Peso total de semillas, del germoplasma en estudio de *Melilotus albus* Medik evaluado en un Argiudol típico.

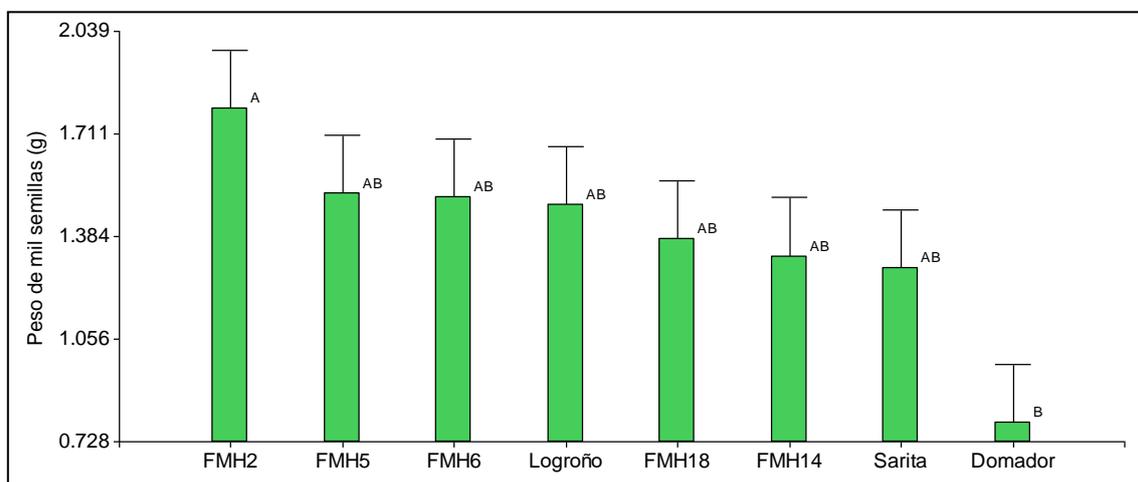


➤ **Peso de mil semillas**

La media del peso de mil semillas por planta fue de 1,3 g (Anexo 1), con un rango que osciló entre 1,2 y 2,8 g (Cuadro 4). Este carácter presentó diferencias significativas

( $p \leq 0,05$ ) entre los genotipos (Cuadro 4). La FMH2 fue la de mayor valor (1,7 g), mientras que el cultivar el Domador presentó el menor peso de mil semillas por planta (0,7g) (Grafico 8).

Grafico 8. Peso de mil semillas, del germoplasma en estudio de *Melilotus albus* Medik evaluado en un Argiudol típico.



### Estimación de parámetros genéticos

En el Cuadro 6 se presentan los parámetros genéticos (Variancia ambiental, variancia familiar y heredabilidad en sentido estricto) calculados para todos los caracteres de las familias de medio hermanos tolerantes a la salinidad.

Cuadro 6. Variancia ambiental ( $\sigma^2_e$ ), Variancia familiar ( $\sigma^2_f$ ) y Heredabilidad ( $h^2$ )

Carácter	$\sigma^2_e$	$\sigma^2_f$	$h^2$
AP1	76,92	136,46	0,841
AP2	413,07	560,73	0,802
NR	3,46	4,78	0,806
HC	0,39	0,9	0,873
DF	300,99	921,68	0,991
PT	656,86	368,4	0,62
PM	1,03	-0,006	0

## Correlaciones fenotípicas

Las correlaciones fenotípicas entre caracteres correspondientes al ambiente A se presentan en el Cuadro 7. En el análisis se observó algunas correlaciones fenotípicas significativas:

- ✓ La altura de planta primera medición presentó una correlación positiva con altura de planta segunda medición ( $r=0,41$ ;  $p<0,001$ ) y presentó una correlación negativa con días a floración ( $r=-0,37$ ;  $p<0,001$ ) y con habito de crecimiento ( $r=-0,3$ ;  $p<0,001$ ).
- ✓ Altura de planta segunda medición presentó una correlación negativa con habito de crecimiento ( $r=-0,2$ ;  $p<0,001$ ).
- ✓ Habito de crecimiento presentó una correlación positiva con días a floración ( $r=0,25$ ;  $p<0,001$ ).

Cuadro 7. Coeficiente de correlación de Pearson, perteneciente al ambiente A.

	<b>AP1</b>	<b>AP2</b>	<b>NR</b>	<b>HC</b>	<b>DF</b>	<b>PM</b>
<b>AP2</b>	0,41***					
<b>NR</b>	0,1	-0,01				
<b>HC</b>	-0,3***	-0,2 ***	0,02			
<b>DF</b>	-0,37 ***	-0,11	-0,01	0,25***		
<b>PM</b>	-0,1	0,02	-0,09	0,08	0,08	
<b>PT</b>	-0,003	-2,20E-03	-0,03	0,17*	0,06	0,08

(\*), (\*\*): Significativo con un nivel de probabilidad de 0,05 y 0,001 respectivamente.

## Análisis multivariado

### Análisis de componentes principales

Al realizar el análisis de componentes principales, de las variables: altura de planta, número de ramas, días a floración, hábito de crecimiento, peso mil semillas y peso total de semillas, se observó que los tres primeros autovalores explican el 80% de la variación morfológica total del germoplasma en el ambiente A (Cuadro 8).

