

Diferenciación fenotípica de poblaciones de festuca alta naturalizadas en la región central de Argentina

Diamela Julieta Vega*^{1,2}; Hernán di Santo¹; Ezequiel Grassi¹; Ernesto Castillo¹; Víctor Ferreira¹; Natalia Bonamico¹; Analía Ferreira¹

1- Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

2- Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICET). Argentina

Palabras clave:

Festuca arundinacea,
caracteres vegetativos,
caracteres reproductivos

Resumen. Caracteres vegetativos y reproductivos, de poblaciones de *Festuca arundinacea* Schreber naturalizadas en la región central subhúmeda-semiárida de Argentina, se estudiaron a través de los análisis de varianza univariado, de correlación simple y multivariado de componentes principales. Los resultados sugieren que las poblaciones se diferencian en forma significativa en la mayoría de los caracteres considerados. Las poblaciones identificadas como 3306-CRE y 3243-645 presentaron muy buen comportamiento en caracteres reproductivos; la primera de ellas también presentó buen comportamiento en caracteres vegetativos. Los análisis multivariados sugieren que los caracteres medidos a fin de ciclo, número de macollos, número de panojas, peso seco de planta entera e Índice de cosecha, fueron los de mayor aporte para diferenciar las poblaciones.

Cita sugerida: Vega, D., *et al.* 2018. Diferenciación fenotípica de poblaciones de festuca alta naturalizadas en la región central de Argentina. Revista Científica FAV-UNRC *Ab Intus* 1 (1): 1-8

Phenotypic differentiation of tall fescue populations naturalized in the central region of Argentina

Keywords:

Festuca arundinacea,
vegetative traits,
reproductive traits.

Abstract. Vegetative and reproductive traits of *Festuca arundinacea* Schreber populations naturalized in the central subhumid-semiarid region of Argentina were studied through the univariate analysis of variance, simple correlation and multivariate analysis of main components. Populations differ significantly in most considered traits. Populations identified as 3306-CRE and 3243-645 showed a very good behavior in reproductive traits; the former also showed good behavior in vegetative traits. The traits measured at the end of the cycle: number of tillers, number of panicles, dry weight of the whole plant and harvest index, were the ones that contributed most to differentiating the populations in the multivariate analysis.

Recibido: 7 de abril 2018 ; aceptado: 2 de mayo 2018

*Autor para correspondencia: Diamela Julieta Vega. Email: jvega@ayv.unrc.edu.ar. Ruta Nac. 36, km 601, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Financiamiento. El presente trabajo fue financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Río Cuarto por medio del proyecto: "Genética y mejoramiento de gramíneas con diferentes aptitudes de uso". 2012-2016. RR 852/11, 328/12 y 1230/14. Dir. Ezequiel Grassi



INTRODUCCIÓN

La obtención de genotipos de plantas forrajeras perennes, adaptados a ambientes marginales y de adecuada calidad, representa uno de los mayores desafíos del mejoramiento vegetal (Echenique *et al.*, 2013). Por ello, es necesaria la búsqueda de poblaciones o cultivares persistentes, resistentes al pastoreo, de buena productividad y calidad alimenticia en diferentes ambientes (Griffa *et al.*, 2012). Según Rimieri y Wolff (2010), en el futuro, los cultivares mejorados de especies forrajeras tendrán un rol importante en la sustentabilidad de los sistemas productivos. Las forrajeras en pastoreo directo seguirán siendo la base de la dieta en sistemas ganaderos de zonas marginales (Gil Báez *et al.*, 2015). Festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreber) es una especie alohexaploide con $2n=6x=42$ cromosomas (Hand *et al.*, 2010), de crecimiento otoño-inverno-primaveral. Es ampliamente cultivada en regiones templadas y entre las forrajeras perennes es la especie mejor adaptada y de mayor producción forrajera de toda la pampa húmeda y subhúmeda (Maddaloni y Ferrari, 2005; Rimieri y Wolff, 2010; Cuyeu *et al.*, 2013). Ocupa un lugar significativo en los sistemas de pastoreos y resulta útil para sistemas de producción de carne y de leche en todo el mundo (Aguado Santacruz *et al.*, 2004; Cuyeu, 2013). La amplia distribución geográfica de la festuca alta se debe a su excelente adaptabilidad (Wu *et al.*, 2013), su resistencia al pastoreo y tolerancia a estreses bióticos y abióticos (Cross, 2013). El Registro Nacional de Cultivares tiene 101 variedades de festuca alta inscriptas (INASE, 2018), 68% de las

cuales son de origen extranjero. La introducción de germoplasma de festuca alta en Argentina, en la década del '40, ha sido la base para la obtención de la variedad nacional 'El Palenque INTA' (tipo norte de Europa) y para la comercialización de variedades de otros orígenes (Rosso *et al.*, 2012).

