

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

TRABAJO FINAL PRESENTADO PARA OPTAR AL GRADO  
DE INGENIERA AGRÓNOMA

“Festuca alta: producción de biomasa y determinación de  
parámetros genéticos en poblaciones naturalizadas”

Palermo, Tamara Belén

DNI: 37.177.657

Director: Ing. Agr. di Santo, Hernán

Co-director: Ing. Agr. (MSc.) Grassi, Ezequiel

Río Cuarto – Córdoba  
Diciembre/2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

**Título del Trabajo Final:** “Festuca alta: producción de biomasa y determinación de parámetros genéticos en poblaciones naturalizadas”

**Autor:** Palermo, Tamara Belén  
**DNI:** 37.177.657

**Director:** Ing. Agr. Di Santo, Hernán.  
**Co-Director:** Ing. Agr. (MSc.) Grassi, Ezequiel.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres, Fabián y Rosa Ana, por haberme dado la posibilidad de estudiar, por haberme formado y dedicado todo su tiempo.

A mis hermanos, Franco y Jimena y a mi novio wiilliam's por su compañía, consejos, colaboración en todo momento y principalmente durante todos los años de la carrera.

A la Universidad Nacional de Rio Cuarto por haberme brindado la educación de grado.

A mi Director y Co-Director de tesis, que aceptaron dirigirme, brindándome todo sus conocimientos y ayuda.

A mis evaluadores, por brindarme sus sugerencias y ayuda.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
Índice general.....	IV
Índice de cuadros.....	V
Índice de figuras.....	VI
Resumen.....	VII
Summary.....	VII
Introducción.....	1
Hipótesis.....	7
Objetivos.....	7
Materiales y Métodos.....	8
Resultados y Discusión.....	13
Estadística descriptiva de los caracteres medidos.....	15
Análisis estadístico.....	18
Determinación de heredabilidad en sentido amplio.....	25
Conclusiones.....	30
Bibliografía.....	31

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Denominación, ubicación geográfica y zona de referencia de las poblaciones recolectadas durante los años 2010 y 2011. ....	9
<b>Cuadro 2.</b> Temperatura media mensual y precipitación mensual normal. Río Cuarto, Córdoba.2015.....	13
<b>Cuadro 3.</b> Media, desvío estándar y rango de variación en los caracteres medidos en festuca. Río Cuarto, Córdoba. 2015.....	15
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de los caracteres medidos en festuca mediante ANCOVA.....	18
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de los caracteres medidos en festuca mediante ANOVA.....	21
<b>Cuadro 6.</b> Varianza genética, ambiental y fenotípica, coeficiente de variación genética, coeficiente de variación fenotípica y grado de determinación genética para los caracteres evaluados en festuca. Río Cuarto, Córdoba. 2015.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Morfología de plantas de festuca alta ( <i>Festucaarundinacea</i> ) .....	3
<b>Figura 2.</b> Mapa de las provincias en donde se recolectaron las poblaciones de festuca.....	8
<b>Figura 3.</b> Ubicación geográfica de los sitios de recolección de las poblaciones de festuca.....	8
<b>Figura 4.</b> Precipitación y temperatura media mensual del período de crecimiento de festuca. Río Cuarto, Córdoba. 2015.....	14
<b>Figura 5.</b> Diferencias entre poblaciones en la producción de biomasa. Río Cuarto, Córdoba. 2015.....	24
<b>Figura 6.</b> Diferencias entre poblaciones para el carácter peso de grano. Río Cuarto, Córdoba. 2015.....	25
<b>Figura 7.</b> Grado de determinación genético de los caracteres medidos. Río Cuarto, Córdoba. 2015.....	27
<b>Figura 8.</b> Heredabilidad en sentido amplio de la producción de biomasa para cada población. Río Cuarto, Córdoba .....	29

## RESUMEN

Un recurso forrajero que garantiza alto impacto en la producción ganadera a muy bajo costo es la festuca (*Festuca arundinacea*). Esta especie es perenne, alohexaploide con  $2n=6x=42$  cromosomas, de reproducción alógama, polinización anemófila y tiene una amplia distribución geográfica. El mejoramiento genético de festuca busca mejorar la calidad del forraje, la digestibilidad, la palatabilidad así como la velocidad de implantación. En este trabajo se evaluaron poblaciones naturalizadas de festuca, obtenidas a partir de colectas realizadas en el Centro Sur de Córdoba y Este de San Luis durante 2010/11. Las poblaciones se encuentran implantadas a campo en un ensayo con 24 plantas por población ubicado en el CAMDOCEX – FAV, Río Cuarto, Córdoba, en un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones logradas a través de la división vegetativa de cada planta (clones). La determinación de caracteres morfológicos y reproductivos se realizó en cuatro cortes durante del año. Para determinar la varianza total, genética, ambiental y la heredabilidad en sentido amplio de los caracteres y las poblaciones se realizaron análisis de varianza y covarianza. Los resultados de ANAVA y ANCOVA permitieron registrar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones ( $p<0,05$ ) para los caracteres medidos y se especificó cuáles mostraron superioridad agronómica. Los materiales Palenque-INTA, Baleron (Forrateg) y la población 3302-LAG se destacaron en la producción de biomasa con valores de 70, 67 y 67 g/planta, respectivamente. La heredabilidad en sentido amplio se estimó para todos los caracteres y la misma varió de valores medios a altos. Asimismo, se determinó heredabilidad en cada población para el carácter producción de biomasa, destacándose la población 3302-LAG con un valor de 75%.

Palabras Clave: Festuca alta, Heredabilidad, Biomasa, Caracteres.

## SUMMARY

A fodder resource that guarantees high impact on livestock production at a very low cost is the fescue (*Festuca arundinacea*). This species is perennial, allohexaploid with  $2n = 6x = 42$  chromosomes, of allogama reproduction, anemófila polinización and has a wide geographic distribution. Festuca genetic improvement aims to improve forage quality, digestibility, palatability and speed of implantation. In this study we evaluated the naturalized populations of fescue, obtained from collections made in the South Center of Cordoba and East of San Luis during 2010/11. The populations are field - based in a 24 - plants per population trial located at CAMDOCEX - FAV, Río Cuarto, Córdoba, in a randomized complete block design with four replicates achieved through the vegetative division of each plant (Clones). The determination of morphological and reproductive traits was performed in four cuts during the year. In order to determine the total, genetic, environmental, and heritability variables in the broad sense of the characters and populations, analyzes of variance and covariance were performed. The results of ANAVA and ANCOVA allowed to record the existence of statistically significant differences between populations ( $p < 0.05$ ) for the characters measured and which showed agronomic superiority. The Palenque-INTA, Baleron (Forrateg) and 3302-LAG populations stood out in biomass production with values of 70, 67 and 67 g / plant, respectively. Heritability in the broad sense was estimated for all characters and it varied from medium to high values. Also, heritability was determined in each population for the biomass production character, with a population of 3302-LAG with a value of 75%.

Keywords: High fescue, Inheritance, Biomass, Characters.





## INTRODUCCIÓN

Los pastizales nativos y las pasturas cultivadas, anuales y perennes, son la base alimenticia de la mayor parte de la ganadería bovina de carne y leche, ovina, caprina y de camélidos en la Argentina. El sistema de producción es extensivo predominantemente, excepto en los sistemas lecheros y en los sistemas de engorde a corral (INTA, 2011).

La ganadería vacuna se distribuye en cinco grandes regiones del país. La región pampeana, que incluye las provincias de Buenos Aires, sur de Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos y noreste de La Pampa es un área principalmente plana de un suelo profundo con alto contenido de materia orgánica y naturalmente cubierta de pastizales. El clima es templado húmedo con temperaturas que promedian los 15°C en el sur y los 18°C en el norte. La producción de forraje es variable, con un rango de MS/ha/año de 8 a 12 toneladas de en los mejores suelos y de 2 a 7 toneladas en los suelos más pobres dependiendo de las lluvias y la fertilidad del suelo. En suelos más pobres no cultivables, con limitaciones de drenaje, el sistema de cría para la producción de terneros es la actividad predominante, mientras que, en las zonas de mejores suelos con mayor potencial de producción de forraje de calidad, la recría y el engorde de los animales constituye la principal actividad ganadera (Rearte, 2007).

Un programa de alimentación animal se debe enfocar en un mejoramiento continuo de las condiciones de los animales, que satisfaga sus requerimientos nutricionales en cantidad y calidad y les permita un buen desempeño. Esto se evidencia en los parámetros productivos y reproductivos tales como peso al nacimiento, peso al destete, ganancia de peso, producción de leche e intervalo entre partos (Moreno Osorio y Molina Restrepo, 2007).

Uno de los recursos disponibles para satisfacer los requerimientos nutricionales de la ganadería son los pastizales naturales. Un pastizal natural es cualquier área que produce forraje a partir de especies nativas, ya sean estas gramíneas, gramínoideas, arbustos, árboles ramoneables y hierbas o mezclas de ésta. El 70% de la superficie continental argentina está cubierta por pastizales naturales. En casi toda esa superficie, la existencia de este recurso forrajero obedece a limitaciones de suelo o clima que hacen imposible la introducción de especies cultivadas (Beguet, 2002).

Para cumplir con las demandas de los sistemas ganaderos de carne y de leche, se puede acudir a las especies cultivadas. Estas están representadas por gramíneas anuales de invierno (avena, centeno, trigo, cebada, triticale) y de verano (sorgo, maíz, moha, mijo común, mijo

perla). Entre las especies anuales es muy frecuente el uso de *Melilotus* spp. como integrante de mezclas, principalmente con gramíneas anuales de invierno. Las especies perennes están representadas por pasto llorón (*Eragrostis cúrvara*) y alfalfa (*Medicago sativa*), como cultivo puro o en consociación con otras especies (Pagliaricci *et al.*, 2002).