Cuadro 8: Autovalores de la matriz de correlación, proporción que explica cada autovalor y proporción acumulada en los germoplasma evaluado en el ambiente A.

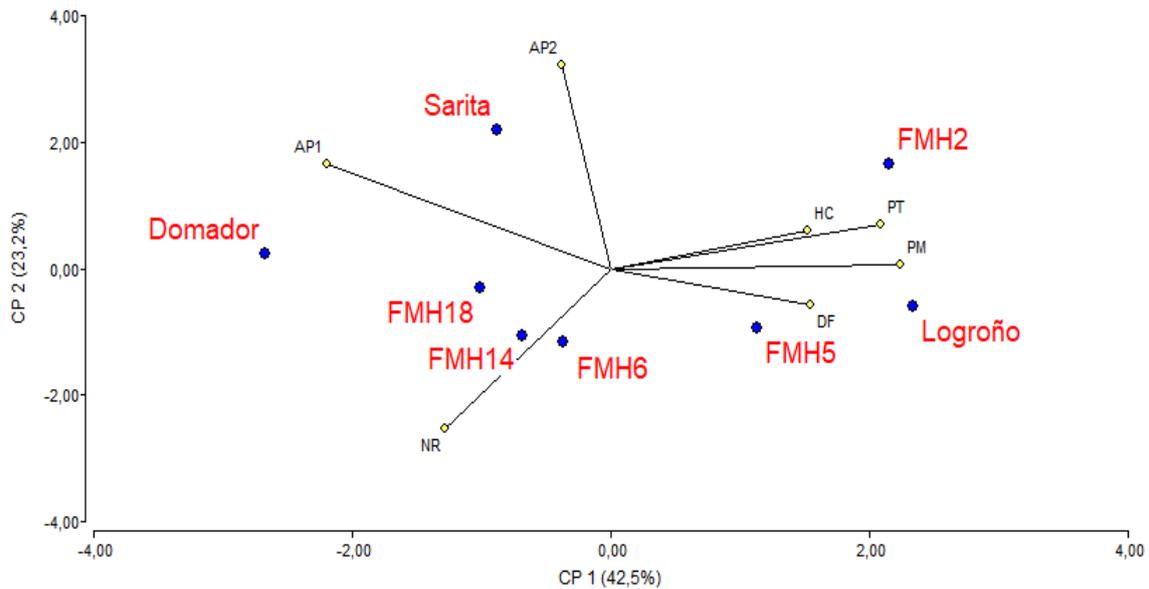
Componente	Valor	Proporción	Prop Acum
1	2.98	0.43	0.43
2	1.62	0.23	0.66
3	1.02	0.15	<b>0.80</b>
4	0.72	0.10	0.91
5	0.55	0.08	0.98
6	0.10	0.01	1.00
7	0.01	1.3E-03	1.00

Para este análisis a través de los autovectores se observó que al construir la componente principal 1 (CP1) ésta explica el 42,5% de variabilidad (Grafico 9) mientras la componente principal 2 (CP2) explica el 23,2% de la variabilidad (Grafico 9). También se observó a través de los autovectores que al construir la CP1, las variables peso de mil semillas y peso total de semillas aportaron mayormente a la variabilidad, siendo estas últimas componentes del rendimiento de semillas. Mientras que en la CP2 altura de planta segunda medición, es la que explica en mayor proporción la variabilidad encontrada (Cuadro 9).

Cuadro 9: Autovectores (e) correspondientes a la CP1 (e1) y a la CP2 (e2) para las variables analizadas del ambiente A.

Variabes	e1	e2
AP1	<b>-0.48</b>	0.36
AP2	-0.08	<b>0.71</b>
NR	-0.28	-0.56
HC	0.33	0.13
DF	0.34	-0.13
PM	<b>0.49</b>	0.01
PT	<b>0.46</b>	0.15

