



Parámetros genéticos de caracteres de interés agronómico en cuatro poblaciones espontáneas de *Pappophorum vaginatum* en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires

Genetic parameters of characteristics of agronomic interest in four spontaneous populations of Pappophorum vaginatum in the semi-arid region of the province of Buenos Aires

LISANDRO J. ENTIO¹, MARÍA M. MUJICA¹ AND CARLOS A. BUSO^{2*}

¹ Fac. Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.

² Dto Agronomía-CERZOS (CONICET), Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

*<carlosbusso1@gmail.com>

RESUMEN

En Argentina, más específicamente en los pastizales del sur de la provincia fitogeográfica del Monte, *Pappophorum vaginatum* Buckley es prácticamente la única especie que provee forraje para los animales durante el verano. Debido a esto, se necesitan estudios orientados a lograr la mejora genética en esta especie que combine los efectos de la selección natural en el ambiente local y los de la selección artificial para caracteres de interés agronómico, especialmente los vinculados al control de la implantación y a la producción de forraje y semillas. Los objetivos de este estudio fueron determinar: (a) los componentes de la varianza y coeficientes de variación (a nivel fenotípico, genotípico y ambiental), y (b) la heredabilidad en sentido amplio para varios caracteres de interés agronómico vinculados a la implantación y la producción de forraje y semillas en cuatro poblaciones espontáneas de *Pappophorum vaginatum* recolectadas en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires. También se observaron asociaciones entre dichos caracteres. Según la población, resultaron significativos ($p \leq 0,05$) del análisis de varianza entre 6 y 12 de los 14 caracteres de interés agronómico estudiados para cada una de las poblaciones, con valores altos de heredabilidad y una relación superior a 1 entre el coeficiente de variación genético y el coeficiente de variación ambiental. Esto muestra que las expectativas de lograr algún avance genético en un programa de selección de *Pappophorum vaginatum* serían promisorias para varios caracteres de interés agronómico, inclusive en el corto plazo.

ABSTRACT

Pappophorum vaginatum is practically the unique native warm-season perennial grass which provides forage for grazing livestock at the south of the Phytogeographical Province of the Monte

during summer time. Because of this, studies focused in achieving the genetic improvement of this species are needed for various characters of agronomic interests, especially those related with the control of implantation and the forage and seed production. These studies should combine the effects of natural and artificial selections at a local scale for those agronomic characters. The objectives of this study were to determine: (a) the components of the variance and variation coefficients (at a phenotypic, genotypic and environmental level), and (b) a wide extent heritability for various characters of agronomic interests, related with the control of implantation and the forage and seed production in four native populations of *P. vaginatum* collected in the semiarid region of the province of Buenos Aires. Associations between those characters were also observed. Between 6 and 12 out of the 14 characters of agronomic interest studied on each of the four populations were significant ($p \leq 0,05$) from the variance analysis, with high values of heredability, and a relationship greater than 1 between the coefficients of genetic variability and those of environmental variation. This indicates that the expectations of obtaining some genetic advancement in a selection program of *P. vaginatum* would be promising for various characters of agronomic interest, even in the short term.

Palabras clave: *Pappophorum vaginatum*, mejora genética, heredabilidad, caracteres agronómicos, implantación, producción de forraje y semillas

Keywords: *Pappophorum vaginatum*, genetic improvement, heredability, agronomic characters, implantation, forage and seed production

INTRODUCCIÓN

Pappophorum Schreber es un género de gramíneas nativo del continente americano con 10 especies, de las cuales 7 habitan en zonas áridas y semiáridas de Argentina y regiones limítrofes (Pensiero, 1986). En Argentina, más específicamente en los pastizales del sur de la provincia fitogeográfica del Monte, *P. vaginatum* Buckley es prácticamente la única especie que provee forraje para los animales durante el verano (Giorgetti, com. pers., Chacra Experimental Patagones, Carmen de Patagones, Pcia. Buenos Aires, 2005). Giorgetti et al. (1997, 1998, 1999, 2000a, b) informaron que esta especie es la gramínea perenne C_4 nativa palatable más abundante durante la primavera y el verano. Esta situación la expone al sobrepastoreo y actualmente se la considera como una especie decreciente (Torres et al. 2013). En Argentina, *P. vaginatum* también puede ser hallada en las provin-

cias fitogeográficas Pampeana, del Espinal y sudeste de la Chaqueña (Pensiero, 1986).

Pappophorum vaginatum es una especie diploide con $2n=60$ cromosomas (Gould, 1966; Reeder & Singh, 1968). Garner et al. (2006), Smith (2010) y Smith et al. (2010) informaron que esta especie sería autógena o apomíctica, aunque advirtieron que se deberían realizar estudios más específicos sobre el sistema de reproducción de la misma, en base a sus experiencias en la obtención de cultivares de *P. vaginatum* en Estados Unidos. Por su parte, Campbell et al. (1983), Rossengurt (1984) y Pensiero (1986) informaron presencia de cleistogamia en *Pappophorum* spp., mecanismo que favorece la autofecundación. Dicha especie se desarrolla en regiones áridas-semiáridas. En general, ambientes que no son óptimos para el crecimiento y la reproducción favorecen la cleistogamia (Campbell et al., 1983).

Las especies forrajeras, nativas o naturalizadas están adaptadas a las condiciones específicas del ambiente (Pistorale et al., 2008). Debido a esto, la mejora genética debería orientarse a lograr la combinación de los efectos de la selección natural en el ambiente local y los de la selección artificial para caracteres agronómicos, especialmente los vinculados al control de la implantación y la producción de forraje y semillas (Mujića, 2010a, b). En este sentido, además de conocer aspectos agronómicos de la especie, es necesario conocer las propiedades genéticas de la población en estudio (Abbot & Pistorale, 2010). Estas propiedades están determinadas por la magnitud relativa de los componentes de la varianza (Falconer & Mackay, 1996). Así, el cociente entre las varianzas genotípica y fenotípica se denomina heredabilidad en sentido amplio y expresa el grado en el que los fenotipos de los individuos están determinados por sus genotipos (Hanson, 1963; Falconer & Mackay, 1996; Cubero, 2013). Dicho parámetro es una de las propiedades más importantes de los caracteres cuantitativos (Falconer & Mackay, 1996; Cubero, 2013) y puede variar para distintos caracteres del mismo organismo, para un mismo carácter en organismos distintos, para un mismo carácter en poblaciones distintas del mismo organismo (Abbot & Pistorale, 2010) e incluso para el mismo carácter y población en ambientes distintos (Falconer & Mackay, 1996; Cubero, 2013). Varios autores (Hanson, 1963; Nyquist, 1991; Falconer & Mackay, 1996; Cubero, 2013) expresan que el aspecto más destacable de la heredabilidad es que permite predecir la respuesta a la selección. Dicha respuesta, también denominada avance genético, se define como la diferencia

entre los valores fenotípicos medios de los hijos de los padres seleccionados y el de la población parental antes de ser seleccionada (Falconer & Mackay, 1996). Además, Holland et al. (2003) destacan su importancia para comparar entre diferentes estrategias de selección.