El área Genética de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, desarrolla un proyecto que contempla el estudio de poblaciones naturalizadas y el mejoramiento de festuca alta. Durante 2010 y 2011 se realizó la colecta de plantas adultas en la zona central subhúmeda-semiárida de Argentina. Bajo la hipótesis de que existen diferencias fenotípicas entre poblaciones se planteó el objetivo de caracterizar morfofisiológicamente las poblaciones colectadas para identificar aquellas con características de interés agronómico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron once poblaciones de festuca alta naturalizadas, colectadas en otros tantos ambientes de la región central subhúmeda semiárida de Argentina durante los años 2010 y 2011 (Tabla 1). Las plantas se encontraban bajo las condiciones ambientales de esa región, que se caracteriza por un marcado déficit de precipitaciones durante los meses de invierno; otra condición limitante a la que normalmente se encuentran expuestas, es la elevada temperatura estival, con temperaturas medias máximas en enero de 30°C y de 28°C en los meses de febrero y diciembre (Agencia Cba. Ambiente, 2006).

| Población | Localización | Población | Localización |
|-----------|---------------------------|-----------|--------------------------|
| 3255-623 | 32° 55'38" S; 64°21'45" O | 3307-SLU | 33°07'26" S; 65°08'54" O |
| 3253-629 | 32° 53'10" S; 64°22'15" O | 3306-CRE | 33°06'82" S; 64°41'23" O |
| 3243-645 | 32°43'34" S; 64°20'49" O | 3302-LAG | 33°02'64" S; 64°27'52" O |
| 3250-BAI | 32°50'41" S; 64°21'13" O | 3320-NOR | 33°20'18" S; 64°44'31" O |
| 3305-BAR | 33°05'53" S; 64°50'36" O | 3309-SCA | 33°09'26" S; 65°03'57" O |
| 3018-DP | 33°09'35" S; 64°55'43" O | | |

Tabla 1. Identificación y localización de las poblaciones de festuca alta naturalizadas en la región subhúmeda-semiárida de Argentina.

Las plantas se mantuvieron en macetas hasta el momento de implantación del ensayo. El mismo fue establecido en marzo del 2013 en el Campo de Docencia y Experimentación de la UNRC (localidad de Río Cuarto, provincia de Córdoba, Argentina); a campo se trasplantaron 32 individuos por población con un diseño completamente aleatorizado. Las plantas dentro de cada población fueron consideradas unidades experimentales y se distribuyeron a 50 cm entre ellas y 25 cm entre surcos con arreglo en tresbolillo. Los cultivares comerciales Palenque INTA, Balerón-Forrateg y las colecciones 017 y 509 provistas por el Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Pergamino del INTA, se emplearon como materiales testigos.

Previo a la instalación del ensayo, las plantas adultas se clonaron mediante división vegetativa de matas para medir, por un lado, caracteres vegetativos, y por otro caracteres reproductivos y vegetativos de fin de ciclo.

La producción forrajera se estimó mediante tres cortes: en agosto, septiembre y noviembre. En cada uno se midió la biomasa aérea por planta (BS), la altura de planta (AP), el diámetro de la corona (DC) y se contó el N° de macollos por planta (NM). La biomasa total producida en el ciclo de crecimiento (BST) resultó de la sumatoria de la biomasa de cada corte.

En las plantas que se midieron caracteres reproductivos y vegetativos al final de ciclo, se efectuó un único corte en diciembre. Los caracteres reproductivos fueron: precocidad reproductiva (PR), cantidad de panojas por planta (CP), peso de semilla por planta (PS) e índice de cosecha (IC). Los caracteres vegetativos fueron AP, DC, NM y biomasa

seca acumulada (BSA).