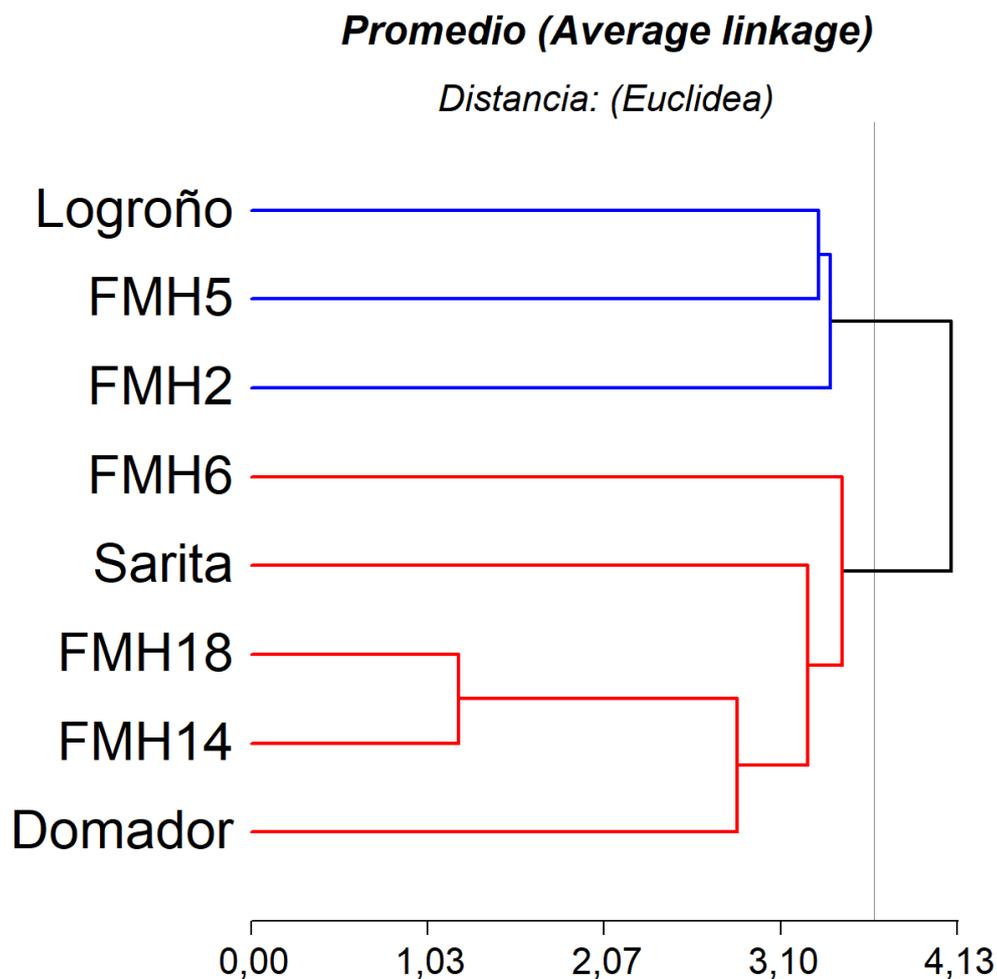
Gráfico 9: Análisis de componentes principales para las variables analizadas en el germoplasma evaluado en el ambiente A.



En el Gráfico 9 se observó por un lado las asociaciones entre los caracteres reproductivos: peso mil semillas, peso total de semillas y días a floración. Respecto al comportamiento de los genotipos de la colección: la FMH2, FMH5 y el ecotipo Logroño, presentaron mayor grado de asociación con las variables reproductivas, contrariamente el cultivar El Domador fue el que presentó un menor grado de asociación con las variables reproductivas.

### Clusters jerárquico

Se realizó el análisis jerarquizado mediante el método de encadenamiento promedio (Average linkage) o UPGMA (unweighted pair group method with arithmetic mean). Se obtuvo una correlación cofenética de 0,758 con éste agrupamiento.



Puede observarse en el dendrograma que estableciendo un corte arbitrario en 3,65 (85% de la distancia total) se forman 2 grandes grupos. En azul un grupo formado por el ecotipo Logroño, FHM5 y FMH2. En rojo conformado por los restantes genotipos la FMH6, FMH14, FMH18, el ecotipo La Sarita y el cultivar El Domador.

## **DISCUSIÓN**

*Melilotus albus* se encuentra ampliamente difundida y adaptada a diversos ambientes de Argentina, caracterizados por una amplia diversidad de suelos, los pesados, alcalinos-sódicos, como también suelos arenosos y suelos francos con aptitud agrícola. Esta adaptación responde a la presencia de una elevada variabilidad genética y una elevada capacidad de dispersión de la especie por semillas. En particular es considerada una forrajera mejoradora del suelo por su capacidad de acumular nitrógeno y materia orgánica (Maddaloni y Ferrari, 2005). Se la utiliza en pastoreo directo por producir abundante forraje en épocas críticas como en fin del invierno-comienzo de primavera (Andrés y Lavandera, 2012).

Los resultados obtenidos en el presente estudio permitieron comprobar la existencia de diferencias genéticas y agronómicas en caracteres de producción de semillas entre familias, ecotipos y cultivares de *Melilotus albus* Medik, creciendo en un suelo Argiudol típico y en un Natracuall típico en Pergamino. Dichas diferencias fenotípicas mostraron agrupamientos de los genotipos acorde a su ciclo y potencial reproductivo y expresaron un fondo genético heredable de interés para los programas de mejoramiento de la especie.

La existencia de variabilidad genética en caracteres reproductivos es necesaria para el mejoramiento de cualquier especie forrajera. Esto permite la selección y generación de nuevos cultivares con elevado potencial de producción de semillas (Ceccarelli, 2015). Las forrajeras alógamas, entre las que se encuentra *Melilotus albus*, presentan variabilidad genética alta entre y dentro de poblaciones (Tyler *et al.*, 1987; Schultze-Kraft, 1990; Andrés, 2006) debido al sistema reproductivo predominante. En términos generales para la mayoría los caracteres analizados, existió variabilidad significativa entre los genotipos (Anexo 2) y esto coincide con trabajos anteriores en la especie (Guercio *et al.*, 2014; Ré *et al.*, 2014 y Ré *et al.*, 2016). En particular se detectó un importante componente genético aditivo entre las familias para la mayoría de los caracteres evaluados.