Otro parámetro útil para determinar las posibilidades de obtener respuesta a la selección es la relación entre los coeficientes de variación genético y ambiental (Vencovsky, 1987). Estudios referidos a parámetros genéticos de diversos caracteres se han realizado en varias gramíneas forrajeras desde los años 1950. Se han efectuado estudios, por ejemplo, en *Bromus* spp. (McDonald et al., 1952; Casler, 1998; Aulicino & Arturi, 2002; Abbot & Pistorale, 2010), *Dactylis glomerata* (Kalton et al., 1952; Casler, 1998; 2005), *Festuca arundinacea* (Burton & De Vane, 1953), *Paspalum dilatatum* (García et al., 2001, 2002), *Thinopyrum ponticum* (Pistorale et al., 2008), *Trichloris crinita* (Andrés & Quiroga, 2010) y en *Phalaris aquatica* (Spara et al., 2014). Los objetivos de este estudio fueron determinar: (a) los componentes de la varianza y coeficientes de variación (a nivel fenotípico, genotípico y ambiental), y (b) la heredabilidad en sentido amplio para caracteres de interés agronómico en cuatro poblaciones espontáneas (P1, P2, P3, y P4) de *P. vaginatum* recolectadas en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires.

MATERIAL Y MÉTODO

Sítios de recolección de las semillas

Semillas de *P. vaginatum* se recolectaron de cuatro poblaciones espontáneas de la región semiárida de la provincia

de Buenos Aires en diciembre de 2012 (**Figura 1**). Las ubicaciones geográficas de los sitios de recolección se describen en la **Tabla 1**. En la zona de recolección de P1 y P2 la precipitación media anual histórica (1911 a 2011) es de 665,1 mm. La temperatura media anual es de 14,9 °C y las medias anuales máximas y mínimas son de 21,3 °C y 8 °C. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas son 42,5 °C (enero) y -12 °C (julio). La humedad relativa media anual histórica (1962 a 2011) es 66,25% (INTA, 2012). El relieve es típicamente una llanura

con cobertura de estrato herbáceo. En la zona de recolección de P3 la precipitación media anual histórica (1959 a 2010) es de 648,5 mm. La temperatura media anual es de 15,4 °C y las medias anuales máximas y mínimas son de 22,8 °C y 9 °C. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas son 43,8 °C (enero) y -11,8 °C (julio). La humedad relativa media anual histórica (1960 a 2014) es 63,7% (Servicio Meteorológico Nacional: SMN, 2017). El relieve es una llanura ondulada con lomas arenosas con cobertura de estrato herbáceo y comunidades



Figura 1. En el detalle del mapa de Argentina se indican las áreas donde se recolectaron las semillas de las cuatro poblaciones (P1, P2, P3 y P4) de *Pappophorum vaginatum*
Figure 1. The detail of the map of Argentina shows the areas where the seeds of the four populations (P1, P2, P3 and P4) of *Pappophorum vaginatum* were collected

Tabla 1. Partido y coordenadas geográficas de los sitios de recolección de las semillas de las poblaciones de *P. vaginatum*.

Table 1. District and geographic coordinates of seed collection sites of *P. vaginatum* populations.

Población (n°)	Partido	Coordenadas geográficas
1	Saavedra	37° 26' 51,2" S; 62° 28' 1,2" O
2	Adolfo Alsina	37° 21' 37,6" S; 62° 27' 52,1" O
3	Villarino	38° 49' 32,4" S; 62° 43' 13,20" O
4	Patagones	40° 40' 25,86" S; 62° 54' 3,06" O

arbustivas secundarias. En la zona de recolección de P4 la precipitación media anual histórica (1981 a 2016) es de 434,2 mm. La temperatura media anual es de 14,1 °C y las medias anuales máximas y mínimas son de 20,9 °C y 7,4 °C. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas son 42,1 °C (enero) y -8,6 °C (julio). La humedad relativa media anual histórica (1981 a 2016) es 65,5% (Ministerio de Agroindustrias, Provincia de Buenos Aires: MA-BA, 2016). El relieve es típicamente una llanura con cobertura de estrato arbustivo abierto y estrato herbáceo.

Procedimientos

El 23/08/2013, se sembraron en bandejas plásticas de 128 celdas (5 cm de altura; 28 cm de ancho; 54 cm de largo), con sustrato mezcla de suelo de la Chacra Experimental Patagones MA-BA con arena (relación 3:1 v/v) 50 carióspsides con sus envolturas (glumelas: lemma y pálea) de cada uno de 30 genotipos diferentes de cada población (50 carióspsides/genotipo x 30 genotipos/población x 4 poblaciones= 6000 carióspsides). El volumen de cada celda fue de 24 cm³. El 27/09/2013, 12 plantas de cada uno de 9 genotipos (líneas puras) de cada población, obteni-

das luego del estudio de emergencia, se trasplantaron a bandejas plásticas de 72 celdas (5 cm de altura; 28 cm de ancho; 54 cm de largo) con sustrato mezcla de suelo de la Chacra Experimental Patagones MA-BA con arena (relación 3:1 v/v). Cada celda tuvo un volumen de 55 cm³. Esto fue conducido a la intemperie en La Plata (34°56'13" S, 57°56'41" O) en condiciones semicontroladas (sin incidencia de las precipitaciones) manteniendo riego para evitar déficit hídrico (las bandejas plásticas se registraron diariamente y el riego se aplicó procurando que el volumen de tierra de cada celda estuviera siempre saturado de humedad). El riego se detuvo cada vez que comenzó a salir agua gravitacional del fondo de la celda. La humedad (%) y temperatura medias, y temperaturas medias máximas y mínimas del aire durante este período realizado en La Plata (23/8/2013-25/10/2013) fueron 81,8 % ± 0,6; 13,2 °C ± 0,6; 18,7 °C ± 0,6 y 8,2 °C ± 0,6; respectivamente (FCAYF-EEJH, 2013). El 25/10/2013 las 6 plantas de cada uno de los 9 genotipos (líneas puras) de cada población (6 plantas/repetición/genotipo/población x 9 genotipos/población x 4 poblaciones x 2 repeticiones/genotipo/población= 432 plantas) se trasplantaron a un ensayo de campo (0,5 m entre geno-

tipos/filas x 0,25 m entre plantas dentro de cada fila) con un diseño experimental de bloques completos al azar (n=2) en la Chacra Experimental Patagones MA-BA (40° 39' S; 62° 54' O) (**Figura 2**). Para asegurar la supervivencia de las plantas se aplicó un riego (hasta inundar cada surco) al inicio de cada mes (diciembre,

enero febrero) durante el primer verano. El estudio finalizó el 06/06/2016 (reposo invernal luego de los estudios efectuados desde la implantación). Durante el período estudiado se registraron y determinaron caracteres vinculados a la implantación y crecimiento inicial, y a la producción de biomasa aérea y semi-