La AP (cm) se midió antes de realizar cada corte, mientras que el DC (cm) y el conteo del NM se efectuaron luego de cada corte, incluido el de fin de ciclo. El corte de forraje se realizó sobre cada planta, dejando un remanente de 5 cm para el rebrote de la misma. Se pesó la biomasa verde y una alícuota de 50 g se secó en estufa hasta peso constante para obtener la BS (g) producida por planta. La PR se calculó en el mes de octubre como la relación entre el N° de panojas emitidas/total de macollos producidos por planta (%). A fin de ciclo, se realizó el conteo de las panojas por planta, se trillaron y se obtuvo el PS (g). El IC (%) se estimó a partir del cociente entre el PS y la BSA (g).

Los caracteres AP, DC, NM, CP, PR, PS e IC se examinaron mediante ANAVA, mientras que para BS, BST y BSA se empleó el ANCOVA, utilizando como covariable la BS inicial de cada planta. Para los análisis estadísticos se emplearon modelos lineales mixtos, considerando como efectos fijos a las poblaciones, los momentos de corte y la interacción entre ambas variables, y como efecto aleatorio a las plantas dentro de cada población (repeticiones). Los análisis de varianza y pruebas DGC (Di Rienzo *et al.*, 2002), las correlaciones simples y el análisis de componentes principales se realizaron con el paquete estadístico InfoStat conectado al software R (Di Rienzo *et al.*, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de temperatura y precipitaciones del año 2013 y de la serie 1981 al 2010 se presentan en la Tabla 2.

| Años | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|---------------------------------------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Temperatura media mensual(°C) | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 23,4 | 21,9 | 18,1 | 17,9 | 13,0 | 10,9 | 9,4 | 11,0 | 12,7 | 18,9 | 20,7 | 24,9 |
| 1981-2010 | 22,7 | 21,7 | 19,9 | 16,2 | 12,3 | 9,7 | 9,4 | 10,9 | 13,7 | 17,5 | 20,0 | 21,2 |
| Precipitaciones medias mensuales (mm) | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 76,0 | 64,0 | 101,0 | 43,0 | 14,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 54,0 | 117,0 | 160,0 |
| 1981-2010 | 140,1 | 85,6 | 92,3 | 54,2 | 28,8 | 9,7 | 14,0 | 11,4 | 31,5 | 68,9 | 119,5 | 126,5 |

Fuente: Agrometeorología, Facultad de Agronomía y Veterinaria, UN de Río Cuarto.

Tabla 2. Temperaturas y precipitaciones medias mensuales del año 2013 y de la serie 1981-2010 en Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Variación entre poblaciones

Los análisis de varianza y covarianza de la mayoría de los caracteres medidos en las plantas de festuca alta, revelaron que las poblaciones, cultivares y accesiones se diferenciaron significativamente entre ellos. Sólo AP, DC (corte fin de ciclo) y BSA no presentaron diferencias significativas entre poblaciones (Tablas 3 y 4). La covariable BS inicial demostró influencia significativa sobre la BS producida en los tres cortes, en la BST y BSA ($p < 0.05$).

La interacción población x momento de corte resultó significativa ($p < 0.0001$) para todos los caracteres, excepto para el DC. Esto demuestra que las poblaciones respondieron de manera diferente

a las condiciones ambientales que se presentaron durante el ciclo de crecimiento del año 2013. Se ha encontrado que en muchas gramíneas perennes las interacciones población x tiempo fueron significativas en caracteres observados a campo (Liu y Colman, 2015).

Los valores promedio de los caracteres medidos en tres cortes, los valores de F y su significación se presentan en la Tabla 3; mientras la Tabla 4 muestra los valores correspondientes a caracteres de fin de ciclo.

López Díaz (2009), en un ensayo de poblaciones de festuca alta naturalizadas en el norte de España, bajo

| | Media ± E.E. | | | F y Significación | |
|----|--------------|--------------|--------------|-------------------|---------|
| | Corte 1 | Corte 2 | Corte 3 | | |
| AP | 11,47 ± 0,18 | Sin datos | 23,95 ± 0,55 | 5,20 | <0,0001 |
| DC | 7,15 ± 0,10 | 8,40 ± 0,11 | Sin datos | 0,77 | 0,705 |
| NM | 60,97 ± 1,98 | 48,60 ± 1,67 | 34,78 ± 1,02 | 3,58 | <0,0001 |
| BS | 6,09 ± 0,25 | 9,97 ± 0,37 | 30,03 ± 0,26 | 2,71 | <0,0001 |

AP: altura de planta (cm), DC: diámetro de la corona (cm), NM: número de macollos por planta, BS: biomasa seca producida por planta bajo corte (g).