También, en cultivos puros o como integrantes de praderas perennes, cabe mencionar otras especies forrajeras, gramíneas perennes de ciclo otoño-invierno-primaveral, como festuca (*Festuca arundinacea*), agropiro (*Tynophiron ponticum*), pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), falaris (*Phalaris acquatica*), cebadilla (*Bromus spp*). Las especies perennes constituyen uno de los recursos más eficientes para la protección del suelo, mejoran la fertilidad, disminuyen los costos al no requerir labranzas y mejoran los rendimientos agrícolas mediante la recirculación de nutrientes por parte del subsistema ganadero (Pagliaricci *et al.*, 2002).

La falta de forraje durante el invierno es una limitante para la actividad pecuaria en la región pampeana subhúmeda de Argentina. Los cereales de inviernos son la base de la alimentación para sistemas de altos requerimientos. Presentan la desventaja de desestabilizar los suelos por laboreo permanente, escasa incorporación de rastrojos (materia orgánica), compactación por pisoteo y altos costos de implantación. Las gramíneas perennes de ciclo otoño-invierno-primaveral, podrían constituir un recurso de producción y calidad complementario y disminuir la superficie sembrada de cereales de invierno (Pagliaricci *et al.*, 2002).

En las últimas dos décadas, los sistemas extensivos fueron desplazados hacia ambientes marginales caracterizados por déficit o exceso hídrico, problemas de drenaje, erosión laminar, entre otros. Esta situación se debió al avance de la agricultura hacia zonas de mayor potencial productivo, acompañada de un aumento en la productividad ocasionado por las nuevas tecnologías (INTA, 2011). La disminución de la superficie ganadera en Argentina deja de ser coyuntural para transformarse en definitivo ya que la superficie ganada por la agricultura muy pocas veces es retornada a la actividad ganadera.

La relocalización de la ganadería hacia áreas marginales, junto con la necesidad de mantener aproximadamente el mismo número de animales por superficie, ha llevado a la intensificación. Esto se manifestó mediante la sobrecarga de pasturas y el mejoramiento genético para introducir poblaciones adaptadas a la producción de forraje de mayor calidad (Bertín, 2009).

Uno de los recursos forrajeros que garantiza alto impacto en la producción ganadera a muy bajo costo es la festuca (*Festuca arundinacea*). Esta especie, nativa de Europa y Asia, es perenne, alohexaploide con  $2n=6x=42$  cromosomas, de reproducción alógama, polinización anemófila y tiene una amplia distribución geográfica. Dentro del citotipo hexaploide se distinguen tres tipos: europeos, mediterráneos y portugueses (Rimieri y Wolff, 2010). Según Maddaloni y Ferrari (2001), es la gramínea forrajera perenne más sembrada entre las pasturas cultivadas en la región templada húmeda y subhúmeda de la Argentina.

La superficie cultivada con forrajeras perennes en las provincias de Córdoba y San Luis es de alrededor de 1.808.000 de hectáreas, con una tasa de renovación del 10%. La mayor superficie corresponde a cultivos de alfalfa (1.107.000 hectáreas) y de pasto llorón (277.760 hectáreas). La festuca abarca 13.558 hectáreas de las cuales el 81 % corresponde a la provincia de Córdoba (INDEC, 2005).

Es una especie C3 perenne, que nace o brota en otoño, crece durante el invierno y florece cuando los días se alargan. Se caracteriza por poseer una altura de 45-180 cm, hojas con el limbo plano y nervaduras salientes, de hasta 1 cm de ancho, liguladas, con aurículas ciliadas y abrazadoras. Presenta inflorescencia en panícula, erecta o curvada, de lanceolada a ovada, con largas ramas y más o menos contraídas (Figura 1).



**Figura 1.** Morfología de plantas de festuca alta (*Festuca arundinacea*). Extraído de <http://www.biolib.de>.

Las plantas de festuca presentan espiguillas alargadas, con 3-10 flores, con glumas casi iguales. Lemas sin aristas o con arista menor de 4 mm (Canals, 2016). Se adapta a gran cantidad de climas y de suelos, soportando condiciones adversas de drenajes y sequías prolongadas. Es sensible a suelos ácidos y a alta saturación de aluminio, situación que impide su normal desarrollo y tolera excesos de humedad y sequías prolongadas. Las temperaturas bajas paralizan el desarrollo de festuca, pudiendo quemar su follaje. Para la producción de semillas necesita de inducción primaria, satisfecha por frío o por temperatura muy elevada (27°C). Se adapta mejor que otras forrajeras a suelos de baja fertilidad, soportando un amplio rango de acidez y de humedad de suelo (Fonseca, 2011).

La siembra se realiza en marzo (otoño), utilizándose una densidad de 8 a 15 kg/ha en cultivos puros, de 4 a 5 kg/ha en mezclas para la región húmeda y 3 a 4 kg/ha en mezclas para la región semiárida con alfalfa o trébol blanco (Semillero Albert, 2016).

La festuca presenta características agronómicas favorables como resistencia al pastoreo y tolerancia a estrés biótico y abiótico, pero su calidad nutricional es intermedia, aunque con grandes variaciones en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del forraje (Rosso *et al.*, 2007).

El manejo adecuado de festuca permite sostener en primavera cargas mayores a 5-6 cabezas por hectárea con ganancias diarias de unos 800 gramos, similares a las obtenidas en verdeos de avena (Agnusdei, 2013). Además, en vaquillonas de 15 meses, se lograron más del 95% de preñez (INTA, 2011). Por otro lado, cubre el suelo y disminuye su recalentamiento, lo cual reduce las pérdidas de agua por evaporación (Agnusdei, 2013).

La competencia intraespecífica es un control importante de la dinámica poblacional de festuca. Los disturbios relajan la competencia entre individuos. Además, ponen de manifiesto que la adición de un recurso posiblemente limitante (que para gramíneas es usualmente el nitrógeno) puede intensificar la competencia. En este sentido, el pastoreo y la fertilización nitrogenada podrían utilizarse en forma diferencial dependiendo de los objetivos de manejo del pastizal (Rolhauser *et al.*, 2007).

La especie tiene buenas condiciones forrajeras, sin embargo, en ciertas condiciones puede provocar efectos no deseados durante el pastoreo, como bajas en la producción, alteraciones de la fertilidad e intoxicaciones. Este aspecto de anticalidad resulta de la toxicidad en animales que consumen la planta cuando está atacada por el hongo *Neotyphodium*

*coenophyalum* (ex: *Acremonium coenophyalum*) que vive dentro de la misma, motivo por el cual se lo denomina endófito (Maddaloni y Ferrari, 2001). El hongo establece con la planta una relación de mutualismo, produciendo compuestos como las lolinas y ergocalcoides que le otorgan al vegetal tolerancia al estrés por calor, sequía e insectos, lo que conduce a una mayor persistencia y vigor de la planta, en comparación con las que están libre del endófito (Burke *et al.*, 2010). De este modo, el hongo asegura su diseminación y sobrevivencia (Manzini, 1991).

El mejoramiento genético convencional ha tenido un gran impacto en el incremento del rendimiento, la calidad y la resistencia a plagas y enfermedades en cereales y oleaginosas, pero en las especies forrajeras los progresos han sido significativamente menores, especialmente en lo referido al rendimiento. Esto obedece a varios factores como un proceso más reciente de domesticación, la complejidad de objetivos, problemas reproductivos, de mercado y las menores inversiones realizadas en el área (Díaz *et al.*, 2004). Para conducir programas de mejoramiento genético de forrajeras es necesario conocer y entender conceptos de la genética vegetal e interrelaciones entre ella y las demás disciplinas que competen a la agronomía, así como también referidos a la producción animal.

Los últimos veinte años permitieron avanzar no sólo en la obtención de mejores cultivares forrajeros, sino también en que las nuevas variedades fueran diferentes, homogéneas y estables como lo exige la Ley de Semillas. Al mejoramiento genético en esta etapa se lo puede definir como esencialmente biométrico, con criterios de selección agronómicos y morfofisiológicos y con distinto grado de participación de la genética con métodos de selección y técnicas diversas basadas en la genética de poblaciones y la genética cuantitativa, complementado incipientemente con técnicas de la biología molecular para caracterizar germoplasma y genotipos (Rimieri y Wolf, 2010).

Las introducciones de germoplasma de festuca en la Argentina en la década del '40 fueron la base para la obtención de la variedad nacional El Palenque MAG y para la comercialización de variedades de otros orígenes (Rosso *et al.*, 2007). El germoplasma inscripto actualmente en el Registro Nacional de Cultivares asciende a 105 variedades, 13 inscriptas como festuca y 92 como festuca alta (INASE, 2014). A partir de la población Pergamino El Palenque MAG se efectuó un estudio de la variabilidad genética y al mismo tiempo se inició la selección de genotipos y descendencias de medios hermanos para la obtención de cultivares sintéticos. Así se obtuvo Palenque Plus INTA, constituido por 40 genotipos seleccionados de 256 de la población original.

La población original presenta una base genética muy amplia así como también el nuevo cultivar. La alogamia, el origen hexaploide y la gran variabilidad de la población original confluyen para mantener una base genética amplia. Sin embargo, y a pesar de ello, el nuevo cultivar es distinguible morfológica, agronómica y bioquímicamente (HPLC) de la población que le dio origen. Para conocer el mínimo número de genotipos constituyentes de un cultivar sintético en una forrajera de este tipo y de utilización en pastoreo, se obtuvieron varias sintéticas experimentales entre 7 y 50 genotipos seleccionados de Palenque Plus INTA. Todas fueron aptas agronómicamente y distinguibles, pero lo más notable fue la gran variabilidad conservada en la sintética de 7 genotipos, devenido en un cultivar comercial llamado Brava INTA. La alogamia, el origen hexaploide y la variabilidad remanente en Palenque Plus INTA confluyeron para mantener una base genética todavía amplia en un cultivar sintético de base genética estrecha por definición (Rimieri y Wolf, 2010).

Actualmente se busca mejorar en las variedades existentes la calidad del forraje, la digestibilidad, la palatabilidad así como también la velocidad de implantación. En Europa, la mejora de gramíneas forrajeras ha tenido como objetivo la creación de cultivares más productivos, sin considerar la posible influencia de la presencia de los hongos endófitos. El porcentaje de infección de hongos en los recursos fitogenéticos es elevado, por lo que se debe tener en cuenta por posibles interacciones en la expresión de ciertos caracteres de las plantas hospedadoras (López y Oliveira, 2000).