A continuación se discuten los resultados obtenidos de la caracterización agronómica.

➤ Altura de la planta y número de ramas

La altura de la planta es un indicador indirecto de la cantidad de materia seca y de semillas producida y puede ser modificada por el manejo de la pastura, la fertilización y de la competencia con otras especies (Snaydon, 1978).

En este estudio se encontraron diferencias significativas para la altura de planta (Cuadro 4) en la primera medición realizada (A1), y en la segunda medición (A2), coincidiendo con los resultados obtenidos por Ré (2016). Las heredabilidades fueron elevadas ( $h^2=0.841$  y  $h^2=0,802$ ) comparativamente con las obtenidas por otros autores (Ré, 2016). Respecto al número de ramas por planta el promedio general del estudio fue de 5,87 (Anexo 1), similar al informado por Varea *et al* (2014). Este carácter presentó una heredabilidad alta ( $h^2= 0,806$ ), mientras que otros autores (Ré, 2016; Varea, 2014) obtuvieron valores diferentes ( $h^2=0,622$ ;  $h^2=0,242$ ) expresados en grado de determinación genética.

Desde el punto de vista de la selección interesa obtener cultivares de *Melilotus albus* de altura intermedia a baja, con mejor relación hoja/tallo y con escaso número de ramificaciones, dado que una elevada proporción de tallos poco digestibles limitan su utilización por parte de los vacunos (Cattoni *et al.*, 2013) y el gran desarrollo de las plantas impide la correcta cosecha de semillas.

En el presente estudio se detectó que la altura de planta se correlacionó negativamente con hábito de crecimiento y días a floración.

Los resultados obtenidos en el análisis de componentes principales demostraron que el ecotipo Logroño, la FMH2 y la FMH5 tuvieron las menores alturas y un número intermedio a bajo de ramas, por lo que es posible seleccionar genotipos de menor porte y número de ramas.

➤ Hábito de crecimiento

En plantas forrajeras la estructura del canopeo está determinada por el hábito de crecimiento y por la disposición de las hojas, y condiciona el manejo de las pasturas (Pearson e Ison, 1994). La intensidad de pastoreo, frecuencia de defoliación y competencia (Snaydon, 1978) afectan al hábito de crecimiento.

En este estudio se encontró que el 50% de las plantas presentaron hábito erecto. Resultado esperable debido a que es una leguminosa de porte erecto y semierecto con tallos erguidos y ascendente (Maddaloni y Ferrari, 2005). La heredabilidad encontrada fue alta ( $h^2=0,873$ ) coincidiendo con los resultados de Ré (2016) que encontró valores de heredabilidad elevada en poblaciones estudiadas en Pergamino.

➤ Días a inicio de floración

La uniformidad en la fecha de floración es un factor importante para la obtención de altos rendimientos de semilla y un requisito indispensable para lograr cultivares con características uniformes (Fehr, 1987). Está determinada por el fotoperíodo, la temperatura y las precipitaciones (Rhebergen, 1985; Ernst, 1987).

Un retraso en la fecha de floración podría mantener un alto valor nutritivo del forraje durante un mayor periodo de tiempo y un alto valor de digestibilidad y palatabilidad (McLean y Watson, 1992).

En el presente estudio se detectó variabilidad significativa entre los genotipos (Cuadro 4), coincidente con otros autores (Guercio *et al.*, 2014) indicando la posibilidad de seleccionar genotipos con fechas de floración contrastantes. En particular se evidenciaron 3 grupos de floración, un grupo más temprano formado por El Domador y la FMH14, un grupo más tardío formado por el Ecotipo Logroño y la FMH6 y un grupo intermedio formado por el resto.

Este carácter presentó una alta heredabilidad ( $h^2= 0,991$ ), indicando altas posibilidades de aplicar selección con éxito en las familias. Otros autores obtuvieron valores de 0,59 para el grado de determinación genético (Guercio *et al.*, 2014).

➤ Peso total de semillas y Peso de mil semillas

El peso total de semillas y el peso de mil semillas son caracteres del rendimiento de gran importancia en todos los programas de mejoramiento para la generación de nuevos cultivares. Están directamente asociados al rendimiento de semillas y son variables altamente dependientes del ambiente (Bugge, 1984; Elgesma *et al.*, 1989; Bertín, 2004). En el presente estudio no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en el peso total de semillas, sin embargo el rango de valores obtenidos por planta varió entre 0,25g a 185,51 g/planta (Media: 31,62 g; CV: 88,79), indicando amplia variabilidad entre plantas, que pudieron afectar el ANAVA. Adicionalmente se pudo distinguir una clara tendencia de mayor producción de semillas del Ecotipo Logroño y la FMH2 y una menor producción del cv El Domador y la FMH6. El valor de heredabilidad resultó alto ( $h^2=0,62$ ).

El peso de mil semillas mostró diferencias significativas entre los genotipos (Cuadro 4). Coincidente con el carácter anterior mostró agrupamientos similares, la FMH2 logro el valor más elevado (1,79 g) y el cv El Domador el menor peso de mil (0,79 g).