Tabla 3. Caracteres vegetativos medidos en tres cortes durante el ciclo de crecimiento 2013 de festuca alta en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Valores promedio, F y significación de la interacción población x corte.

| | Media ± E.E. | | F y Significación | | Media ± E.E. | | F y Significación | |
|-----|--------------|------|-------------------|----|--------------|-------|-------------------|--|
| | | | | | | | | |
| AP | 69,15 ± 0,84 | 5,92 | <0,0001 | PR | 5,00 ± 0,62 | 4,19 | <0,0001 | |
| DC | 11,92 ± 0,17 | 1,27 | 0,2996 | NP | 28,50 ± 1,08 | 3,39 | <0,0001 | |
| NM | 84,23 ± 2,7 | 2,69 | 0,0010 | PS | 8,38 ± 0,45 | 4,47 | <0,0001 | |
| BSA | 58,33 ± 2,33 | 1,37 | 0,1688 | IC | 13,31 ± 0,42 | 13,38 | <0,0001 | |

AP: altura de planta (cm), DC: diámetro de la corona (cm), NM: número de macollos por planta, BSA: biomasa seca acumulada por planta a fin de ciclo (g), PR: precocidad reproductiva (%), NP: número de panojas, PS: peso de semilla por planta (g), IC: índice de cosecha (%).

Tabla 4. Caracteres medidos en el corte de fin de ciclo 2013 de festuca alta en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Valores promedio, F y significación.

condiciones de secano y previamente fertilizado, también encontró diferencias estadísticamente significativas entre las mismas, en caracteres medidos como AP, NP y PR. Majidi *et al.* (2009) encontraron diferencias significativas en caracteres morfológicos medidos en plantas de festuca alta pertenecientes a poblaciones naturalizadas en Irán. En la estación experimental de INTA Pergamino se evaluaron 13 poblaciones naturalizadas pertenecientes al banco de germoplasma y se hallaron diferencias significativas en caracteres vegetativos y reproductivos (Lanzillota, 2017).

Poblaciones destacadas en caracteres vegetativos y reproductivos

Las poblaciones 3250-BAI y 3018-DP se destacaron en AP en dos cortes, con valores promedio de 31,47 y 30,55 cm en el corte 1 y 76,43 y 73,21 cm en el corte de fin de ciclo, respectivamente. Ramírez Fonseca (2011) en la Araucanía (Chile), evaluó cuatro cultivares de festuca alta bajo corte en secano, obteniendo valores de AP que variaron entre los 20 y 40 cm, similares a los obtenidos en el presente trabajo. López Díaz (2009) en Galicia, España, halló valores de AP a fin de ciclo que variaron entre 100 y 139 cm, superiores a los valores obtenidos en el mismo corte en el presente trabajo.

Las poblaciones 3253-629 y 3306-CRE se destacaron en NM en dos cortes. La población 3253-629 produjo un promedio de 79,08 y 55,61 macollos por planta en

los cortes 1 y 2 respectivamente, mientras que 3306-CRE presentó un valor promedio de 48,83 macollos por planta en el segundo corte y 47,18 en el tercero. Quispe Rojas (2010) en La Paz (Bolivia) ensayó cinco variedades de festuca alta con fertilización inicial en secano, hallando valores de NM a fin de ciclo de 13 a 20 macollos por planta, valores inferiores a los obtenidos en este ensayo.

La población 3305-BAR se destacó en DC en los cortes 1 y 2. En el primero superó al resto de las poblaciones con un valor promedio de 7,88 cm y en el segundo se destacó junto a 3306-CRE, 3243-645, 3250-BAI, 3253-629, 3302-LAG, 3320-NOR y 3255-623. Terenti Romero (2014), evaluó a campo y bajo riego por goteo 95 genotipos de la especie forrajera en Bahía Blanca, Argentina, encontrando un rango de 4,5 a 44,0 cm de DC por planta. Los valores encontrados en el presente trabajo son similares a los DC inferiores hallados en ese estudio.

Respecto al carácter BS, las poblaciones no se diferenciaron significativamente en los cortes 1 y 2, y en la BSA a fin de ciclo. En relación con la BS del corte 3 y la BST, todas las poblaciones, excepto 3309-SCA, superaron significativamente al cv. Balerón y a la colección 509 (Figura 1).