La colección de ecotipos adaptados a condiciones diferenciales es una fuente de germoplasma que puede proveer la variabilidad genética y plasticidad necesaria para llevar a cabo programas de mejoramiento (Duyvendak y Luesink, 1979). Los objetivos principales que tienen los programas para el desarrollo de nuevas variedades se centran en la producción de forraje, la estacionalidad de la producción, la persistencia, la palatabilidad y la facilidad de manejo (Rodríguez, 1981).

La asignatura Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UN de Río Cuarto, desarrolla un proyecto de mejoramiento de especies forrajeras que incluye la evaluación de poblaciones naturalizadas de festuca alta, obtenidas a partir de colectas realizadas en el Centro Sur de Córdoba y Este de San Luis durante 2010/11. A partir de estudios morfofisiológicos y productivos realizados en el 2012 y el 2013 se seleccionaron 24 plantas de cada población para evaluarlas a campo. El presente Trabajo Final de Grado dio continuidad durante el ciclo 2015 al proceso de evaluación comenzado en el 2014.

## **Hipótesis**

Poblaciones de *Festuca arundinacea* naturalizadas en el ambiente subhúmedo-semiárido pampeano presentan variaciones fenotípicas atribuibles a causas genéticas.

## **Objetivos**

- ✓ Evaluar la producción de biomasa área en poblaciones de festuca.
- ✓ Determinar los parámetros genéticos varianza genética, ambiental y fenotípica y estimar heredabilidad en sentido amplio en caracteres de interés agronómico.
- ✓ Identificar poblaciones con comportamiento agronómico superior.





**Cuadro 1.** Denominación, ubicación geográfica y zona de referencia de las poblaciones recolectadas durante los años 2010 y 2011.

<b>Población</b>	<b>Ubicación geográfica</b>	<b>Zona de referencia</b>
3255-623	32°55'38" S; 64°21'45" O	Zona Norte de Río Cuarto
3253-629	32°53'10" S; 64°22'15" O	
3243-645	32°43'34" S; 64°20'49" O	
3250-BAI	32°50'41" S; 64°21'13" O	
3305-BAR	33°05'53" S; 64°50'36" O	Zona Oeste de Río Cuarto
3018-DP	33°09'35" S; 64°55'43" O	
3307-SLU	33°07'26" S; 65°08'54" O	Zona Este prov. de San Luis
3306-CRE	33°06'82" S; 64°41'23" O	Zona Noroeste de Río Cuarto
3302-LAG	33°02'64" S; 64°27'52" O	
3320-NOR	33°20'18" S; 64°44'31" O	Zona Suroeste de Río Cuarto

Las poblaciones están implantadas a campo en un ensayo con 24 plantas por población ubicado en el CAMDOCEX – FAV, utilizando un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones logradas a través de la división vegetativa de cada planta (clones). El DBCA agrupa las parcelas experimentales en bloques con el objeto de controlar alguna causa conocida de variación, en este caso el gradiente de suelo y la dirección de los vientos predominantes. Cada bloque constituye una repetición y en cada uno están representadas todas las poblaciones una sola vez. La distribución de las poblaciones dentro de cada bloque se realizó al azar.

El ensayo incluyó cuatro materiales de referencia, los cultivares El Palenque INTA y Baleron (Forrateg) y las colecciones 017 y 509 provistas por el banco de germoplasma de la EEA INTA Pergamino.

La unidad experimental está constituida por cada planta en donde se evaluó, durante el 2015, los siguientes caracteres:

Vegetativos:

- Altura de planta (cm).
- Diámetro de planta (cm).
- Número de macollos/planta.
- Producción total de biomasa/planta en tres cortes (g/planta).
- Producción total de biomasa en el ciclo de crecimiento (g/planta).

- Materia seca (%).

Reproductivos:

- Número de panojas por planta.
- Largo de panoja (cm).
- Peso de granos/planta (g/planta).
- Momento de floración.

La altura de la planta se midió desde el ras del suelo hasta el ápice y el diámetro de planta se midió en centímetros previo a cada corte. La altura se evaluó considerando tres repeticiones en el segundo corte debido a dificultades al momento de la toma de datos en la repetición cuatro. La producción total de biomasa por planta, se midió durante los tres cortes. Para ello se cortó la planta simulando el pastoreo del animal y se pesó el material verde. Al mismo momento se registró el número de macollos por planta. Luego se dejó secar el material hasta peso constante y se obtuvo el peso seco para obtener el porcentaje de materia seca.

Para determinar los caracteres reproductivos, se cortaron las panojas, contabilizando el número por planta, se desgranaron y se pesó la semilla obtenida. La longitud de las panojas se registró en una muestra de tres panojas por planta, promediando el valor obtenido. El carácter mencionado se evaluó en dos repeticiones debido a que se tomó la decisión de medir esta variable luego de haber procesado dos repeticiones. El momento de floración, se evaluó observando el panojamiento en las planta y se utilizó un índice para definir si estaban en comienzo, medio o fin de floración.

Los caracteres fueron analizados mediante ANAVA y/o ANCOVA (para aquellas variables en la que el peso seco de verano resultó una covariable significativa). Para diferenciar las poblaciones se efectuó la Prueba de Diferencia de medias DGC (Balzarini *et al.*, 2008).

Los modelos utilizados fueron:

ANAVA:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

donde,

$Y_{ij}$  = comportamiento medio de la población  $i$  en la repetición  $j$ ;

$\mu$  = media general;

$\alpha_i$  = efecto de la población i;

$\beta_j$  = efecto de la repetición j;

$\varepsilon_{ij}$  = término de error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$ .

ANCOVA:

donde,

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta x_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

$\mu$ : media poblacional

$\alpha_i$ : efecto de la población i;

$\beta$ : coeficiente de regresión lineal (tasa de cambio en “y” frente a una unidad de cambio en “x”)

$x_{ij}$  = efecto de la covariable;

$\varepsilon_{ij}$  = término de error aleatorio asociado a la observación  $Y_{ij}$ .

La normalidad de los residuos y la homogeneidad de los datos se probaron mediante la prueba de Shapiro-Wilks y Q-Q plot. Para los caracteres peso seco de verano, peso seco del segundo y tercer corte, suma de tres cortes, macollos del tercer corte, macollos reproductivos y peso de grano en los cuales no se cumplía la normalidad, se procedió a transformar los datos a  $\ln(x)$ .

Las varianzas genóticas, ambientales y fenotípicas se estimaron a partir de los cuadrados medios del ANAVA y ANCOVA a partir de las siguientes fórmulas (Pistorale *et al.*, 2008):

$$\text{Varianza genética } (\sigma^2_G) = (CM_P - CM_E) / r$$

$$\text{Varianza ambiental } (\sigma^2_A) = CM_E$$

$$\text{Varianza fenotípica } (\sigma^2_F) = \sigma^2_G + \sigma^2_A$$

donde,

$CM_p$  = cuadrado medio de las poblaciones;

$CM_e$  = cuadrado medio del error experimental;

$r$  = número de repeticiones;

En cada población, se calcularon los coeficientes de variación genética, fenotípica y ambiental y la Heredabilidad en Sentido Amplio o Grado de Determinación Genética (GDG) (Pistorale *et al.*, 2008), según:

$$\text{Coeficiente de variación genética (CVG)} = (\sqrt{\sigma^2_G \times 100}) / \bar{X}$$

$$\text{Coeficiente de variación fenotípica (CVF)} = (\sqrt{\sigma^2_F \times 100}) / \bar{X}$$

$$\text{Coeficiente de variación ambiental (CVM)} = (\sqrt{\sigma^2_A \times 100}) / \bar{X}$$

$$\text{Heredabilidad en sentido amplio (GDG)} = \sigma^2_G / \sigma^2_F$$

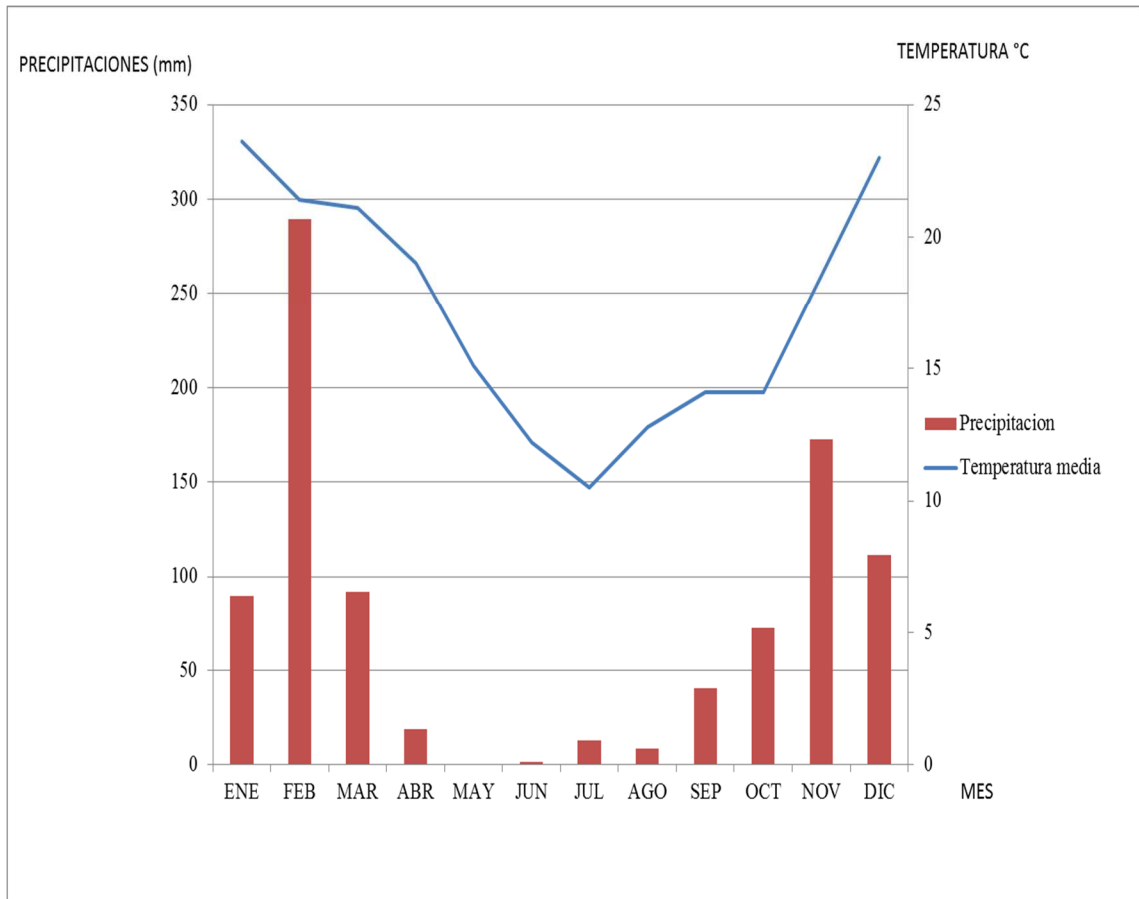
Los análisis estadísticos se realizaron con el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La temperatura media anual del año 2015, en que se realizó el ensayo fue 17°C, con una temperatura máxima de 32°C en el mes de enero y una temperatura mínima de 3°C en el mes de julio. La precipitación anual fue de 910 mm, concentrándose principalmente en los meses de verano (Figura 4). Los valores de temperatura registrados durante el año del ensayo son similares a los normales para la región de Río Cuarto, mientras que la precipitación fue 10% superior.