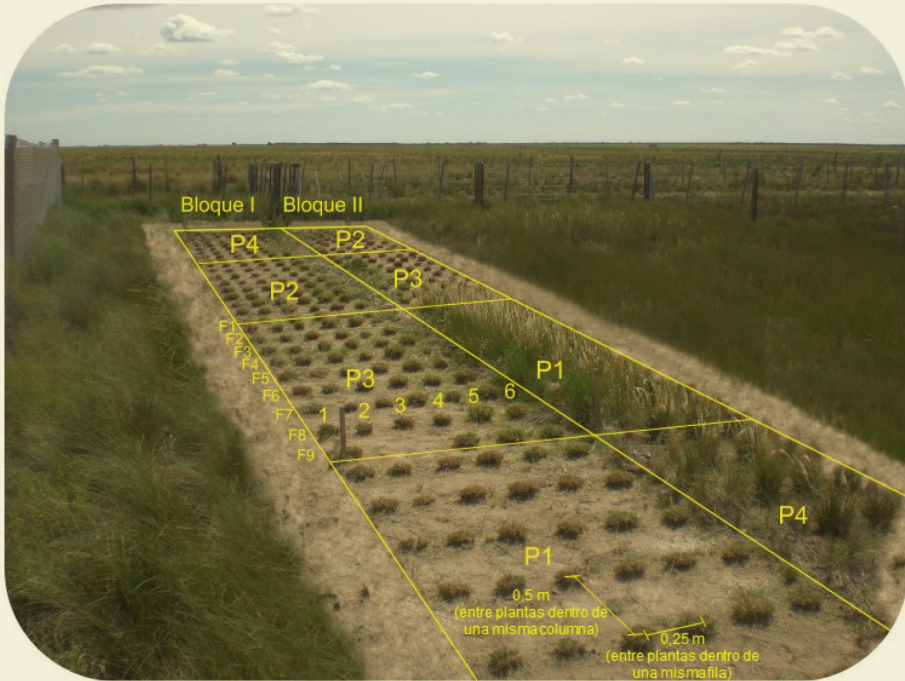


Figura 2. Detalle del diseño del ensayo de campo realizado en la Chacra Experimental Patagones. En cada bloque (bloque I, bloque II) se muestra la distribución de las plantas en cada una de las 4 poblaciones (P1 a P4) sorteadas al azar. Dentro de cada bloque, hubo 6 columnas y 9 filas por parcela (54 plantas por parcela). Alrededor de todas las parcelas se mantuvo una zona de 1 m sin vegetación durante el estudio. Su objetivo fue mantener dicha zona sin competencia radical desde las plantas allí existentes. Las malezas fueron periódicamente removidas de dicha zona.

Figure 2. Detail of the design of the field trial carried out at the Patagones Experimental Farm. In each block (block I, block II) the distribution of plants in each of the 4 populations (P1 to P4) drawn at random is shown. Within each block, there were 6 columns and 9 rows per plot (54 plants per plot). A 1 m zone without vegetation was maintained around all plots during the study. The objective was to maintain this zone without root competition from the existing plants. Weeds were periodically removed from this zone.

llas. Para el estudio de la producción de biomasa seca aérea se realizaron cuatro cortes (C1: 25/5/2015; C2: 26/11/2015; C3: 29/02/2016; C4: 06/06/2016) durante el primer período de aprovechamiento después de la implantación. En cada momento de corte se cortaron todas las plantas. Cada planta se cortó a 5 cm de altura, se colocó en sobre de papel, se secó en estufa (6 días a 60 °C) y se pesó (g MS/planta). En la **Tabla 2** se presentan detalles de las fechas de muestreo y de los caracteres estudiados.

Análisis estadístico y genético

Los datos se analizaron mediante ANOVA para cada población en particular lo cual permitió detectar la variabilidad entre los genotipos dentro de cada una de ellas y estimar los parámetros genéticos para cada población (Andrés & Quiroga, 2010). Previo al análisis, algunas variables en algunas poblaciones fueron transformadas a fin de cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Sokal & Rohlf, 1984) (ver detalle en **Tabla 2**). Los componentes de la varianza fueron estimados mediante los cuadrados medios del análisis de varianza (Burton & DeVane, 1953; Singh et al., 1993; Falconer & Mackay, 1996; Cubero, 2013). Así, la varianza ambiental, la varianza genotípica y la varianza fenotípica se estimaron según las siguientes ecuaciones:

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

$$\text{Varianza genotípica } (\sigma^2_G) = CM_g - CM_e / r$$

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

donde: CM_e = cuadrado medio del error experimental; CM_g = cuadrado medio de los genotipos; y r = número de repeticiones.

Los coeficientes de variación genético, fenotípico y ambiental se calcularon según:

$$\text{Coeficiente de variación genético } (CV_G) = \frac{\sqrt{\sigma^2_G \times 100}}{\bar{X}}$$

$$\text{Coeficiente de variación fenotípico } (CV_F) = \frac{\sqrt{\sigma^2_F \times 100}}{\bar{X}}$$

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

Con las estimaciones de los componentes de la varianza se calculó la heredabilidad en sentido amplio (H^2) (Burton & DeVane, 1953; Singh et al., 1993; Falconer & Mackay, 1996; Cubero, 2013) según la siguiente expresión:

$$\text{Heredabilidad } (H^2) = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_G + \sigma^2_A}$$

Como la varianza genética contiene los efectos aditivos y no aditivos, debido a posibles errores de muestreo se obtuvieron algunos componentes de la varianza negativos. Debido a esto, estas estimaciones negativas se equipararon a cero al hacer sus relaciones (Robinson et al., 1955; Aulicino & Arturi, 2002). Los análisis estadísticos se realizaron usando el programa Statistica 7.1 (StatSoft, Inc, 2005).