Lanzillota (2017) halló valores de 2,40 a 18,00 g de BS en plantas de festuca alta bajo cortes frecuentes (cinco cortes desde abril a octubre), similares a los obtenidos en el presente trabajo; por otro lado obtuvo un valor promedio de BST (66,20 ±

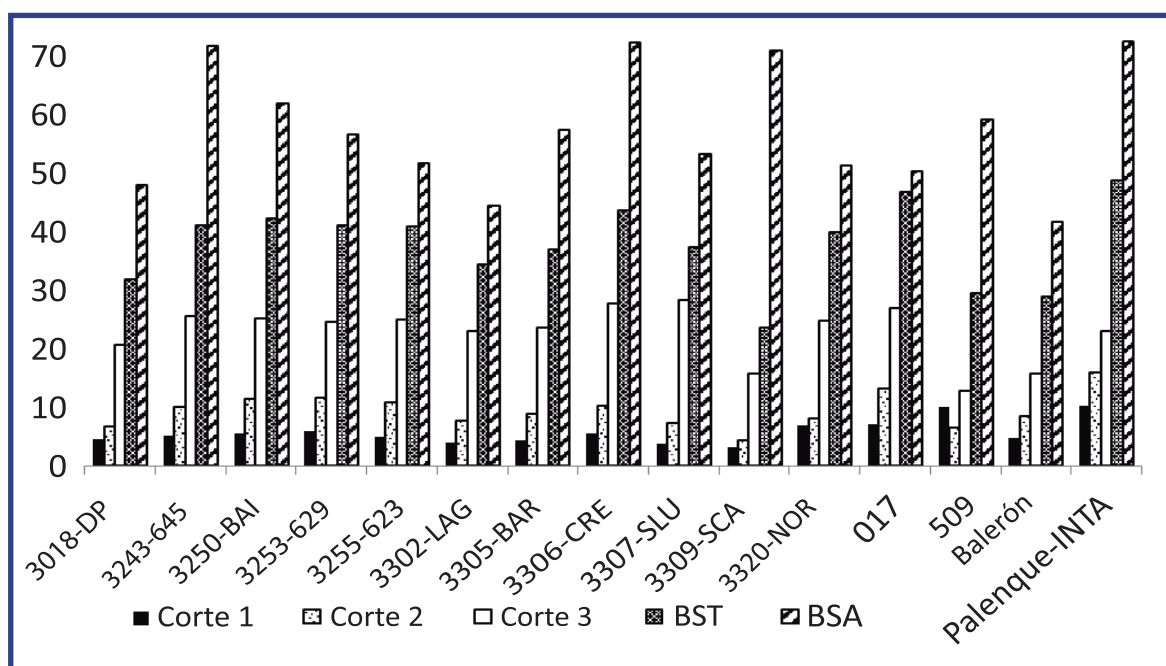


Figura 1. Valores promedio de Biomasa Seca en diferentes momentos de corte (corte 1, 2 y 3), Biomasa Seca Total (BST) y Biomasa Seca Acumulada (BSA), producida por las poblaciones, cultivares y colecciones de INTA de festuca alta en Río Cuarto, Córdoba, Argentina, 2013.

16,20 g) superior a la encontrada en el presente estudio ($39,12 \pm 1,28$ g). Kanapeckas *et al.* (2011) ensayaron a campo 4 variedades de festuca alta y 9 acepciones silvestres, en un ambiente europeo muy diferente (Lituania) y empleando fertilización inicial, obtuvieron valores de biomasa seca anual de 88 a 198 g por planta. En el presente estudio la BSA varió desde 53 a 81 g.

La población 3306-CRE resultó la más precoz (PR $1,8 \pm 0,36\%$), y presentó valores superiores de NP ($45,47 \pm 4,05$), PS ($13,81 \pm 1,98$ g) e IC ($16,51 \pm 1,45\%$). La población 3243-645 se destacó junto a la población anterior en NP, PS e IC. Lanzillota (2017) encontró valores de NP que oscilaron entre 26,80 y 67,10 panojas por planta, similares a los encontrados

en el presente trabajo (17,90 a 45,47 panojas por planta). Por otro lado, el PS hallado por ese autor ($2,60 \pm 13,10$ g) resultó inferior al encontrado en las poblaciones del presente estudio ($4,30 \pm 16,67$ g).

Correlación entre caracteres a fin de ciclo

Las correlaciones entre caracteres a fin de ciclo se presentan en la Tabla 5.