**Cuadro 2.** Temperatura media mensual y precipitación mensual normal. Río Cuarto, Córdoba. 2015

Mes	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Enero	22	137
Febrero	22	86
Marzo	19	93
Abril	15	56
Mayo	12	28
Junio	9	9
Julio	9	13
Agosto	11	11
Septiembre	13	30
Octubre	17	72
Noviembre	19	118
Diciembre	21	127



**Figura 4.** Precipitación y temperatura media mensual del periodo de crecimiento de festuca. Río Cuarto, Córdoba. 2015. Ref: ENE: enero; FEB: febrero; MAR: marzo; ABR: abril; MAY: mayo; JUN: junio; JUL: julio; AGO: agosto; SEP: sep; OCT: octubre; NOV: noviembre; DIC: diciembre.

Durante los meses de invierno, la temperatura media fue aproximadamente un grado superior a la normal para la región y la precipitación fue superior. En los meses de primavera, ocurrió lo mismo.

*Estadística descriptiva de los caracteres medidos.*

En el Cuadro 3 se presenta la media, el desvío estándar y el rango de variación de los caracteres medidos en cada corte en plantas de festuca alta.

**Cuadro 3.** Media, desvío estándar y rango de variación en los caracteres medidos en festuca. Río Cuarto, Córdoba. 2015.

<b>Cortes</b>	<b>Carácter</b>	<b>Media</b>	<b>E.E.</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Corte de verano	PS	60,72	48,60	0,42	764,54
	MS(%)	34,39	5,91	15,46	59,88
	MAC	54,45	19,34	3,00	144,00
Primer corte	PS	34,87	25,87	0,60	329,99
	MS(%)	29,77	3,52	12,00	53,36
	MAC	48,86	18,31	4,00	144,00
	ALT	21,69	7,12	5,00	45,00
	DIAM	13,84	3,00	1,00	26,00
Segundo corte	PS	11,72	10,24	0,04	100,37
	MS (%)	41,20	6,18	22,65	60,84
	MAC	39,86	21,19	1,00	140,00
	ALT	13,07	4,37	5,00	30,00
	DIAM	15,33	3,43	3,00	30,00
Tercer corte	PS	13,49	12,68	0,00	105,91
	MS (%)	27,69	4,15	9,58	50,00
	MAC	28,95	17,61	1,00	321,00
	ALT	24,10	8,46	5,00	50,00
	DÍA	14,61	3,28	3,00	28,00
	PBIO	59,51	45,13	0,00	414,10
Cosecha	MF	1,37	1,08	0,00	3,00
	NP	7,99	10,43	0,00	91,00
	LP	9,43	3,44	1,00	20,67
	PG	0,45	0,61	0,00	6,54

D.E.: desvío estándar; PS: peso seco; MS (%): materia seca (%); MAC: número de macollos; ALT: altura de planta; DIAM: diámetro de planta; PBIO: producción total de biomasa en el ciclo de crecimiento; MF: momento de floración; NP: número de panojas; PG: peso de granos por planta; LP: largo de panoja.

La producción de biomasa por planta mostró variación en los diferentes cortes. El peso seco de verano mostró una media de  $61 \pm 49$  g/planta, la cual es tres veces superior a la media del tercer corte ( $14 \pm 13$  g/planta). Luego del corte de verano, el peso seco promedio disminuye.



El valor mínimo extremo se obtuvo en el tercer corte siendo de 0 g/planta y el valor máximo se obtuvo en el corte de verano (765 g/planta).

Teniendo en cuenta las ocho plantas por metro cuadrado del ensayo, la producción media de materia seca proyectada a hectárea, considerando la suma de los tres cortes, fue de 4760 kg/ha. Los valores obtenidos en este trabajo, son similares a los encontrados por Gil Báez *et al.* (2015), en la evaluación de trece poblaciones de *Trichloris crinita*, con dos cortes por año, que hallaron pesos secos por planta entre 31 g y 169 g. Por su parte, Pistorale *et al.* (2008) en la evaluación de diez poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en el campo experimental de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA, en Pergamino, obtuvieron una media de  $145 \pm 60$  g/planta con valores mínimos y máximos de 2 y 889 g/planta, respectivamente.

El porcentaje de materia seca presentó una media similar entre los cortes. Sin embargo, la media del segundo corte es mayor al resto, siendo de  $41 \pm 7\%$  y la media del tercer corte fue la menor,  $28 \pm 4\%$ . Los valores máximos para este carácter fueron similares en todos los cortes. No ocurre lo mismo para el valor mínimo, ya que el tercer corte presenta un porcentaje de materia seca inferior al resto. Rimieri *et al.* (2006) al evaluar 20 plantas de un ensayo de 350 poblaciones seleccionadas de festuca alta a partir del banco de germoplasma de la Estación Experimental Agropecuaria de Pergamino, encontraron un porcentaje de materia seca entre 27 y 34.

El número de macollos vegetativos disminuyó desde el corte de verano al tercer corte. En el corte de verano se obtuvo una media de macollos de  $54 \pm 19$ , la cual es tres veces superior a la del tercer corte. La menor cantidad de macollos se registró en el segundo y en el tercer corte, con una media de 40 y 29 macollos por planta, respectivamente. Valores similares fueron encontrados por Rodríguez *et al.* (2007) al evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada y de la frecuencia de defoliación sobre el macollaje de pasturas consociadas de *Paspalum dilatatum* y *Festuca Arundinacea*, donde el rango por planta fue de 36 a 88 macollos según la estación, con fertilización nitrogenada y baja frecuencia de defoliación.

La variable altura fue medida en el primer, segundo y tercer corte. La altura media del primer corte es similar a la del tercer corte siendo de  $22 \pm 7$  cm y  $24 \pm 8$  cm, respectivamente. El valor mínimo es igual en los tres cortes siendo de 5 cm y el máximo se diferencia entre los cortes, siendo de 45, 30 y 50 cm para el primer, segundo y tercer corte, respectivamente. Morales (2013) evaluó rendimiento y composición morfológica de *Festuca arundinacea*, *Festulolium* sp. y *Lolium multiflorum* en los campos de producción de la Unidad de Bovinos de

Carne denominada “La Pradera”, de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Encontró valores medios de altura de  $11 \pm 4$  cm en un primer corte; en un segundo corte la media fue de  $10 \pm 2$  cm; en el tercer corte la media fue de  $11 \pm 4$  cm. Las diferencias observadas entre el ensayo de festuca y el ensayo de Morales (2013), pueden deberse a que en este último la frecuencia de corte fue alta (menos de 28 días entre cortes), la cual no permitió que las plantas mostraran una mayor altura.

El diámetro fue medido en tres cortes. En los tres se halló una media similar, siendo de 14 cm, 15 cm y 15 cm para el primer, segundo y tercer corte, respectivamente. El mayor valor de diámetro se registró en el segundo corte siendo de 30 cm y el menor valor se halló en el primer corte, siendo de 1 cm. Valores similares fueron hallados por Rolhauser *et al.* (2007). Evaluó el efecto de la frecuencia de corte y la fertilización nitrogenada sobre la estructura poblacional de festuca en el campo experimental de la FAUBA y hallaron un diámetro de planta de 0,5 cm a 42 cm.

El carácter momento de floración brinda un valor aproximado de la longitud del ciclo. Mientras el índice se encuentre más cercano a un valor 0, la planta no ha alcanzado la floración. Por el contrario, mientras más cercano a un valor de 3, la planta se encuentra en floración avanzada. Se observó una media de 1, con un valor mínimo de 0 y un máximo de 3.

Con respecto a los caracteres reproductivos de *Festuca arundinacea*, se evaluó el número de panojas por plata, el largo de panoja y el peso de granos. Un amplio rango de variación se observó, con plantas que no presentaron panojamiento, mientras que otras lograron valores elevados de macollos reproductivos (máximo de 91 macollos). Gil Báez *et al.* (2015) al evaluar trece poblaciones de *Trichloris crinita* en el INTA EEA Anguil Ing. Agr. Guillermo Covas, La Pampa, encontraron un valor mínimo de 0 macollos reproductivos y un valor máximo de 8 en un primer ciclo de crecimiento, y un valor mínimo y máximo de 16 y 38 macollos, en un segundo ciclo.

El largo de panoja mostró una media de  $9 \pm 3$  cm, un valor mínimo de 1 cm y un valor máximo de 21 cm. Seker *et al.* (2014) al evaluar el rendimiento de *Dactylis glomerata* en Anatolia, Turquía, encontraron una media de 11 cm, un valor mínimo de 6 cm y un valor máximo de 20 cm. Estos valores son similares a los hallados en el presente trabajo final de grado.