RESULTADOS

Los resultados de los análisis de la varianza de los cuales se estimaron los parámetros genéticos para cada carácter en

Tabla 2. Detalle de las fechas de muestreo y de los caracteres estudiados. Las abreviaturas indican lo siguiente: MRT: Macollas Reproductivas Totales; Db: Diámetro Basal; MHV: Macollas con Hojas Verdes; LL: Longitud de la Lámina; A: Altura; AP: Antecios por Panoja; Apl: Antecios por planta; MST: Materia Seca aérea Total.

Table 2. Details of sampling dates and characters studied. The abbreviations indicate the following: MRT: Total Reproductive Macollas; Db: Basal Diameter; MHV: Macollas with Green Leaves; LL= : Leaf blade length; A: Height; AP: Antecios per panicle; Apl: Antecios per plant; MST: Total aerial dry matter.

Fecha de muestreo (n°)	Estadio fenológico Predominante	Abreviatura del carácter	Descripción [población: transformación para análisis estadístico]
10/12/2013 (1)	Botón floral	MRT (1)	-se contó el n° de Macollas Reproductivas Totales por planta
17/09/2014 (2)	Inicio de crecimiento vegetativo (fin reposo invernal)	Db	-se midió el diámetro basal por planta (cm)
		MHV	-se contó el n° de macollos con hojas verdes por planta
		LL	-se midió la longitud de la lámina más larga por planta (cm) [\sqrt{x}]
5/11/2014 (3)	Botón floral	A	-se midió la altura por planta desde la superficie del suelo hasta el extremo de la hoja más larga sosteniéndola verticalmente (cm)
16/12/2014 (4)	Grano maduro; grano inmaduro; botón floral	MRT (4)	-se contó el n° de Macollos Reproductivos Totales por planta [P2:ln(x)]
		AP (4)	-se determinó el n° de antecios por panoja por planta (promedio de 2 panojas por planta) [P3:ln(x)]
		LP (4)	-se determinó la longitud de panoja por planta (cm) (promedio de 5 panojas por planta) [P2:ln(x); P3:√(x)]
		Apl (4)	-se calculó el n° de antecios por planta (MRT x AP) [P1,P2,P4:√(x)]

(Tabla 2, cont.)

Fecha de muestreo (n°)	Estadio fenológico Predominante	Abreviatura del carácter	Descripción [población: transformación para análisis estadístico]
05/01/2016 (5)	Grano maduro, grano inmaduro; dispersión semillas	MRT (5)	-ver descripción fecha (4)
		AP (5)	-ver descripción fecha (4) [P4: $\sqrt{(x)}$]
		LP (5)	-ver descripción fecha (4)
		Apl (5)	-ver descripción fecha (4) [P4: $\sqrt{(x)}$]
		MST	-se calculó la biomasa seca aérea total acumulada por planta al final del periodo estudiado (sumatoria de 4 cortes) (g MS / planta)

las cuatro poblaciones se muestran en la **Tabla 3**. Para P1, P2, P3 y P4 hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en 6, 12, 8 y 10 de los 14 casos (carácter-fecha de muestreo) estudiados, respectivamente (**Tabla 3**). Por su parte en la **Tabla 4** se muestran los valores de varianza genotípica, fenotípica y ambiental con sus respectivos coeficientes de variación, la relación entre el coeficiente de variación genético y el coeficiente de variación ambiental, y la heredabilidad en sentido amplio. La heredabilidad en sentido amplio y la relación entre el coeficiente de variación genético y el coeficiente de variación ambiental variaron entre 0,51 y 0,83 y entre 1,02 y 2,23, respectivamente, considerando todos los caracteres en los que se pudo calcular en las cuatro poblaciones (**Tabla 4**). En 9 casos de 56 (P1: LL y A; P2: MHV y LP[4]; P3: Apl[4], MRT[5] y LP[5]; P4: LP[4] y MST), la heredabilidad en sentido amplio no se pudo calcular porque el análisis de la varianza resultó no significativo ($p > 0,05$) (**Tabla 3**).

DISCUSIÓN

La heredabilidad expresa el grado en que los fenotipos de los individuos están determinados por sus genotipos (Hanson, 1963; Falconer & Mackay, 1996; Cubero 2013). Dicho parámetro es una de las propiedades más importantes de los caracteres cuantitativos ya que permite predecir el posible progreso por selección en un programa de mejoramiento (Hanson, 1963; Nyquist, 1991; Falconer & Mackay, 1996 y Cubero, 2013). Los caracteres son de alta, media y baja heredabilidad cuando presentan valores mayores a 0,50, entre 0,20 y 0,50, y menores a 0,20, respectivamente (Stanfield, 1971). Los resultados de esta investigación mos-

Tabla 3. Análisis de la varianza para caracteres de interés agronómico en cuatro poblaciones de *Pappophorum vaginatum*. CM= cuadrado medio. Los caracteres estudiados fueron: MRT: Macollas Reproductivas Totales; Db: Diámetro Basal; MHV: Macollas con Hojas Verdes; LL: Longitud de la Lámina; A: Altura; AP: Antecios por Panoja; Apl: Antecios por planta; MST: Materia Seca aérea Total

Table 3. Analysis of variance for characters of agronomic interest in four populations of Pappophorum vaginatum. CM= mean square. The characters studied were: MRT: Total reproductive tillers; Db: Basal diameter; MHV: Macollas with green leaves; LL=: Leaf blade length; A: Height; AP: Antecios per panicle; Apl: Antecios per plant; MST: Total aerial dry matter.

Población	Fuente de variación	CARÁCTER															
		MRT(1)		Db		MHV		LL		A		MRT(4)		LP(4)		AP(4)	
		CM	P	CM	P	CM	P	CM	P	CM	P	CM	P	CM	P	CM	P
P1	Genotipos	53,6	0,018	2,26	0,011	7,08	0,038	5,67	0,162	26,1	0,236	43,91	0,658	2,88	0,019	270,4	0,049
	Error	21,93		0,858		3,28		3,74		19,55		59,56		1,17		132,4	
P2	Genotipos	32,16	0,001	2,43	0,043	6,83	0,111	11,69	0,000	66,14	0,005	4,11	0,000	0,05	0,193	744,5	0,001
	Error	9,44		1,16		4,05		2,73		22,32		0,827		0,04		219,8	
P3	Genotipos	55,48	0,003	3,68	0,002	2,67	0,649	9,18	0,046	56,52	0,014	131,4	0,004	0,138	0,037	0,218	0,023
	Error	17,81		1,14		3,58		4,43		22,18		43,96		0,064		0,092	
P4	Genotipos	27,43	0,028	1,023	0,666	12,53	0,030	20,99	0,000	20,86	0,513	185,1	0,000	6,18	0,088	1061	0,005
	Error	12,01		1,402		5,58		5,58		22,98		47,41		3,45		363,3	