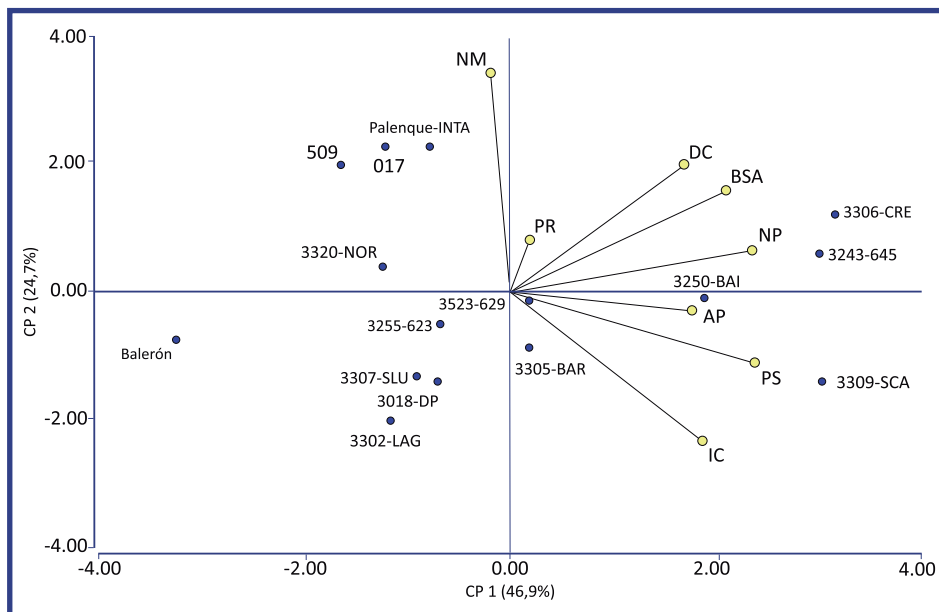
Los valores de correlación más altos entre caracteres vegetativos, ocurrieron entre NM vs DC, NM vs BSA y DC vs BSA (Tabla 5). Las correlaciones positivas y significativas encontradas explican la capacidad de diferentes genotipos de producir BS de maneras distintas, lo que conlleva a diferenciarlos fenotípicamente en programas de

| | AP | DC | NM | BSA | PR | NP | PS | IC |
|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| AP | 1 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0,9565 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| DC | 0,32 | 1 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0,3651 |
| NM | 0,24 | 0,68 | 1 | <0,0001 | 0,0003 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0663 |
| BSA | 0,4 | 0,73 | 0,66 | 1 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0,1900 |
| PR | 3,20E-03 | 0,24 | 0,21 | 0,3 | 1 | <0,0001 | <0,0001 | 0,1100 |
| NP | 0,38 | 0,7 | 0,63 | 0,74 | 0,24 | 1 | <0,0001 | <0,0001 |
| PS | 0,46 | 0,6 | 0,45 | 0,79 | 0,28 | 0,76 | 1 | <0,0001 |
| IC | 0,27 | 0,05 | -0,11 | 0,08 | 0,09 | 0,28 | 0,55 | 1 |

Las abreviaciones de caracteres se encuentran resumidas en la Tabla 4.

Tabla 5. Coeficientes de correlación y significación entre los caracteres medidos en el corte de fin de ciclo en festuca alta. Río Cuarto, Córdoba, Argentina, 2013

Figura 2. Biplot del análisis de componentes principales para los ocho caracteres de fin de ciclo medidos en las poblaciones, cultivares y colecciones de INTA de festuca alta, en Río Cuarto, Córdoba, Argentina, 2013. Las abreviaciones de caracteres y poblaciones se encuentran resumidas en la Tabla 4.



mejora, e identificar aquellos de mejor adaptación agronómica (Robert y Jimena, 2009). Por otro lado, PS y NP presentaron una alta correlación positiva y significativa con BSA; además, como es esperable, el NP mostró una alta correlación positiva con el PS (Tabla 5).

La Figura 2 muestra el biplot generado por los Componentes Principales 1 y 2 (CP1 y CP2) del análisis de componentes principales para los ocho caracteres de fin de ciclo medidos en las plantas de festuca alta.