Con respecto al peso de granos, la media es de  $0,5 \pm 0,6$  g/planta, el valor mínimo y máximo es de 0 y 7 gr/planta respectivamente. Seker *et al.* (2014) en *Dactylis glomerata*, hallaron un peso medio de granos de 13 g, superior al encontrado en el presente trabajo.

Las diferencias encontradas en los caracteres reproductivos entre los distintos autores y los valores del ensayo son debidas a que la cosecha de semillas festuca se retrasó, no coincidiendo con el momento óptimo.

#### *Análisis estadístico*

Para todos los caracteres evaluados, existieron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones ( $p < 0,05$ ). El peso seco de verano actuó como covariable para algunos caracteres ( $p < 0,05$ ). En el cuadro 4 y 5, se muestran los análisis de los caracteres medidos mediante ANOVA Y ANCOVA, con un ajuste moderado.

**Cuadro 4.** Análisis de los caracteres medidos en festuca mediante ANCOVA.

<b>Carácter</b>	<b>FV</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>Sig.</b>
MSV (%)	Población	13	148,13	***
	Bloque	3	3574,77	***
	Covariable	1	144,84	***
	Error	1307	24,89	
	Total	1324		
MACV	Población	13	1898,76	***
	Bloque	3	12646,73	***
	Covariable	1	27253,34	***
	Error	1307	303,05	
	Total	1324		
PS1C	Población	13	889,76	***
	Bloque	3	6042,09	***
	Covariable	1	593770,55	***
	Error	1305	184,39	
	Total	1322		
MAC1C	Población	13	2215,99	***
	Bloque	3	23103,17	***
	Covariable	1	3245,45	***
	Error	1305	250,59	
	Total	1322		
ALT1C	Población	13	252,11	***
	Bloque	3	6205,22	***
	Covariable	1	13590,11	***
	Error	1306	28,9	
	Total	1323		

(Continúa en página siguiente)

(Continuación de página anterior)

DIAM1C	Población	13	57,87	***
	Bloque	3	261,78	***
	Covariable	1	3274,84	***
	Error	1305	5,49	
	Total	1322		
PS2C	Población	13	1,97	***
	Bloque	3	7,96	***
	Covariable	1	339,91	***
	Error	1306	0,51	
	Total	1323		
MS2C (%)	Población	13	210,2	***
	Bloque	3	3070,83	***
	Covariable	1	1044,65	***
	Error	1306	27,98	
	Total	1323		
MAC2C	Población	13	1951,9	***
	Bloque	3	11296,76	***
	Covariable	1	115806,54	***
	Error	1306	336,37	
	Total	1323		
ALT2C	Población	13	83,42	***
	Bloque	2	135,25	***
	Covariable	1	5855,54	***
	Error	966	11,92	
	Total	982		
DIAM2C	Población	13	88,69	***
	Bloque	3	389,5	***
	Covariable	1	4921,62	***
	Error	1306	6,89	
	Total	1323		
PS3C	Población	13	2,28	***
	Bloque	3	8,26	***
	Covariable	1	239,4	***
	Error	1305	0,65	
	Total	1322		
MAC3C	Población	13	1,91	***
	Bloque	3	2,36	***
	Covariable	1	51,32	***
	Error	1304	0,34	
	Total	1321		
ALT3C	Población	13	783,38	***
	Bloque	3	6641,29	***
	Covariable	1	10187,31	***
	Error	1305	43,86	
	Total	1322		

(Continúa en página siguiente)

(Continuación de página anterior)

DIAM3C	Población	13	67,95	***
	Bloque	3	217,29	***
	Covariable	1	4108,96	***
	Error	1305	6,16	
	Total	1322		
PBIO	Población	13	0,98	***
	Bloque	3	5,09	***
	Covariable	1	299,46	***
	Error	1306	0,29	
	Total	1323		
MF	Población	13	7,5	***
	Bloque	3	137,51	***
	Covariable	1	42,52	***
	Error	1307	0,77	
	Total	1324		
NP	Población	13	17,03	***
	Bloque	3	97,94	***
	Covariable	1	18,27	***
	Error	1301	0,73	
	Total	1318		
PG	Población	13	26,11	***
	Bloque	3	48,49	***
	Covariable	1	48,69	***
	Error	1301	2,1	
	Total	1318		
LP	Población	1,3	33,96	***
	Bloque	1	6,2	***
	Covariable	1	191,7	***
	Error	603	11,09	
	Total	618		

FV: fuente de variación; gl: grado de libertad; CM: cuadrado medio; Sig.: significancia. \*\*\* (p<0,0001)  
MSV (%): materia seca de verano (%); MACV: número de macollos de verano; PS1C: peso seco del primer corte; MAC1C: número de macollos del primer corte; ALT1C: altura de planta primer corte; DIAM1C: diámetro de planta del primer corte; PS2C: peso seco del segundo corte; MS2C (%): materia seca del segundo corte (%); MAC2C: número de macollos del segundo corte; ALT2C: altura de planta del segundo corte; DIAM2C: diámetro de planta del segundo corte; PS3C: pesos seco del tercer corte; MAC3C: número de macollos del tercer corte; ALT3C: altura de planta del tercer corte; DIAM3C: diámetro de planta del tercer corte; PBIO: producción total de biomasa en el ciclo de crecimiento; MF: momento de floración; NP: número de panojas; PG: peso de granos por planta; LP: largo de panoja.

**Cuadro 5.** Análisis de los caracteres medidos en festuca mediante ANOVA.

<b>Carácter</b>	<b>FV</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>Sig.</b>
PSV	Población	13	5782,24	***
	Bloque	3	87461,09	***
	Error	1308	2132,81	
	Total	1324		
MS1C (%)	Población	13	115,14	***
	Bloque	3	405,79	***
	Error	1311	10,46	
	Total	1327		
MS3C (%)	Población	13	53,8	***
	Bloque	3	915,44	***
	Error	1311	14,77	
	Total	1327		

FV: fuente de variación; gl: grado de libertad; CM: cuadrado medio; Sig.: significancia. \*\*\* ( $p < 0,0001$ )  
PSV: peso seco de verano; MS1C (%): materia seca del primer corte (%); MS3C: materia seca del tercer corte (%).

El peso seco del corte de verano mostró diferencias significativas entre poblaciones con un  $p=0,0001$ . El cultivar Palenque-INTA mostró un peso seco de verano superior al resto (73 g/planta), sin diferencias significativas con las poblaciones 3306-CRE, 3250-BAI, 3253-629, 3243-645, 3302-LAG, 3320-NOR y la variedad Baleron (Forratec).

El porcentaje de materia seca de verano fue influenciado por el peso seco de verano ( $p=0,016$ ) y mostró diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones de festuca con un  $p < 0,0001$ . La colección 017 y la población 3255-623 se destacan del resto, presentando una media superior de 37 y 36%, respectivamente. Las poblaciones con el menor valor de fueron 3305-BAR y 3306-CRE, siendo estos de 33 y 32%, respectivamente. Las demás poblaciones son similares entre sí, pero difieren de las mencionadas anteriormente.

El número de macollos vegetativos de verano mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$  y fue influenciado por el peso seco de verano ( $p < 0,0001$ ). La población 3243-645 con una media de 61 macollos y la colección 509, con una media de 61 macollos, fueron los que se destacaron del resto de los materiales, pero son similares a la población 3305-BAR, 3255-623 y 3307-SLUy 130 SL. El resto de los materiales difieren de las anteriores presentando valores más bajos.

En el primer corte el peso seco de verano actuó como covariable para los caracteres peso seco ( $p < 0,0001$ ), número de macollos vegetativos ( $p = 0,0003$ ), altura ( $p < 0,0001$ ) y diámetro ( $p < 0,0001$ ).

El peso seco mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Palenque-INTA, 3302-LAG y Baleron (Forrtec) mostraron valores de peso seco superior al resto y similares entre ellas, siendo de 422, 40 y 38 g/planta, respectivamente.

Con respecto al porcentaje de materia seca existieron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones ( $p < 0,0001$ ). La colección 017, con una media de 31%, Palenque-INTA con una media de 31% y la población 3302-LAG con un valor de 31% mostraron superioridad sobre el resto. La colección 509 mostró el menor porcentaje de materia seca (27%). Esta colección se diferencia completamente del resto.

En el número de macollos vegetativos existieron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Se destaca la población 3243-645 con una media de 59 macollos, siendo diferente significativamente del resto.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones para el carácter altura de planta con un  $p < 0,0001$ . Palenque-INTA, se diferencia del resto, presentando una altura superior (24 cm).

El diámetro de primer corte mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . La colección 509 fue superior al resto con una media de 16 cm. Las poblaciones y materiales de referencia que presentan los menores valores de diámetro son 3307-SLU, Palenque-INTA, 3018-DP y 017.

Para el segundo corte, el peso seco de verano tuvo influencia y fue usado como covariable sobre los caracteres peso seco ( $p < 0,0001$ ), porcentaje de materia seca ( $p < 0,0001$ ), número de macollos vegetativos ( $p < 0,0001$ ), altura ( $p < 0,00019$ ) y diámetro ( $p < 0,0001$ ).

El peso seco mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Baleron (Forrtec) y 509 con una media de 15 g/planta para ambos, presentan un peso seco superior al resto.

Con respecto al porcentaje de materia seca existieron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . La colección 017 mostró superioridad con una media de 43%. 509 fue el que presentó la menor media siendo de 37%.

Para el número de macollos vegetativos existieron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Se destacan la población 509 y la variedad Baleron (Forrateg) con una media de 49 y 48 macollos, respectivamente.

En el caso del carácter altura, existieron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . La colección 509 se diferencia del resto presentando una altura media de 14 cm, pero sin diferencias estadísticas con las poblaciones 3018-DP, 3302-LAG, 3243-645, 3320-NOR, 3255-623 y las variedades Palenque-INTA y Baleron (Forrateg).

El diámetro mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Se diferenció 509 con una media de 18 cm.

El peso seco de verano actuó como covariable sobre el peso seco ( $p < 0,0001$ ), el número de macollos ( $p < 0,0001$ ), altura ( $p < 0,0001$ ), diámetro del tercer corte ( $p < 0,0001$ ) y momento de floración ( $p < 0,0001$ ).