Tabla 3. Continuación

Población	Fuente de Variación	CARÁCTER																	
		Apl(4)		MRT(5)		LP(5)		AP(5)		Apl(5)		MST							
		CM	P	CM	P	CM	P	CM	P	CM	P	CM	P						
P1	Genotipos	62,98	0,483	136,3	0,6	2,35	0,49	123,2	0,87	808100	0,65	0,635	0,034						
	Error	66,6		171,6		2,53		261,6		1097108		0,29							
P2	Genotipos	361,8	0,000	276,3	0,046	5,04	0,01	1384	0,000	3777019	0,014	1175	0,001						
	Error	74,81		133,2		1,87		291,6		1478880		325,5							
P3	Genotipos	883028	0,099	202,6	0,151	5,34	0,125	1565	0,018	1762394	0,55	427,4	0,656						
	Error	508180		130,8		3,26		634,8		2068298		577,9							
P4	Genotipos	225,14	0,025	125,3	0,043	8,4	0,000	7,33	0,000	371,7	0,000	335,2	0,322						
	Error	97,03		59,73		1,87		1,22		88,4		285,4							

Tabla 4. Varianza genética (σ^2_G), ambiental (σ^2_A) y fenotípica (σ^2_P), heredabilidad en sentido amplio (H^2) y coeficientes de variación genético (CV_G) y ambiental (CV_A) en caracteres de interés agronómico (carácter [fecha nro.]) en cuatro poblaciones de *Pappophorum vaginatum*. Las abreviaturas indican lo siguiente: MRT: Macollas Reproductivas Totales; Db: Diámetro Basal; MHV: Macollas con Hojas Verdes; LL: Longitud de la Lámina; A: Altura; AP: Antecios por Panoja; Apl: Antecios por planta; MST: Materia Seca aérea Total.

Table 4. Genetic (σ^2_G), environmental (σ^2_A) and phenotypic (σ^2_P) variance, broad sense heritability (H^2) and coefficients of genetic (CV_G) and environmental variation (CV_A) in characters of agronomic interest (character [date no.]) in four populations of *Pappophorum vaginatum*. Abbreviations indicate the following: MRT: Total Reproductive Macollas; Db: Basal Diameter; MHV: Macollas with Green Leaves; LL=: Leaf blade length; A: Height; AP: Antecios per panicle; Apl: Antecios per plant; MST: Total aerial Dry Matter.

Carácter	Población	σ^2_G	σ^2_A	σ^2_F	H^2	CV_G	CV_A	CV_F	CV_G/CV_A
MRT(1)	P1	31,67	21,93	53,6	0,59	35,66	29,68	46,4	1,2
	P2	22,72	6,44	32,16	0,70	45,05	29,04	53,6	1,55
	P3	37,67	17,81	55,48	0,67	47,1	32,39	57,16	1,45
	P4	15,41	12,01	27,43	0,56	46,51	41,06	62,05	11,13
Db	P1	1,4	0,85	2,26	0,62	31,93	29,47	40,53	1,27
	P2	1,27	1,16	2,43	0,52	30,65	29,28	42,39	1,04
	P3	2,54	1,14	3,68	0,69	40,82	27,31	49,11	1,49
	P4	-0,37	1,4	1,02	0	--	29,75	25,41	0
MHV	P1	3,79	3,28	7,08	0,53	50,75	47,21	69,31	1,07
	P2	2,78	4,05	6,83	ns	48,65	58,69	76,23	0,82
	P3	-0,9	3,58	2,67	0	--	35,71	30,88	0
	P4	6,94	5,58	20,99	0,73	49,08	44,02	65,93	1,11

(Tabla 4, cont.)

Carácter	Población	σ^2_G	σ^2_A	σ^2_F	H ²	CV _G	CV _A	CV _F	CV _G /CV _A
LL	P1	1,93	3,74	5,67	ns	24,47	33,99	41,88	0,71
	P2	8,96	2,73	11,69	0,6	29,62	21,14	36,39	1,4
	P3	4,74	4,43	9,18	0,51	28,34	27,4	39,41	1,03
	P4	15,41	5,58	20,99	0,73	49,19	29,06	57,41	1,66
A	P1	6,55	19,55	26,1	ns	12,66	21,87	25,27	0,57
	P2	43,82	22,32	66,14	0,66	29,62	21,14	36,39	1,4
	P3	34,34	22,18	56,52	0,6	24,39	19,6	31,29	1,24
	P4	-2,12	22,98	20,86	0	--	19,65	18,72	0
MRT (4)	P1	-15,6	59,56	43,91	0	--	45,76	39,37	0
	P2	3,29	0,82	4,11	0,8	10,86	5,44	12,13	1,99
	P3	87,97	43,96	131,9	0,66	65,04	45,98	79,65	1,41
	P4	137,74	47,41	185,1	0,74	81,22	47,65	94,17	1,7
LP (4)	P1	1,7	1,17	2,88	0,59	14,72	12,26	19,16	1,2
	P2	0,01	0,04	0,05	ns	1,31	2	2,39	0,65
	P3	0,07	0,06	0,13	0,53	2,56	2,28	3,5	1,07
	P4	2,73	3,45	6,18	ns	15,3	17,20	23,02	0,88

(Tabla 4, cont.)

Carácter	Población	σ^2_G	σ^2_A	σ^2_F	H ²	CV _G	CV _A	CV _F	CV _G /CV _A
AP (4)	P1	138	132,4	270,4	0,51	26,55	25,81	36,88	1,02
	P2	524,7	219,8	744,5	0,7	40,14	25,98	47,81	1,54
	P3	0,126	0,09	0,218	0,57	0,5	0,42	0,65	1,17
	P4	697,4	363,7	1061	0,65	40,78	29,45	50,30	1,38
Ap (4)	P1	-3,62	66,66	62,98	0	--	1,03	1	0
	P2	287	74,81	361,8	0,79	1,7	0,87	1,91	1,95
	P3	374848	508180	883028	ns	56,28	65,53	86,38	0,85
	P4	128,11	97,03	225,14	0,57	1,17	1,02	1,55	1,14
MRT(5)	P1	-35,3	171,6	136,3	0	--	40,90	36,45	0
	P2	143,1	133,2	276,3	0,51	37,53	37,53	54,05	1,03
	P3	71,79	130,8	202,6	ns	38,3	38,30	47,66	0,74
	P4	65,56	59,73	125,3	0,52	34,89	34,89	50,53	1,04
LP(5)	P1	-0,18	2,53	2,35	0	--	15,99	15,41	0
	P2	3,17	1,87	5,04	0,62	16,41	12,6	20,69	1,3
	P3	2,08	3,26	5,34	ns	12,18	15,25	19,52	0,79
	P4	6,53	1,87	8,4	0,77	23,27	12,45	26,4	1,86

(Tabla 4, cont.)