#### Análisis Multivariado

El análisis de agrupamiento y ordenamiento permitió separar los genotipos según las variables de rendimiento de semillas, días a floración y altura de planta, estos caracteres explicaron el 80% de la variabilidad. Los resultados del agrupamiento fueron coincidentes con los detectados a través del análisis de la varianza. Se destacaron en el cuadrante derecho (Grafico 9) los genotipos FMH2 y Ecotipo Logroño de mayor rendimiento de semilla y HC semierecto, la FMH 2 con DF intermedio y el Ecotipo Logroño con DF tardío. Mientras que en el cuadrante izquierdo (Gráfico 9), se ubicó el cultivar El Domador como el más precoz, con elevada altura de la planta y de bajo rendimiento de semillas.

A través del análisis de Clúster jerárquico y complementando al análisis de componentes principales, se pudo observar en el dendograma que se formaron 2 grandes grupos, uno constituido por el Ecotipo Logroño, FHM5 y FMH2, y el otro por los restantes genotipos, la FMH6, FMH14, FMH18, el Ecotipo la Sarita y el cultivar El Domador.

Estos resultados permitirían inferir que en un programa de mejoramiento genético de *Melilotus albus* cuyo objetivo fuera obtener cultivares de menor altura y de mayor producción de semillas, el ecotipo Logroño y las FHM5 y FMH2 serían los genotipos indicados para conformar una nursery y aplicar selección.

## CONCLUSIONES

La caracterización agronómica de las 5 familias de medio hermanos (FMH), los dos ecotipos y el cultivar, realizada a campo y en condición de planta espaciada, permitió detectar una importante variabilidad para la mayoría de los caracteres morfológicos estudiados.

La heredabilidad en sentido estricto para la mayoría de las variables analizadas, evidenció la existencia de un componente genético aditivo heredable importante, que permitiría aplicar selección e incorporar algunos genotipos al programa de mejoramiento de *Melilotus albus*.

Las FMH 2, FMH 5 y el Ecotipo Logroño mostraron el mejor grado de asociación entre los componentes de rendimiento de semillas. Mientras que el cultivar comercial El Domador fue el que menos se asoció con los caracteres reproductivos evaluados, indicando esto que el proceso selectivo que se está realizando en las familias está siendo exitoso cuando se lo compara con un cultivar comercial antiguo como El Domador.

En términos generales los resultados obtenidos en este Trabajo Final de Grado han aportado conocimientos y germoplasma a programas de mejoramiento genético de la especie.

## BIBLIOGRAFIA

Aamlid, T. 1999. Location of seed production. International Herbage Seed Production Research Group. Newsletter number 30. pp 16.

Acuña, M., Affinito, A., Maciel, M., Diaz Paleo, A. y Andrés, A.N. 2015. El Mejoramiento genético de Agropiro Alargado y Lotus Tenuis. En XV Reunión anual de forrajeras: La ganadería competitiva en el campo. pág 6-16

Aguilar, A., Varea I. y Andrés A. 2018. Comportamiento de germoplasma de trébol de olor blanco (*Melilotus albus*) frente a la salinidad en medio hidropónico. I Congreso Multidisciplinario de la UNNOBA. Junín.

Andrés, A y Bertín, O. 1999. Interacción genotipo-ambiente en la producción de semillas de pasto ovillo: efecto del riego. Actas XXIX Congreso argentino de genética. XXXII Congreso de la sociedad de genética de Chile. III Jornadas chileno-argentinas de genética. Rosario, Argentina 364

Andrés, A. 2006. La mejora de la productividad, calidad y persistencia de las pasturas cultivadas a través de la genética. 3º Simposio Nacional de Sistemas Ganaderos en Siembra AAPRESID.

Andrés, A. y Annone, J. 1995. Analisis de la interacción genético-ambiental para caracteres de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) relacionadas con el comportamiento a *Scolecotrichum graminis* (tizón estriado de la hoja). Informe técnico nº 308 INTA. Estación Experimental Agropecuaria Pergamino.

Andrés, A., Bertín, O. y Castaño, J. 1999. Interacción genotipo-ambiente en la producción de semillas de pasto ovillo: efecto de la localidad. Actas XXIX Congreso argentino de

genética. XXXII Congreso de la sociedad de genética de Chile. III Jornadas chileno-argentinas de genética. Rosario, Argentina 363.

Andrés, A y Rosso, B. 2007. Characterization of *Lotus glaber* germoplasm from Buenos Aires, Argentina. Lotus Newsletter. 37(1):24.

Andrés, A.N y Lavandera, J. 2012. "Ensayo comparativo de poblaciones de trébol de olor de flor blanca (*Melilotus albus*). En XIV Reunión anual sobre forrajes: Avances en especies forrajeras para campos ganaderos.p.19-21.

Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advances. 27(1):84-93.

Bertín, O. 2004. Componentes de rendimiento y producción de semilla de raigrás anual. <http://www.aapa.org.ar/congresos/2004/PpPdf45.PDF>

Bugge, G. 1984. Heritability estimates for forage yield, ear emergence and quality characteristics of the dry matter in *Lolium multiflorum* Lam. Z. Pflanzenzucht. 92: 321-327.