El peso seco mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Palenque-INTA es el que presentó un peso seco superior al resto, siendo de 16 g/planta.

Con respecto al porcentaje de materia seca, existieron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Los materiales de referencia y las poblaciones que se destacan son 017, 3320-NOR, 3255-623 y Baleron (Forrateg) con medias de 29%, 29%, 29% y 28%, respectivamente.

El número de macollos vegetativos mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones ( $p < 0,0001$ ). La colección 509 y la población 3243-645 con una media 36 y 35 g/planta respectivamente, superan al resto de las poblaciones.

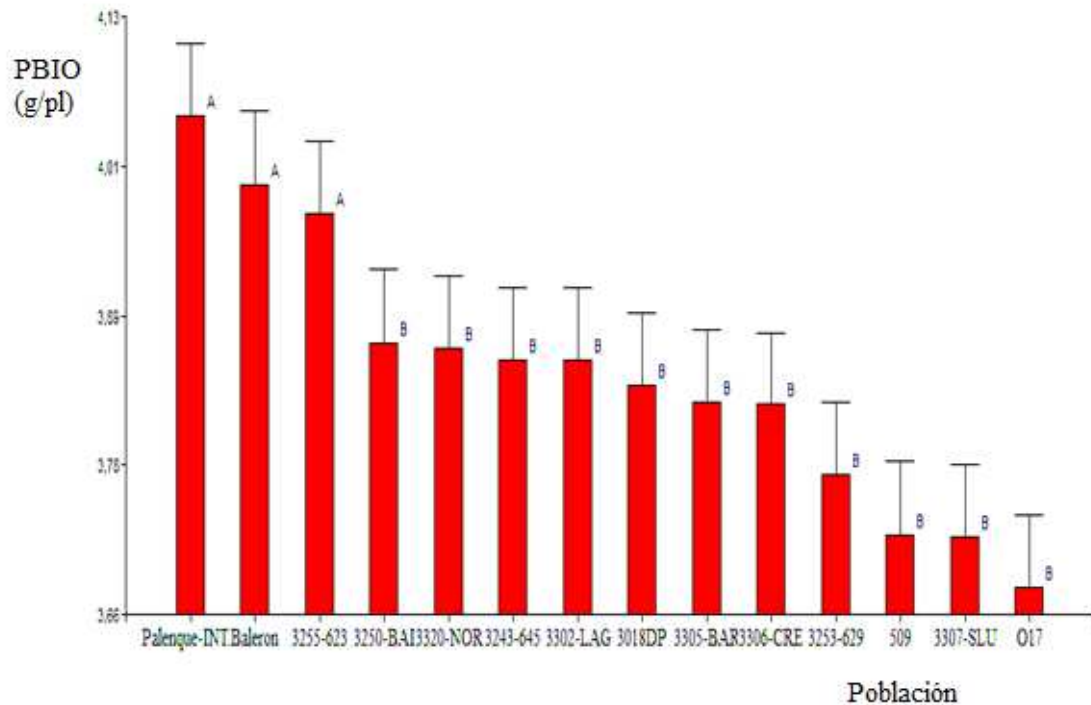
En el carácter altura, existieron diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Palenque-INTA con una altura media de 29 cm, supera al resto.

El diámetro mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Se diferenció la colección 509 con una media de 17 cm. La colección 017 presentó la menor media, siendo esta de 13 cm.

La suma de los tres cortes o producción de biomasa mostró diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$  y el peso seco de verano fue utilizado como



covariable ( $p < 0,0001$ ). Palenque-INTA, Baleron (Forratec) y la población 3302-LAG son las de mayor producción de biomasa, con una media de 70, 67 y 67 g/planta, respectivamente (Figura 5).



**Figura 5.** Diferencias entre poblaciones en la producción de biomasa. Río Cuarto, Córdoba 2015. REF: PBIO (gr/pl): producción de biomasa (gramos/planta).

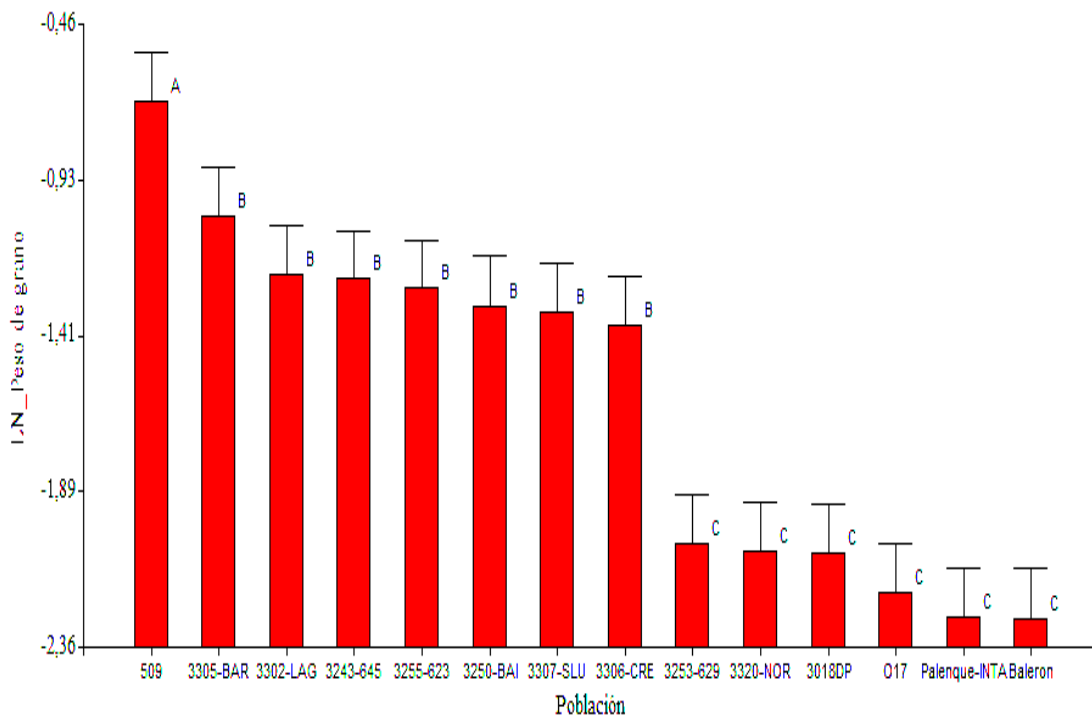
Con respecto al ciclo de la planta de acuerdo al momento de floración, se observaron diferencias significativas entre poblaciones con un  $p < 0,0001$ . Las poblaciones 3255-623, 3253-629 y las variedades Palenque-INTA y Baleron (Forratec) presentaron un ciclo más largo y similar entre ellos.

En lo que respecta a los caracteres reproductivos, en todos ellos el peso seco de verano actuó como covariable ( $p < 0,0001$ ).

Para el carácter, número de macollos reproductivos, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones con un  $p < 0,0001$ . La colección 509 se destacó sobre el resto con una media de 2 gramos.

Existieron diferencias estadísticamente significativas entre las poblaciones para el carácter largo de panoja ( $p=0,0002$ ). La colección 509, con una media de 12 cm, supera significativamente al resto de las poblaciones.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para el carácter peso de granos entre las poblaciones con un  $p<0,0001$ . La colección 509, con un peso medio de 0,81 g, fue el de mayor producción (Figura 6).



**Figura 6.** Diferencias entre poblaciones para el carácter peso de grano. Río Cuarto, Córdoba 2015.

*Determinación de heredabilidad en sentido amplio.*

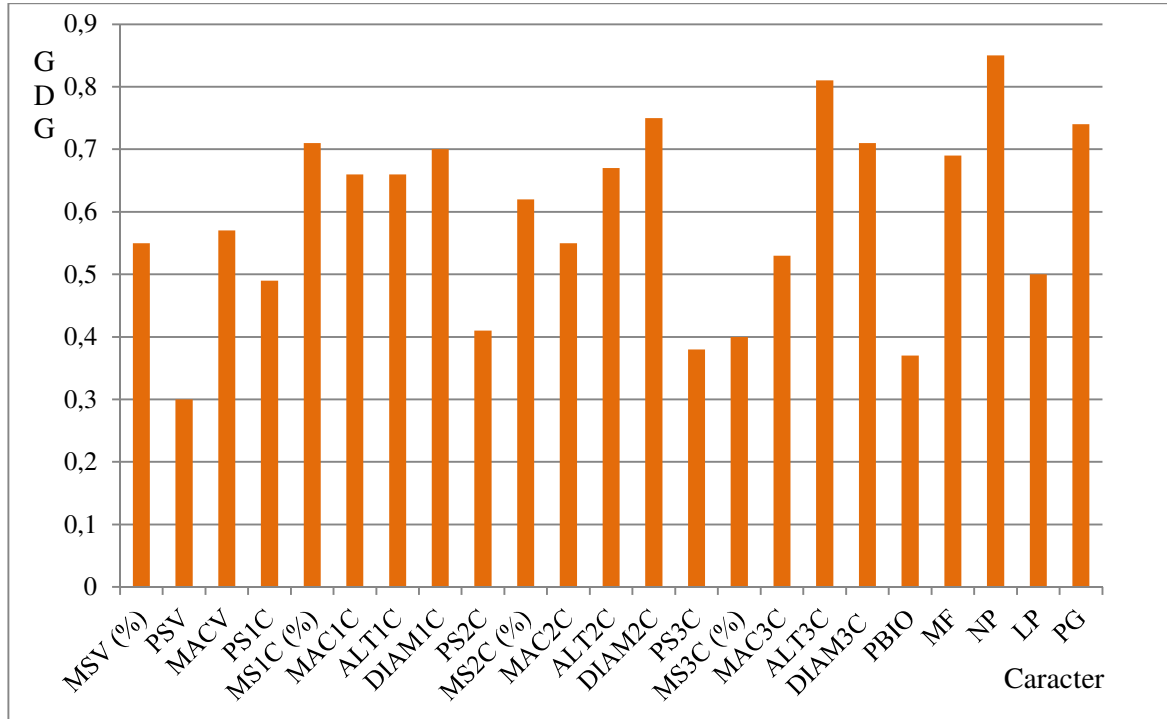
En el Cuadro 6 se resumen los valores obtenidos de varianza genética, ambiental y fenotípica, coeficiente de variación genética, coeficiente de variación fenotípica y grado de determinación genética para los caracteres evaluados en festuca alta durante 2015.