Carácter	Población	σ^2_G	σ^2_A	σ^2_F	H ²	CV _G	CV _A	CV _F	CV _G /CV _A
AP(5)	P1	-138	261,6	123,6	0	--	28,91	19,87	0
	P2	1092	291,6	1384	0,79	47,87	24,73	53,88	1,93
	P3	931	634,8	1565	0,59	35,71	29,49	46,32	1,21
	P4	6,11	1,22	7,33	0,83	3,3	1,47	3,62	2,23
Ap1(5)	P1	-289008	1097108	808100	0	--	55,4	47,54	0
	P2	2298739	1478280	3777019	0,6	67,43	54,08	86,44	1,24
	P3	-305904	2068298	1762394	0	--	53,82	49,68	0
	P4	283,3	88,4	371,7	0,76	0,97	0,54	1,12	1,79
MST	P1	0,345	0,29	0,635	0,54	1,66	1,53	2,26	1,09
	P2	849,8	325,5	1175,3	0,72	65,36	40,45	76,87	1,61
	P3	-150	577,9	427,4	0	--	48,47	41,68	0
	P4	49,8	285,4	335,2	ns	16,60	39,75	43,08	0,41

n.s. No significativo

traron que en general los caracteres presentaron valores altos de heredabilidad en sentido amplio (entre 0,51 y 0,83), considerando las cuatro poblaciones estudiadas (Tabla 3). No obstante, dicha heredabilidad no se pudo calcular en 9 de 56 casos debido a que el análisis de la varianza resultó no significativo ($p > 0,05$) (Tabla 3). El número de macollas reproductivas totales por planta, considerando todas las poblaciones y fechas para las cuales se pudo calcular, tuvo una heredabilidad promedio de 0,63. Al observar por separado las fechas de muestreo (1), (4) y (5), sus valores promedio de heredabilidad fueron 0,63; 0,73 y 0,51, respectivamente. Esto permite inferir que se puede esperar una respuesta a la selección para este carácter, y además muestra que su heredabilidad se mantiene alta en los tres momentos evaluados. Otros estudios en gramíneas forrajeras también informaron alta heredabilidad para el número de macollas reproductivas totales por planta. Por ejemplo, Abbot & Pistorale (2010) en *Bromus catharticus* y Spara et al. (2014) en *Phalaris aquatica* obtuvieron valores de heredabilidad de 0,81 y 0,75, respectivamente. No obstante, Pistorale et al. (2008) en *Thinopyrum ponticum* obtuvieron un valor bajo de heredabilidad (0,19) para dicho carácter. La longitud de panoja por planta, considerando todas las fechas y poblaciones para las cuales se pudo calcular, también tuvo una heredabilidad promedio de 0,63. Sin embargo, se observó que en la fecha de muestreo (4) solo se pudo calcular para P1 y P3, y en la fecha de muestreo (5) para P2 y P4. Esto también permitió inferir que se puede esperar una respuesta a la selección para este carácter. Sin embargo, a diferencia del número de macollas reproductivas totales

por planta, la heredabilidad no solo que no se mantuvo alta en ambas fechas sino que en algunos casos directamente no se pudo calcular, porque el análisis de varianza resultó no significativo ($p > 0,05$). En este caso, los valores de heredabilidad de otros estudios en gramíneas forrajeras fueron variables. Por ejemplo, Abbot & Pistorale (2010) en *Bromus catharticus* y Spara et al. (2014) en *Phalaris aquatica* informaron altos valores de heredabilidad (0,66 y 0,88, respectivamente); García et al. (2001) en *Paspalum dilatatum* informaron valores medios (0,34), y tanto Aulicino & Arturi (2002) en *Bromus catharticus* como Pistorale et al. (2008) en *Thinopyrum ponticum* informaron valores bajos (0,16 y 0,1, respectivamente).

El número de antecios por panoja por planta, considerando todas las poblaciones y fechas, tuvo una heredabilidad promedio de 0,66. En este caso se podría realizar selección y esperar algún avance genético en cada población. Además, al igual que para el número de macollas reproductivas totales por planta, la heredabilidad se mantuvo alta en ambas fechas (es decir, [4] y [5]). En otros estudios para este carácter se obtuvieron valores de heredabilidad de medios a altos. Así, Abbot & Pistorale (2010) en *Bromus catharticus* y Spara et al. (2014) en *Phalaris aquatica* informaron valores altos (0,80 y 0,87, respectivamente), mientras que Aulicino & Arturi (2002) obtuvieron valores medios (0,44). El número de antecios por planta presentó una heredabilidad promedio de 0,68, aunque solo se pudo calcular para P2 y P4 en ambas fechas (es decir, [4] y [5]). Como resultado, solo en dichas poblaciones se podría esperar avance genético. De todos modos, vale aclarar que en este trabajo dicho carácter se estimó en base al nú-

mero de macollas reproductivas totales por planta y al número de antecios por panoja por planta.

En cuanto a los caracteres vegetativos estudiados, se observó que la heredabilidad de la biomasa seca aérea total acumulada por planta solo se pudo calcular para P1 y P2, y que su valor promedio fue de 0,63. Por lo tanto, se puede inferir que solo se podría esperar respuesta a la selección en las poblaciones mencionadas. Este resultado coincide con lo informado por Pistorale et al. (2008) quienes también informaron valores altos de heredabilidad (0,55) para este carácter en *Thynopirum ponticum*. Casler (2005) en un estudio en *Panicum virgatum* también informó valores altos de heredabilidad (0,63) para dicho carácter en base a rendimientos por parcela.

Para la altura de planta también se obtuvo una heredabilidad promedio de 0,63 para las poblaciones que se pudo calcular (P2, P3). Esto coincide tanto con Andrés & Quiroga (2010) como con Casler (2005), quienes también informaron valores altos de heredabilidad (0,9) para este carácter en *Trichloris crinita* y *Panicum virgatum*, respectivamente. Por su parte, para los caracteres diámetro basal, número de macollas con hojas verdes por planta y longitud de la lámina más larga por planta se obtuvieron valores promedio de heredabilidad de 0,61, 0,54 y 0,66, respectivamente para las poblaciones que se pudo calcular (diámetro basal: P1, P2 y P4; número de macollas con hojas verdes por planta: P1 y P4; longitud de la lámina más larga por planta: P2, P3 y P4). Así, en general para estos tres caracteres y poblaciones las expectativas de avance genético también son promisorias.

Otro parámetro que junto a la heredabilidad da una idea de las posibilidades de obtener algún avance genético es el coeficiente de variación genético. En este estudio, y en concordancia con la heredabilidad, se observó que en general los caracteres presentaron coeficientes de variación genéticos altos en las cuatro poblaciones estudiadas. Esto se puede inferir debido a que las relaciones entre el coeficiente de variación genético y el ambiental fueron superiores a 1. Considerando los caracteres que también se analizaron en algunas otras investigaciones en gramíneas forrajeras los resultados coinciden parcialmente. Por ejemplo, Abbot & Pistorale (2010) informaron coeficientes de variación genéticos en *Bromus catharticus* de 1,66; 2,07 y 1,48 para el número de macollas reproductivas totales, número de antecios y longitud de panoja por planta, respectivamente. Pistorale et al. (2008) en *Thynopirum ponticu* informaron valores de los coeficientes de variación genéticos de 0,48; 0,33 y 1,11, respectivamente, para el número de macollas reproductivas totales, longitud de panoja y biomasa seca por planta. Vencovsky (1987) y Vencovsky & Barriga (1992) también informaron que, si la variación genética es mayor que la ambiental, la relación entre el coeficiente de variación genético y el coeficiente de variación ambiental será mayor que 1, y por ende la expectativa de respuesta a la selección será mayor en el corto plazo.

Según la población, entre 6 y 12 de los 14 casos estudiados para cada una de las poblaciones resultaron significativos ($p \leq 0,05$) en el análisis de varianza, con valores de heredabilidad altos y una relación entre el coeficiente de variación

genético y el coeficiente de variación ambiental superior a 1. Esto muestra que las expectativas de lograr algún avance genético en un programa de selección en *Pappophorum vaginatum* serían promisorias para varios caracteres de interés agronómico, inclusive en el corto plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBOTT, L. & S. PISTORALE, 2010. Determinación de componentes de la varianza y heredabilidad en cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.). *Agriscientia* 27(2): 115-123. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v27.n2.2773>
- ANDRÉS, A. & E. QUIROGA, 2010. Variabilidad genética en poblaciones de *Trichloris crinita* del Chaco Arido argentino. *Revista Argentina de Producción Animal* 30 (Supl. 1): 287-288, resumen.
- AULICINO, M.B. & M. J. ARTURI, 2002. Phenotypic diversity in Argentinian populations of *Bromus catharticus* (Poaceae). Genetic and environmental components of quantitative traits. *New Zealand Journal of Botany* 40: 223-234. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2002.9512785>.
- BURTON, G. W. & E. H. DeVANE, 1953. Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal* 45: 478-481. <https://doi.org/10.2134/agronj1953.00021962004500100005x>
- CAMPBELL, C. S., J. A. QUINN, G. P. CHEPLICK & T. J. BELL, 1983. Cleistogamy in grasses. *Annual Review of Ecology and Systematics* 14: 411-441. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.14.110183.002211>
- CASLER, M. D., 1998. Genetic variation within eight populations of perennial forage grasses. *Plant Breeding* 117: 243-249. <https://10.1111/j.1439-0523.1998.tb01933.x>
- CASLER, M.D., 2005. Ecotypic variation among switchgrass populations from the Northern USA. *Crop Science* 45: 388-398. <https://doi.org/10.2135/crosci.2005.0388>
- CUBERO, J.I., 2013. Introducción a la mejora genética vegetal. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 569 pp. ISBN: 9788484766551
- FCA y F-EEJH. 2013. (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP [Estación Experimental J. Hirschhorn-EEJH]). *Boletín Agrometeorológico Mensual (Climatología y Fenología Agrícola)*. 12 pp.
- FALCONER, D. S. & T. F. C. MACKAY, 1996. An introduction to quantitative genetics. 4th ed. Longarm, Burnt Mill, Harlow, U.K. 1ra reimpresión 2006 de la edición en lengua española. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 469 pp. ISBN:10:0582243025
- GARCÍA, M. V, M. J. ARTURI & O. E. ANSÍN, 2001. Potencial de mejora en caracteres cuantitativos de *Paspalum dilatatum* Poir. en poblaciones del noreste bonaerense. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 104(2): 105-111.
- GARCÍA, M. V., M. J. ARTURI & O. E. ANSÍN, 2002. Variabilidad fenotípica y genética en poblaciones de pasto miel (*Paspalum dilatatum* Poir.). *Agricultura Técnica* 62 (2): 237-244. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072002000200006>
- GARNER, E. R., M.E. HERSHDORFER & B. MUNDA, 2006. Notice of release of Pima pappusgrass selected class of germplasm. Tucson (AZ): USDA Natural Resources Conservation Service Tucson Plant Materials Center.
- GIORGETTI, H. D., O. A. MONTENEGRO, G. D. RODRIGUEZ, C. A. BUSO, T. MONTANI, M. A. BURGOS, A. C. FLEMMER, M. B. TORIBIO & S. S. HORVITZ, 1997. The comparative influence of past management and rainfall on range herbaceous standing crop in east-central Argentina: 14 years of observations. *Journal of Arid Environment* 36(3): 623-637. <https://doi.org/10.1006/jare.1996.0220>