Cattoni, M. I, Rosso, B.S., Beliera, M.D y Andrés, A. 2013. Caracterización de germoplasma de *Melilotus albus* Desr en caracteres de producción de forraje. Journal of Basic & Applied Genetics, Vol XXIV (1), 161.

Ceccarelli, S. 2015. Efficiency of plant breeding. Crop Science, vol 55, pp 87-97.

Clausen, J. y Hiesey, W.M. 1958. Phenotypic expression of genotypes in contrasting environments. Scottish Plant Breeding Stn. Report for 1958:41-51.

Darlington, C. D. y Janaki Ammal, E.K. 1945. Chromosome atlas of cultivated plants. London. G. Allen & Unwin Ltd.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez, L., Tablada, M y Robledo, C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Elgesma, A., Den Nijs, A. y Van Eeuwijk. 1989. Genetic variation for seed yield components of Westerwold ryegrass (*Lolium multiflorum* var. *Westerwoldicum*). *Netherlands Journal Agricultural Science* 37: 119-127.

Ernst, W.H.O. 1987. Population differentiation in grassland vegetation. En: J. Van Andel y col. (eds). *Disturbance in grasslands*. pp 214-228. Dr W. Junk Publishers. Dordrecht.

Falconer, D. S. 1981. *Introduction to Quantitative Genetics*, Ed. 2. Longmans Green, London/New York. 456pp.

Falconer, D.S. 1989. *Introducción a la genética cuantitativa*. Compañía Editorial continental. México 383 pp.

Falconer, D.S. y Mackay, T.F.C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4th Edition, Addison Wesley Longman, Harlow.

Fehr, W., 1987. *Principles of cultivar development: Theory and Technique*. Macmillan Publishing Company. Iowa State University. Vol 1. 536pp.

Goplen, B.P y Gross, A.T.H. 1984. Sweetclover production in western Canada. Communications Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, ON. Publication 16613, pag 13.

Guercio, A., Varea, I., Elustondo, L. y Andrés, A. 2014. Variabilidad genética en producción de biomasa de poblaciones naturalizadas de *Melilotus albus*. *Revista Argentina de Producción Animal* Vol 34 Supl. 1: 465-510.

Hallauer, A. R. y J. B. Miranda, J.B. 1981. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University. 468 p.

Hedrick, P.W., Ginevan, M.E. y Ewing, E.P. 1976. Genetic polymorphism in heterogeneous environments. Annual Review of Ecological Systematics. 7:1-32.

Heslop-Harrison, J. 1959. Variability and environment. Evolution. 13:145-147.

Hughes, S.J. 2009. Pastures Australia: Bokhara clover. En: [https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/pastures/Html/Bokhara\\_clover.htm](https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/pastures/Html/Bokhara_clover.htm)

INASE. 2018. En: <https://gestion.inase.gov.ar/consultaGestion/gestiones>.

Kita, F. 1965. Studies on the Genus Melilotus (Sweetclover) with special reference to interrelationships among species from a cytological point of view. Journal of the faculty of Agriculture, Hokkaido University. 54 (2) 23-122.

Lopez, C., Odorizzi, A., Basigalup, D., Arolfo, V. y Martinez, M. J. 2016. El trébol de olor blanco y su uso en la provincia de Córdoba. 1ª ed. Ciudad autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_el\\_trebol\\_de\\_olor\\_blanco\\_y\\_su\\_uso\\_en\\_la\\_provincia\\_de\\_cordoba.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_el_trebol_de_olor_blanco_y_su_uso_en_la_provincia_de_cordoba.pdf)

Maddaloni, J y Ferrari, L. 2005. Forrajeras del ecosistema templado húmedo de la Argentina. INTA-Universidad de Lomas de Zamora, Facultad de Ciencias Agrarias. p.303-315.

Martino, N.O. 1990. Introducción de especies forrajeras templadas a la pradera pampeana. Guía de estudio. Cátedra de Forrajicultura, FICA-UNLZ. pág 3.

McLean, S. y Watson, D. 1992. Divergent selection for anthesis date in annual ryegrass. *Crop Science*. 32:847-851.

Nguyen, H.T. y Sleper, D.A. (1983). Theory and application of half-sib matings in forage grass breeding. *Theoretical and applied genetics*, 64(3):187-196.

Pearson, C. y R. Ison, 1994. *Agronomía de los sistemas pastoriles*. Ed. Hemisferio Sur. pp. 27–46.

Peter-Schmid, M., Kölliker, R. y Boller, B. 2008. Value of permanent grassland habitats as reservoirs of *Festuca pratensis* Huds. and *Lolium multiflorum* Lam. populations for breeding and conservation. *Euphytica* 164: 239-253.

Primack, R.B. y Kang, H. 1989. Measuring fitness and natural selection in plant populations. *Annual Review of Ecological Systematics*. 20:367-396.

Quiroga, R.E. 2011. Variación morfológica en once poblaciones del pasto nativo. *Trichloris crinita*. INTA EEA, Catamarca. Argentina. *Revista Argentina de Producción Animal*, 31-539.

Ré, A., Arolfo, V., Tomás, A., Lavandera, J., Odorizzi, A., Acuña, M. y Lifschitz, M. 2016. Interacción genotipo x ambiente en familias de medio hermanos de *Melilotus albus*. *Revista Argentina de Producción Animal Vol 36 Supl. 1:295-411*.