**Cuadro 6.** Varianza genética, ambiental y fenotípica, coeficiente de variación genética, coeficiente de variación fenotípica y grado de determinación genética para los caracteres evaluados en festuca. Río Cuarto, Córdoba 2015.

Cortes	Carácter	VG	VA	VF	CVG	CVF	GDG
Corte de verano	MS (%)	30,81	24,89	55,70	16,14	21,70	0,55
	PS	0,07	0,16	0,23	0,44	0,79	0,30
	MAC	398,92	303,05	701,97	36,68	48,66	0,57
Primer corte	PS	176,34	184,39	360,73	38,08	54,47	0,49
	MS (%)	26,17	10,46	36,63	17,18	20,33	0,71
	MAC	491,35	250,59	741,94	45,37	55,75	0,66
	ALT	55,80	28,90	84,70	34,44	42,43	0,66
	DIAM	13,09	5,49	18,58	26,14	31,14	0,70
Segundo corte	PS	0,36	0,51	0,87	5,12	7,96	0,41
	MS (%)	45,55	27,98	73,53	16,38	20,81	0,62
	MAC	403,80	336,37	740,17	50,41	68,25	0,55
	ALT	23,83	11,92	35,75	37,35	45,75	0,67
	DIAM	20,45	6,89	27,34	29,50	34,11	0,75
Tercer corte	PS	0,40	0,65	1,05	4,69	7,60	0,38
	MS (%)	9,75	14,77	24,52	11,28	17,88	0,40
	MAC	0,39	0,34	0,73	2,16	2,95	0,53
	ALT	184,88	43,86	228,74	56,42	62,76	0,81
	DIAM	15,44	6,16	21,60	26,90	31,81	0,71
	PBIO	0,17	0,29	0,46	0,69	1,14	0,37
	MF	1,68	0,77	2,45	94,61	114,25	0,69
Cosecha	NP	4,07	0,73	4,80	25,25	27,42	0,85
	LP	11,28	11,37	22,65	35,62	50,47	0,50
	PG	6,00	2,10	8,10	544,42	632,53	0,74

REF: VG= varianza genética; VA= varianza ambiental; VF= varianza fenotípica; CVG= coeficiente de variación genética; CVF= coeficiente de variación fenotípica; GDG= grado de determinación genética. PS: peso seco; MS (%): materia seca (%); MAC: número de macollos; ALT: altura de planta; DIAM: diámetro de planta; PBIO: producción total de biomasa en el ciclo de crecimiento; MF: momento de floración; NP: número de panojas; PG: peso de granos por planta; LP: largo de panoja.

La heredabilidad en sentido amplio (o Grado de determinación genético GDG) para los caracteres evaluados, varió entre 0,30 y 0,85. Considerando que el GDG es bajo cuando el valor es de 0,2, medio cuando es entre 0,2 y 0,5, y alto cuando es mayor a 0,5, los caracteres medidos presentan un valor medio a alto de heredabilidad (Figura 7).



**Figura 7.** Grado de determinación genético de los caracteres medidos. Río Cuarto, Córdoba 2015. REF: PSV: peso seco; PS1C: peso seco del primer corte; PS2C: pesos seco del segundo corte; PS3C: peso seco del tercer corte; MSV (%): materia seca de verano (%); MS1C (%): materia seca del primer corte (%); MS2C (%): materia seca del segundo corte (%); MS3C (%): materia seca del tercer corte (%); MAC: número de macollos de verano; MAC1C: número de macollos del primer corte; MAC2C: número de macollos del segundo corte; MAC3C: número de macollos del tercer corte; ALT1C: altura de planta del primer corte; ALT2C: altura de planta del segundo corte; ALT3C: altura de planta del tercer corte; DIAM1C: diámetro de planta del primer corte; DIAM2C: diámetro de planta del segundo corte; DIAM3C: diámetro de planta del tercer corte; PBIO: producción total de biomasa en el ciclo de crecimiento; MF: momento de floración; NP: número de panojas; PG: peso de granos por planta; LP: largo de panoja. GDG: grado de determinación genética.

El peso seco de verano, primer, segundo, tercer corte y la suma de los tres cortes presentan una heredabilidad media. El valor de GDG para el peso seco de verano es de 0,30, el del primer corte es de 0,49, el del segundo es de 0,41, el del tercer corte es de 0,38 y la suma de los tres cortes es de 0,37. Araghi *et al.*, (2014) reportaron una heredabilidad en *Bromus inermis* de 0,37 en el primer corte, 0,22 en el segundo y 0,54 en el tercero para esta variable, al evaluar familias de medios hermanos.

El valor de heredabilidad del largo de panoja también fue medio (0,5). Seker *et al.* (2014) estimó una heredabilidad en *Dactylis glomerata* de 0,83 para el largo de panoja, mientras

que Araghi *et al.* (2014) determinaron un GDG de 0,81 para el largo de panoja en *Bromus inermis*, los cuales son similares entre sí, pero diferentes a los estimados en el presente trabajo.

Los demás caracteres, presentaron una heredabilidad alta. El GDG del porcentaje de materia seca de verano, primer corte y segundo fue de 0,55, 0,71 y 0,62, respectivamente.

El número de macollos presentó valores de 0,57 en el corte de verano, 0,66 en el primer corte, 0,55 en el segundo y 0,53 en el tercer corte. Estos valores son similares al hallado por Pistorale *et al.* (2008), siendo la heredabilidad de 0,55 para este carácter en *Thinopyrum ponticum*.

La altura presentó valores de 0,66 el primer corte, 0,67 en el segundo y 0,81 en el tercer corte. En *Dactylis glomerata* L., Seker *et al.* (2014) determinaron un GDG para altura de 0,9, al evaluar el rendimiento biológico, agronómico y la heredabilidad para esos caracteres de 8 clones de cada genotipo y Araghi *et al.* (2014) al evaluar en *Bromus inermis* la varianza genética total, heredabilidad, capacidad combinatoria general, capacidad fenotípica y correlación genotípica entre diferentes caracteres en familias de medio-hermano (HS) derivadas de 25 genotipos principalmente originarios de Irán, obtuvieron un valor de 0,32. La heredabilidad estimada por Seker *et al.* (2014) se asemeja a la estimada en este trabajo.

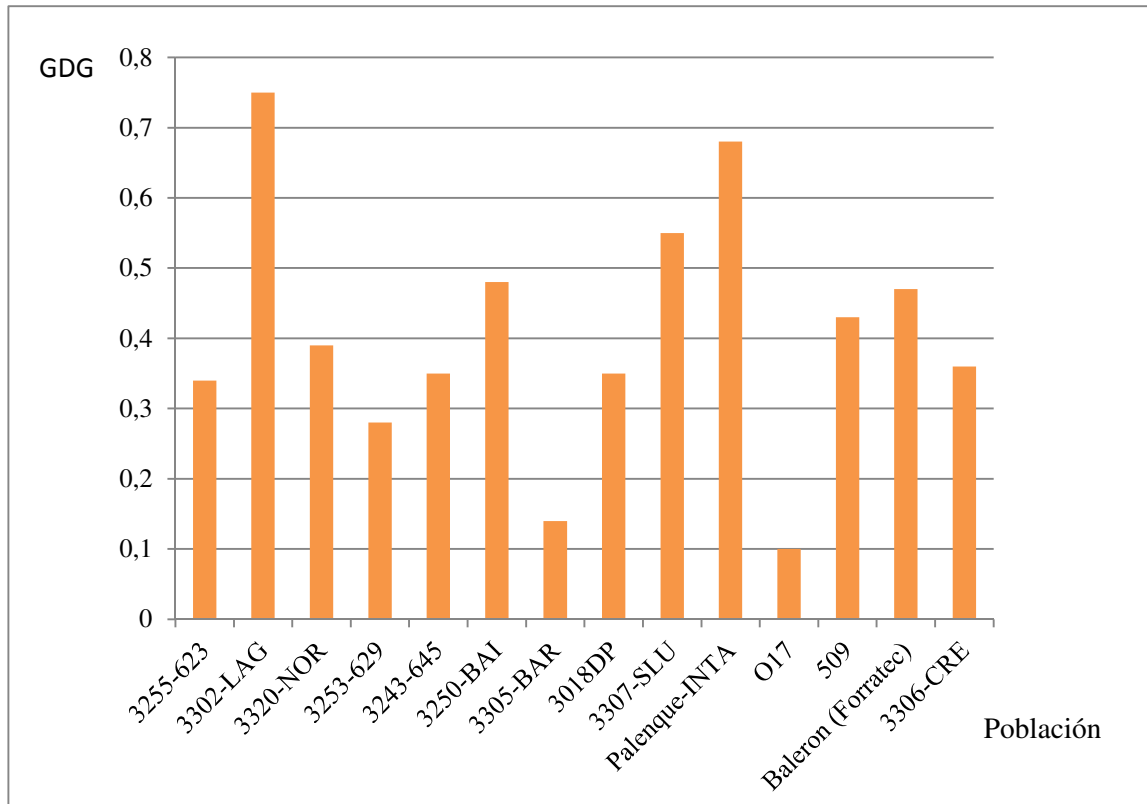
En el caso del diámetro de planta, el GDG fue de 0,70, 0,75 y 0,71 para el primer, segundo y tercer corte. Seker *et al.* (2014) hallaron una heredabilidad de 0,56 para este carácter en *Dactylis glomerata* L. y Araghi *et al.* (2014) de 0,6 en *Bromus inermis*.

Para la longitud de ciclo, determinada a través del momento a floración, la heredabilidad fue de 0,69. En el caso de los caracteres reproductivos, el GDG fue de 0,85 para el número de macollos reproductivos y 0,74 para el peso de granos. A diferencia de lo aquí observado, Pistorale *et al.*, (2008), registraron un GDG de 0,19 para número de espigas en *Thinopyrum ponticum*, mientras que Seker *et al.* (2014) estimaron una heredabilidad en *Dactylis glomerata* para el peso de semillas de 0,64.