Los CP1 y CP2 explican 71,60% de la variabilidad entre poblaciones. Los caracteres BSA, PS y NP son los que mejor explican la variación entre poblaciones en la CP1 (eje X), mientras que para la CP2 (eje Y) son el NM y el IC. Las poblaciones 3243-645, 3250-BAI, 3306-CRE y 3309-SCA mostraron un mejor comportamiento en BSA, NP, PS, IC y DC. El cv. Palenque INTA y las colecciones 017 y 509 presentaron mejor desempeño en el NM. Las poblaciones con comportamiento homogéneo en la mayoría de caracteres fueron 3253-629, 3255-623 y 3305-BAR. En la Fig. 2 se pueden corroborar las correlaciones positivas entre los caracteres mencionados en el análisis de correlación (Tabla 5). Se observó una alta variabilidad fenotípica y se continuará evaluando la variabilidad genotípica dentro de cada población. El mejoramiento de especies forrajeras perennes presenta una mayor complejidad respecto a las especies forrajeras anuales debido a que es necesario realizar evaluaciones durante al menos tres o cuatro años para poder sostener que un genotipo es superior a otro (Díaz *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

Los caracteres vegetativos y reproductivos medidos en las poblaciones naturalizadas de festuca alta y los análisis estadísticos realizados permitieron encontrar diferencias significativas entre poblaciones. De este modo se logró caracterizar las mismas y hallar que 3306-CRE presentó mejor comportamiento en caracteres vegetativos y reproductivos (NM, DC, PR, NP, PS e IC), mientras que 3243-645 presentó mejor comportamiento en los caracteres reproductivos NP, PS e IC. Debido a la alta variación fenotípica dentro de poblaciones, el plan de mejora de festuca alta continuará con la elección de los genotipos superiores en producción de forraje y semilla de cada una de las poblaciones colectadas en la región subhúmeda semiárida de Argentina.

AGRADECIMIENTO

A la SECyT-UNRC, Proyecto Genética y Mejoramiento de gramíneas con diferentes aptitudes de uso.

BIBLIOGRAFÍA

Agencia Córdoba Ambiente. 2006. Recursos naturales de la provincia de Córdoba. Los suelos. Nivel de reconocimiento 1:500000. Córdoba, Argentina. 541 p.

Aguado Santacruz, G.A.; Cruz, Q.R.; Hernández, J.L.; Cabrera O.G.; Moya E.G. 2004. Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. *Téc. Pecuaria México* 42:261-276. URL: <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1412>

Cross, J.W. 2013. Evaluation and genetic analysis of tall fescue genotypes for summer stress tolerance. New Jersey: The State University of New Jersey. Tesis de doctorado. URL: <https://doi.org/doi:10.7282/T3S46QN3>

Cuyeu, R.; Rosso, B.; Pagano, E.; Soto, G.; Fox, R.; Ayub, N.D. 2013. Genetic diversity in a world germplasm collection of tall fescue. *Genetic and Molecular Biology* 36(2):237-242. URL: <http://www.scielo.br/scielo.pid=S141547572013000200014&script=sciarttext&tlng=pt>

Díaz, M.; Echenique, V.; Schrauf, G.; Cardone, S.; Polci, P.; Lutz, E.; Spangenberg, G. 2004. Biotecnología y mejoramiento genético de especies forrajeras. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 33(3):77-104. INTA. Buenos Aires, Argentina. URL: <http://www.redalyc.org/html/864/86433306/>

Di Rienzo, J.A.; Guzmán, A.W.; Casanoves, F. 2002. A multiple comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal Agricultural Biological and Environment Statistics* 7(2):1-14.

Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini M.G.; Gonzales, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2017. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, UN Córdoba, Argentina.

Echenique, V., Pessino, S., Díaz, M.; Selva, J.P.; Luciani, G.; Zappacosta, D.; Spangenberg, G. 2013. Aportes de la biotecnología al mejoramiento del pasto llorón (*Eragrostis curvula*). *Revista Argentina de Producción Animal* 28(2):147-164. URL: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/3578>