Ré, A., Arolfo, V., Tomás, A., Lavandera, J., Odorizzi, A., Acuña, M. y Lifschitz, M. 2016. Estimación de mejora genética por selección en familias de *Melilotus albus* evaluadas en distintos ambientes. . *Revista Argentina de Producción Animal Vol 36 Supl. 1: 295-411*.

Ré, A.E., Pinget, A.D., Igarzábal, M.F. y De Battista, J.P. 2014 Variabilidad intra e inter poblacional entre ecotipos de *Melilotus albus*. Revista Argentina de Producción Animal Vol 34 Supl. 1: 465-510.

Rhebergen, H. 1985. Microevolutionary processes in *Festuca rubra*. Thesis Vrije Universiteit Amsterdam.

Ruggieri, A.C., Monteiro, A.L.G. y Gualberto, R. 2001. Adaptability and stability of alfalfa cultivars. Proceedings of the XXI International Grassland Congress. Sao Paulo, Brazil. 538-539.

Schultze-Kraft, R. 1990. Caracterización y evaluación preliminar de germoplasma de plantas forrajeras. Diálogo XVIII: Introducción, conservación y evaluación de germoplasma forrajero en el Cono Sur. IICA - PROCISUR. Montevideo, Uruguay. Ed. J.P. Puignau. Pp. 319-326.

Smith, W. y Gorz, H.J. 1965. Sweetclover improvement. *Adv. Agron.* 17: 163-231.

Snaydon, R. 1978. Genetic changes in pasture population. In: *Plant relations in Pasture*, Wilson J. R. (Ed.) CSIRO. Melbourne, pp. 253-269.

Snaydon, R.W. 1985. Aspects of the ecological genetics of pasture species.

Turesson, G. 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. *Hereditas* (3) 211-350.

Tyler, B.F., Chorlton, K.H. y Thomas, I.D. 1987. Chapter 1: Collection and field sampling techniques for forage. In: *Collection, Characterization and Utilization of Genetic Resources of Temperate Forage Grass and Clover*. IBPGR, Roma. Pp.3-10.

Varea, I., Guercio, A., Elustondo, L. y Andrés, A. 2014. Efecto del año en caracteres de producción de biomasa de poblaciones naturalizadas de *Melilotus albus* Desr. Simposio Recursos genéticos, Mejoramiento y Biotecnología de especies forrajeras. 37º Congreso AAPA. – 2nd Joint Meeting ASAS-AAPA. XXXIX Congreso SOCHIPA. RG 36, p 500. Rev. Arg. de Producción Animal. Vol. 34. Supl.1: 465-510.

Varea, I., Andrés A y Tomás A. 2017. a) Estimación de parámetros genéticos en caracteres relacionados con la tolerancia a la salinidad en familias de *Melilotus albus*. Revista Argentina de Producción Animal Vol 37 Supl. 1: 41. 40º Congreso argentino de producción animal (AAPA). 40 Congreso Argentino de Producción Animal.

Varea, I., Andrés, A. y Tomas, A. 2017. b) Seed production in half sibs families of *Melilotus albus* Medik. selected for salinity tolerance. 9th International Herbage Seed Conference Pergamino, Argentina.

Varea, I., Andrés, A y Tomás A. 2016. Caracterización morfológica de familias de medio hermanos de *Melilotus albus* creciendo en un medio salino. II Reunión Argentina de Jóvenes Botánicos.

Yamaguchi, T y Blumwald, E. 2005. Developing salt-tolerant crop plants: Challenges and opportunities. Trends in Plant Science. 10(12):615-620.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Medias aritméticas y significación estadística de los caracteres para cada germoplasma de *Melilotus albus* evaluado en el ambiente A.

Germoplasma	AP1	AP2	NR	HC	DF	PT	PM
<b>FMH2</b>	37,23 b	93,27 a	4,93 b	1,83 a	204,36 c	29,09 a	1,79 a
<b>FMH5</b>	36,33 b	70,53 c	5,4 ab	1,93 a	199,97 c	18,99 a	1,52 ab
<b>FMH6</b>	37,3 b	81 abc	6,07 ab	1,13 b	220,77 b	12,41 a	1,51 ab
<b>FMH14</b>	42,8 ab	77,33 bc	6,8 a	1,53 ab	192,59 c	23,16 a	1,32 ab
<b>FMH18</b>	45,37 a	83,48 abc	6,5 a	1,43 ab	197,72 c	19,8 a	1,37 ab
<b>Logroño</b>	36,1 b	80,52 abc	5,97 ab	1,93 a	242,8 a	28,88 a	1,48 ab
<b>La Sarita</b>	50,33 a	94,64 a	4,87 b	1,53 ab	204,89 c	18,56 a	1,28 ab
<b>El Domador</b>	49,67 a	86,83 ab	6,43 a	1,67 a	194,59 c	12,46 a	0,79 b
Medias	41,89	83,45	5,87	1,62	207,21	20,41	1,38

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los germoplasmas para cada carácter estudiado, mediante la prueba de Tukey.

**Anexo 2.** Análisis de variancia para los caracteres en estudio de *Melilotus albus* y evaluado en un Argiudol típico en Pergamino.