En la determinación de la heredabilidad en sentido amplio de la producción de biomasa en el ciclo de crecimiento para cada población, se encontraron valores bajos, medios y altos.

La heredabilidad en las poblaciones 3302-LAG, 3307-SLU y en la variedad Palenque-INTA fue alta. En los tres casos superan un valor de 0,5 y fue la población 3302-LAG la que presentó mayor GDG (0,75).

Las poblaciones 3255-623, 3320-NOR, 3253-629, 3243-645, 3250-BAI, 3018DP, 3306-CRE y los materiales 509 y Baleron (Forratec) mostraron una heredabilidad media. La heredabilidad para producción de biomasa fue baja para la población 3305-BAR y 017 (Figura 8).



**Figura 8.** Heredabilidad en sentido amplio de la producción de biomasa para cada población. Río Cuarto, Córdoba 2015. REF: GDG: grado de determinación genética.

## CONCLUSIONES

Las poblaciones mostraron diferencias estadísticamente significativas para los caracteres vegetativos y reproductivos, lo que permite discriminar o favorecer a algunas de ellas de acuerdo al objetivo de selección que se posea. Ciertas poblaciones se destacaron sobre las demás para cada carácter.

En algunos de los caracteres fue importante considerar el peso seco de verano como covariable, ya que este influyó sobre el carácter de interés y permitió disminuir el error experimental.

En festuca es muy importante considerar la producción de biomasa ya que es una planta forrajera. Este carácter mostro diferencias entre poblaciones, destacándose la variedad Palenque-INTA, Baleron (fornatec) y la población 3302-LAG. Palenque-INTA y Baleron (fornatec) son variedades comerciales, lo cual es acorde que presenten superioridad con respecto a las demás poblaciones. La población 3302-LAG mostro una buena producción, por lo cual se puede dar importancia a su mejoramiento.

En el caso de los caracteres reproductivos, se destacó la colección 509, la cual es comercial. Estos caracteres se deben tener en cuenta si el objetivo es la producción de semillas.

La heredabilidad en sentido amplio que se obtuvo para cada carácter mostro que la varianza genética explica una gran proporción de la varianza fenotípica.

Es posible seleccionar poblaciones de festuca con respecto a la producción de biomasa, ya que la heredabilidad registrada fue media. La heredabilidad de tres testigos fue media y alta, lo cual demuestra que se podría continuar seleccionando dentro de ella para el carácter producción de biomasa.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGNUSDEI, M. 2013. Las pasturas, un buen truco para transformar la ganadería. *Desarrollo Argentino*. XXIX (157):22.
- ARAGHI, B., B. MOHAMMAD, M.M. MOHAMMAD y M. AGHAFAKHR. 2014. Application of half-sib mating for genetic analysis of forage yield and related traits in *Bromus inermis*. *Euphytica* (2014) 196:25–34 DOI 10.1007/s10681-013-1011-2.
- BALZARINI, M., GONZALEZ, L., TABLADA M CASANOVES F., DI RIENZO J.A. y C.W. ROBLEDO. 2008. Infostat. Manual del Usuario. Ed. Brujas. Córdoba, Argentina.
- BEGUET, H.A. 2002. Manejo de pastizales naturales serranos. Cursos de producción bovina de carne. FAV, UNRC. p: 1-5.
- BERTIN, O.D. 2009. Diagnóstico y perspectivas de los forrajes y pasturas en Argentina. *Producir XXI*. 17(211):16-20.
- BURKE, J.M, S.W. COLEMAN, C.C. CHASE, D.G. RILEY, M.L. LOOPER, y M.A. BROWN. 2010. Interaction of breed type and endophyte-infected tall fescue on milk production and quality in beef cattle. *Journal of Animal Science* 88: 2802-2803.
- CANALS, M.R. 2016. Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica, Festuca arundinacea Schreber.: cañuela. En:[http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Fest\\_arun\\_p.htm](http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Fest_arun_p.htm). Consultado: 15-10-2016.
- DI RIENZO J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- DIAZ, M., V. ECHENIQUE, G. SCHRAUF, S. CARDONE, P. POLCI, E. LUTZ y G. SPANGENBERG. 2004. Biotecnología y mejoramiento genético de especies forrajeras. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 33(3):77-104.
- DUYVENDAK, R. y B. LUESINK. 1979. Preservation of genetic resources in grasses. In: *Proc. Conference Broadening Genetics*. Base Crops, 1978. Pudoc, Wageningen, The Netherlands. p: 67-73.



- FONSECA, H. 2011. Produccion de Festuca arundinacea Schreb. *Sembrada sola y en mezcla con Dactylis glomerata L. en un andisol de la región de la Araucania*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. 70 p.
- GIL BÁEZ, C., R. ORDINOLA AGÜERO, R.D. ERNST y M.A. RUIZ. 2015. Caracterización morfológica, biomasa aérea y calidad en distintas poblaciones de *Trichloris crinita*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. La Pampa. Argentina. *Arch. Zootec.* 64 (245): 49-56.
- INASE. 2014. Instituto Nacional de Semillas. Catálogo de Cultivares - Registro Nacional de Cultivares. On line. En: <http://www.inase.gov.ar/consultaGestion/gestiones>. Consultado: 30/10/2014.
- INDEC. 2005. ENCUESTA NACIONAL AGROPECUARIA. EN: [http://www.indec.mecon.ar/nivel4\\_default.asp?id\\_tema\\_1=3&id\\_tema\\_2=8&id\\_tema\\_3=88](http://www.indec.mecon.ar/nivel4_default.asp?id_tema_1=3&id_tema_2=8&id_tema_3=88). CONSULTADO: 31/10/2014.
- INTA. 2011. Documento base de área estratégica: forrajes y pasturas. EEA INTA Pergamino. 13 p.
- LOPEZ, J.E y J.A. OLIVEIRA. 2000. Caracterización de poblaciones naturales de festuca alta del norte de España desprovistas de hongos endófitos. *XL RC de la SEEP*: 199– 204.
- MADDALONI, J. y L. FERRARI. 2001. Festuca alta. En: Forrajeras y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina. Maddaloni, J. y L. Ferrari (Eds.) INTA, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. p: 165–182.
- MANZINI, N. 1991. Estudios sobre *acremonium sp.* en Festuca. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay. ISBN: 9974-556-07-8. p: 16.
- MORALES KAREN. 2013. Crecimiento y productividad estacional de *Festuca arundinacea Schreber*, *Festulolium sp.* y *Lolium multiflorum Lam.* en una región semiárida. Tesis profesional presentada como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma de San Luis Potosí Facultad de Agronomía y Veterinaria. 49 p.

- MORENO OSORIO, F y D. MOLINA RESTREPO. 2007. Manual técnico: *buenas prácticas agropecuarias en la producción de ganado doble propósito bajo confinamiento, con caña panelera como parte de la dieta*. 1<sup>era</sup> ed. Ed.CTP Print Ltda, Medellín. 139 p.
- PAGLIARICI, H., A. OHANIAN, T. PEREYRA y S. GONZALES. 2002. Utilización de pasturas. Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I .FAV UNRC. Cap. 12.
- PISTORALE, S., ABBOTT, L. y ANDRÉS, A. 2008. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. *Ciencia e Investigación Agraria*. 35(3):259-264.
- REARTE, D. 2007. La producción de carne en Argentina. Sitio Argentino de producción animal. INTA. p: 3-23.
- RIMIERI P. y WOLFF, R. 2010. La genética y el estado actual de la obtención y adopción de cultivares forrajeros en Argentina. *Journal of Basic and Applied Genetics* [online] 21 (2).
- RIMIERI, P.B. ROSSO, J. CARRETE, E.M. PAGANO, M.I. CATTONI, C. BIAGIOLI, A.R. CUYEU Y R.D. RIOS. 2006. *Características agronómicas, nutricionales y moleculares de una colección de germoplasma de festuca alta (Festuca arundinacea Schreb.)* **29° Congreso Argentino de Producción Animal**. Mar del Plata – Buenos Aires, Argentina. p: 210-212.
- RODRIGUEZ, A., E. JACOBO, P. CORNAGLIA, S. LEVANTINI. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada y de la frecuencia de defoliación sobre el macollaje de pasturas consociadas de *Paspalum dilatatum Poir* y *Festuca Arundinacea Schreb*. Cátedra de Forrajes. Departamento de Producción Animal. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. p: 1-4.
- RODRIGUEZ, J.A. 1981. Conceptos para el mejoramiento de especies forrajeras. XXI Congreso Argentino de Genética, Salta. *Actas de Res.*:19.
- ROLHAUSER ANDRÉS G., S. CEPEDA, P.H. MASEDA, J.L. ROTUNDO, A. SRUR, R. FERNÁNDEZ, C.M. GHERSA, R. LEÓN, S. PERELMAN, W. BATISTA y M. AGUIAR. 2007. Efectos de la frecuencia de corte y la fertilización nitrogenada sobre la

estructura de una población implantada de *Festuca arundinacea* Schreb. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral* 17: 89-98.

ROSSO, B.S, P. RIMIERI, J. CARRETE, M.I. CATTONI, C. BIAGOLI, A.R. CUYEU, E.M. PAGANO y R.D. RIOS. 2007. Caracterización agronómica, molecular y de la calidad nutricional, de una colección de festuca alta del banco de germoplasma de Pergamino, Argentina. PROCISUR. *Avances de investigación en Recursos Genéticos en el Cono Sur II*: 169-175.

SEKER, H., A. YAZICI y P. UYSAL. 2014. Analysis of variability, heritability, and genetic advance in seed yield and related traits of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) populations. *Turk J Agric For* 38: 633-643.

SEMILLERO ALBERT. 2016. Festuca alta, *Festuca arundinacea*. En <http://www.albertsemillas.com.ar/guia-de-siembra/guia-de-siembra-forrajeras/festuca-alta.html>. Consultado: 12-08-2016.