- Gil Báez, C; Ordinola Agüero, R.; Ernst, R.D.; Ruiz, M.A. 2015. Caracterización morfológica, biomasa aérea y calidad en distintas poblaciones de *Trichloris crinita*. Archivos de Zootecnia 64(245):49-56. URL: <https://www.uco.es/servicios/ucopress/az/index.php/az/article/view/374>
- Griffa, S.; Quiroga, M.; Ribotta, A.; López Colomba, E.; Carloni, E.; Tommasino, E.; Luna, C.; Grunberg, K. 2012. Relationship between seed yield and its component characters in *Cenchrus* spp. Electronic Journal of Plant Breeding 3(1):701-706.
- Hand, M.L.; Cogan, N.O.; Stewart, A.V.; Forster, J.W. 2010. Evolutionary history of tall fescue morphotypes inferred from molecular phylogenetics of the *Lolium-Festuca* species complex. BMC Evolutionary Biology 10(303):1-17. URL: <https://bmcevolbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2148-10-303>
- INASE. 2018. Catálogo de cultivares. Instituto Nacional de Semillas, Registro Nacional de Cultivares. En: www.inase.gov.ar. Consultado 22/03/2018.
- Lanzillota, J.J. 2017. Caracterización y evaluación de diferentes morfotipos de festuca alta (*Schedonorus phoenix* Scop. Holub) por atributos de producción de forraje y semillas. Pergamino: Univ. Nac. Noroeste de Buenos Aires. Tesis de grado.
- Liu, Y. y Coulman, B.E. 2015. Morphological and agronomic variation of *Puccinellia nuttalliana* populations from the Canadian Great Plains. Can. J. Plant Sci. 95(1):67-76. URL: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.1139/CJPS-2014-275>
- López Díaz, J.E. 2009. Estudio de los recursos fitogenéticos del complejo *Festuca - Lolium*. Universidad de Santiago de Compostela. Escola Politécnica Superior. Departamento de Producción Vexetal. Lugo. España. 159 p. URL: https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2802/9788498873740_content.pdf?sequence=1
- Majidi, M.M.; Mirlohi, A.; Amini, F. 2009. Genetic variation, heritability and correlations of agromorphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Euphytica 167(3):323-331. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-009-9887-6>
- Maddaloni, J. y Ferrari, L. 2005. Festuca alta. En: Forrajeras y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina. Maddaloni, J. y L. Ferrari (Eds.) p: 165-182. INTA, UN de Lomas de Zamora.
- Kanapeckas, J.; Lemeziene, N.; Butkute, B.; Stukonis, V. 2011. Evaluation of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) varieties and wild ecotypes as feedstock for biogas production. Zemdirbyste = Agriculture 98(2):149-156. URL: [http://www.lzi.lt/tomai/98\(2\)tomas/98_2_tomas_str5.pdf](http://www.lzi.lt/tomai/98(2)tomas/98_2_tomas_str5.pdf)
- Quispe Rojas, L.F. 2010. Comportamiento agronómico de cinco variedades de festuca alta (*Festuca arundinacea*), bajo condiciones de fertilización nitrogenada en el Instituto Benson, Letanias-Viacha, La Paz. La Paz: Universidad Mayor de San Andres. Tesis de grado.
- Ramírez Fonseca, H.A. 2011. Producción de *Festuca arundinacea* Schreb. sembrada sola y en mezcla con *Dactylis glomerata* L. en un andisol de la región de la Araucanía. Fac. Cs. Agrop. y Forestales, Univ. de La Frontera. Temuco. Chile. 70 p.
- Rimieri, P. y Wolff, R. 2010. La genética y el estado actual de la obtención y adopción de cultivares forrajeros en Argentina. J. of Basic and Applied Gen. 21(2, art 8):1-7. URL: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-62332010000200008
- Robert, A. y Jimena, C. 2009. Marcadores moleculares de secuencias simples repetidas en la caracterización de *Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*, *Lolium hybridum*, y *Dactylis glomerata*. Texcoco, México: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Tesis de doctorado.
- Rosso, B.; Becker, G.; Beider, A.; Grunberg, K.; Pagano, E.M. y Ruiz, M.A. 2012. Estado de conservación y uso de los recursos genéticos de forrajeras en la red de germoplasma del INTA-Argentina. Jorn. Latinoamericanas de Recursos Genéticos, Mejoramiento y Biotecnología de Especies Forrajeras UNNOBA p:47-55.
- Terenti Romero, C.M. 2014. Obtención y evaluación de nuevos materiales de pasto llorón (*Eragrostis curvula* Schrad. Nees) y desarrollo de protocolos biotecnológicos para su utilización en programas de mejoramiento de la especie. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur. Tesis de doctorado. URL: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/3212>
- Wu, J.; Wang, X.; Fu, W.; Mu, Q.; Yang, C. 2013. Advances in breeding of *Festuca arundinacea* Schreb. Agricultural Biotechnology 2(6):33.