- GIORGETTI, H. D., O. A. MONTENEGRO, G. D. RODRÍGUEZ & C. A. BUSSO, 1998. Influencia de manejos previos en la Provincia Fitogeográfica del Monte: Densidad de plantas. Actas 22° Congreso Nacional de Producción Animal. p. 101, resumen.
- GIORGETTI, H. D., O. A. MONTENEGRO, G. D. RODRÍGUEZ & C. A. BUSSO, 1999. Influencia de manejos previos en la Provincia Fitogeográfica del Monte: Porcentaje de cobertura. 19° Reunión de la Asociación Argentina de Ecología, p. 100, resumen.
- GIORGETTI, H. D., E. E. BONTTI, R. M. BÓO, G. D. RODRÍGUEZ, O. A. MONTENEGRO, O. R. ELÍA, & N. KUGLER, 2000a. Composición botánica de dietas de vacunos en la región del Monte de la Provincia de Buenos Aires. Revista Argentina de Producción Animal 20: 139-140, resumen.
- GIORGETTI, H. D., O. A. MONTENEGRO, G. D. RODRÍGUEZ & C. A. BUSSO, 2000b. Frecuencia de especies herbáceas y leñosas en pastizales naturales del centro de Argentina recobrándose de disturbios. Revista Argentina de Producción Animal 20: 138-139, resumen.
- GOULD, F. W., 1966. Chromosome numbers of some Mexican grasses. Canadian Journal of Botany 44(12): 1683-1696. Doi: 10.1189/b66-181
- HANSON, W. D., 1963. Heritability. En: Hanson, W. D & H. F. Robinson (Eds.), Statistical genetics and plant breeding. National Academy of Science, Washington D. C. Publ n° 982: 125-140.
- HOLLAND, H. B., W. E. NYQUIST & C. T. CERVANTES-MARTINEZ, 2003. Estimating and interpreting heritability for plant breeding: An up date. Janes, J. (Ed). John Wiley and Sons, Inc. Plant Breeding Reviews 22: 9-112. <https://doi.org/10.1002/9780470650202>
- INSTITUTO NACIONAL de TECNOLOGÍA AGROPECUARIA, Bordenave (INTA Bordenave). Información Agrometeorológica. Consultado en junio de 2012 Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/informacion-agrometeorologica-1>
- KALTON, R. R., A. G. SMIT & R. C. LEFFEL, 1952. Parent-inbred Progeny Relationships of Selected Orchardgrass Clones1. Agronomy Journal 44(9): 481-486. <https://doi.org/10.2134/agronj1952.00021962004400090007x>
- MCDONALD, E. D., R. R. KALTON & M.G. WEISS, 1952. Interrelationships and relative variability among S_1 and open-pollination progenies of selected bromegrass clones. Agronomy Journal 44: 20-25. <https://doi.org/10.2134/agronj1952.00021962004400010007x>
- MINISTERIO de AGROINDUSTRIAS (provincia de Buenos Aires) (MA-BA). Estación Agrometeorológica Chacra Experimental Patagones. Consultado en diciembre 2016.
- MUJICA, M. M., 2010a. Conf: Estrategias de selección y rol de la mejora genética de especies nativas y naturalizadas para una ganadería pastoril sustentable. Actas, Jornadas de Mejoramiento Genético de Forrajeras. Facultad de Cs. Agrarias y Forestales - UNLP. pp 59-62.
- MUJICA, M. M., 2010b. Conf. Estrategias y resultados de una experiencia de investigación tecnológica y mejoramiento genético en *Lotus tenuis*. Actas, V Taller Interdisciplinario de *Lotus*: Aspectos genéticos, Moleculares y Ecofisiológicos de *Lotus* spp. y sus simbioses. INTECH, Chascomús. pp 58-62.
- NYQUIST, W.E., 1991. Estimation of heritability and prediction of selection response in plant populations. Critical Reviews in Plant Sciences 10(3): 235-322. <https://doi.org/10.1080/07352689109382313>
- PENSIERO, J. F., 1986. Revision de las especies argentinas del género *Pappophorum* (Gramineae : Eragrostoideae: Pappophoreae). (Revision of the Argentine species of the genus *Pappophorum* (Gramineae: Eragrostoideae: Pappophoreae). Darwiniana 27(1-4): 65-87. <https://www.jstor.org/stable/23217320>

- PISTORALE, S. M., L. A. ABBOTT & A. ANDRÉS, 2008. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. *Ciencia e Investigación Agraria* 35(3): 259-264. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202008000300003>
- REEDER, J. R. & D. N. SINGH, 1968. Chromosome numbers in the tribe Pappophoreae (Gramineae). *Madroño* 19(5): 183-187. <https://www.jstor.org/stable/41423294>
- ROBINSON, H. F., R. E. COMSTOCK & P. H. HARVEY, 1955. Genetic variances in open pollinated varieties of corn. *Genetics* 40: 45-60.
- ROSENGURTT, B., 1984. Gramíneas cleistógamas de Uruguay. *Boletín Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo* 134: 1-27.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN). Información Meteorológica. Consultado en noviembre 2017. Disponible en: <https://www.smn.gob.ar/caracterizaci%C3%B3n-estad%C3%ADsticas-de-largo-plazo>
- SINGH, M., S. CECCARELLI & J. HAMBLIN, 1993. Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics* 86: 437-441. <https://doi.org/10.1007/BF00838558>
- SMITH, F., 2010. Notice of release of Webb Germplasm Whiplash Pappusgrass selected plant material. Texas A&M University-Kingsville, Caesar Kleberg Wildlife Research Institute, South Texas Natives, USDA-NRCS E. "Kika" de la Garza Plant Materials Center, and Texas Agri Life Research Station at Beeville (signed). 16 pp.
- SMITH, F. S., W. R. OCUMPAUGH, J. LLOYD-REILLEY, K. A. PAWELEK, S. D. MAHER, A. W. SCOTT Jr, & J. GARZA, 2010. Notice of release: Webb Germplasm Whiplash Pappusgrass (selected class of natural germplasm). *Native plants* 11(3): 275-282.
- SOKAL, R. R. & F.J. ROHLE, 1984. *Introducción a la Bioestadística*. Editorial Reverté S.A., Barcelona, España, 376 pp. ISBN: 978-84-291-1862-9
- SPARA, F., L. ABBOTT, R. WOLFF & E. VERNENGO, 2014. Estimación de parámetros genéticos y su utilidad para la selección por producción de semilla en *Phalaris aquatica* L. *BAG, Journal of Basic Applied Genetics* 25(1): 31-40.
- STANFIELD, W. D., 1971. *Genética. Teoría y 400 Problemas Resueltos*. Serie Schaum. McGraw Hill. México. 405 pp.
- STATSOFT, Inc. (2005). *STATISTICA* (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.
- TORRES Y. A., C. A. BUSSO, O. A. MONTENEGRO, H. D. GIORGETTI, G. RODRIGUEZ & L. ITHURRART, 2013. Plant traits contributing to the performance of native and introduced rangeland grasses in arid Argentina. En: Busso, C.A. (Ed.), *From seed germination to young plants. Ecology, growth and environmental influences*. 1a ed. Nova Science Publishers, Inc. New York, U.S.A. 369 pp.
- VENCOVSKY, R., 1987. Herança quantitativa. En: Paterniani, E. (Ed.), *Melhoramento e Produção do Milho no Brasil*. Edição da Fundação Cargill. Instituto de Genética, Esc. Sup. Agricultura Luis de Queiroz, Universidad de São Paulo. Piracicaba. São Paulo. pp. 122-199.
- VENCOVSKY, R. & P. BARRIGA, 1992. Genética Biométrica no fitomelhoramento *Revista Brasileira de Genética*. 496 pp.

Recibido: 11/2020
 Aceptado: 04/2021