**Altura de planta, primera medición**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AP1	150	0,17	0,13	21,93

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2200,27	6	366,71	4,81	0,0002
FMH	1945,29	4	486,32	6,38	0,0001
REP	254,97	2	127,49	1,67	0,1914
Error	10899,13	143	76,22		
Total	13099,39	149			

**Altura de planta, segunda medición**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AP2	148	0,23	0,19	23,70

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15339,58	6	2556,60	6,92	<0,0001
FMH	8342,10	4	2085,53	5,64	0,0003
REP	6958,55	2	3479,28	9,41	0,0001
Error	52110,69	141	369,58		
Total	67450,27	147			

**Número de ramas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
NR	150	0,13	0,09	31,48

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	72,47	6	12,08	3,45	0,0032
FMH	71,23	4	17,81	5,09	0,0007
REP	1,24	2	0,62	0,18	0,8377
Error	499,99	143	3,50		
Total	572,46	149			

**Hábito de crecimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
HC	150	0,19	0,16	39,59

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13,21	6	2,20	5,68	<0,0001
FMH	12,36	4	3,09	7,96	<0,0001
REP	0,85	2	0,43	1,10	0,3358
Error	55,48	143	0,39		
Total	68,69	149			

**Días a floración**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DF	140	0,24	0,20	8,59

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12523,63	6	2087,27	6,88	<0,0001
FMH	12053,86	4	3013,46	9,93	<0,0001
REP	259,42	2	129,71	0,43	0,6532
Error	40374,90	133	303,57		
Total	52898,54	139			

**Peso de mil semillas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PM	150	0,03	0,00	67,95

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,26	6	0,71	0,68	0,6652
FMH	4,02	4	1,01	0,96	0,4290
REP	0,24	2	0,12	0,11	0,8924
Error	149,16	143	1,04		
Total	153,42	149			

**Peso total de semillas/planta**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PT	150	0,07	0,03	123,14

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6893,22	6	1148,87	1,77	0,1093
FMH	4469,12	4	1117,28	1,72	0,1485
REP	2424,10	2	1212,05	1,87	0,1583
Error	92821,05	143	649,10		
Total	99714,26	149			

**Anexo 3.** Análisis de variancia para los caracteres en estudio de *Melilotus albus* evaluados en un Argiudol típico (ambiente A) y en un Natracualf típico (ambiente B) en Pergamino.

**Análisis de la varianza****Altura (cm) 22 sept**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura (cm) 22 sept	480	0,10	0,08	27,30

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7804,73	10	780,47	5,31	<0,0001
Ambiente	3055,25	1	3055,25	20,79	<0,0001

REP	373,07	2	186,53	1,27	0,2821
FMH	4376,41	7	625,20	4,25	0,0001
Error	68939,76	469	146,99		
Total	76744,50	479			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,17186**

Error: 146,9931 gl: 469

Ambiente	Medias	n	E.E.
B	46,94	240	0,78 A
A	41,89	240	0,78 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Altura (cm) 27 oct**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura (cm) 27 oct	442	0,32	0,31	28,74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	88680,96	10	8868,10	20,44	<0,0001
Ambiente	58622,49	1	58622,49	135,12	<0,0001
REP	10098,20	2	5049,10	11,64	<0,0001
FMH	20864,05	7	2980,58	6,87	<0,0001
Error	186993,46	431	433,86		
Total	275674,42	441			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,89236**

Error: 433,8595 gl: 431

Ambiente	Medias	n	E.E.
A	83,32	231	1,37 A
B	60,19	211	1,44 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Número ramas**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
nro ramas	478	0,10	0,08	36,13

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	252,92	10	25,29	5,08	<0,0001
Ambiente	35,75	1	35,75	7,17	0,0077
REP	45,85	2	22,93	4,60	0,0105
FMH	170,79	7	24,40	4,90	<0,0001
Error	2326,96	467	4,98		
Total	2579,88	477			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,40071**

Error: 4,9828 gl: 467

Ambiente	Medias	n	E.E.
B	6,45	240	0,14 A
A	5,90	238	0,14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Habito crecimiento 22 sept**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Habito crec 22 sept	479	0,20	0,18	38,69

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	36,11	10	3,61	11,79	<0,0001
Ambiente	18,56	1	18,56	60,61	<0,0001
REP	1,94	2	0,97	3,17	0,0427
FMH	15,56	7	2,22	7,26	<0,0001
Error	143,30	468	0,31		
Total	179,41	478			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09923**

Error: 0,3062 gl: 468

Ambiente	Medias	n	E.E.
A	1,63	239	0,04 A
B	1,23	240	0,04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Floración**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Floración	451	0,40	0,38	8,29

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	92821,76	10	9282,18	29,16	<0,0001
Ambiente	34396,10	1	34396,10	108,07	<0,0001
REP	104,85	2	52,43	0,16	0,8482
FMH	55365,77	7	7909,40	24,85	<0,0001
Error	140044,25	440	318,28		
Total	232866,02	450			

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,29937**

Error: 318,2824 gl: 440

Ambiente	Medias	n	E.E.
B	224,31	234	1,17 A
A	206,28	217	1,22 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )