



# Parámetros genéticos de caracteres de interés agronómico en cuatro poblaciones espontáneas de *Pappophorum vaginatum* (Poaceae) en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires, Argentina

Genetic parameters of traits of agronomic interest in four spontaneous populations of *Pappophorum vaginatum* (Poaceae) in the semi-arid region of Buenos Aires province, Argentina

Entio, Lisandro J.<sup>1</sup> ; María M. Mujica<sup>1</sup> ; Carlos A. Busso<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> Cátedra Int. Mejoramiento Genético, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, (1900) La Plata, Argentina (FCAYF-UNLP).

<sup>2</sup> Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CERZOS-CONICET) y Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, provincia de Buenos Aires, (8000) Bahía Blanca, Argentina.

\* Autor corresponsal: 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 los caracteres macollas vegetativas y reproductivas, diámetro basal, longitud de lámina y panoja, altura de planta, antecios por panoja y por planta y materia seca aérea en cuatro poblaciones espontáneas de *P. vaginatum* recolectadas en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires. Según la población, resultaron signifi-

► Ref. bibliográfica: Entio, L. J.; Mujica, M. M.; Busso, C. A. 2021. Parámetros genéticos de caracteres de interés agronómico en cuatro poblaciones espontáneas de *Pappophorum vaginatum* (Poaceae) en la región semiárida de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Lilloa* 58 (2): 70-85. doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/2021.58.2/2021.09.24>

► Recibido: 5 de abril 2021 – Aceptado: 24 de septiembre 2021 – Publicado en línea: 25 de octubre de 2021.

► URL de la revista: <http://lilloa.lillo.org.ar>

► Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.



cativos ( $p \leq 0,05$ ) 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 *P. vaginatum* son promisorias para varios caracteres de interés agronómico, inclusive en el corto plazo.

**Palabras clave** — Domesticación; forrajeras; heredabilidad; nativas; pastizales.

## ABSTRACT

In Argentina, more specifically in the southern grasslands of the Monte phytogeographic province, *Pappophorum vaginatum* Buckley is probably the only species providing forage for grazing livestock at during summer. Because of this, studies focused on achieving genetic improvement of this species are needed for various traits of agronomic interests, especially those related with the control of implantation and the forage and seed production. 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) heritability in a broad sense for vegetative and reproductive tillers, basal diameter, blade and panicle length, plant height, antheria per panicle and per plant, and above-ground dry matter in four spontaneous populations of *P. vaginatum* collected in the semiarid region of the province of Buenos Aires. According to the population, the analysis of variance was significant ( $p \leq 0,05$ ) between six and 12 out of the 14 traits of agronomic interest studied for each of the populations, with high values of heritability, and a relationship greater than one 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* are promising for various traits of agronomic interest, even in the short term.

**Keywords** — Domestication; forage species; heritability; native; grasslands.

## 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* es prácticamente la única especie que provee forraje para los animales durante el verano (Giorgetti, com. pers., Chacra Experimental Patagones, Carmen de Patagones, Provincia de Buenos Aires, 2005). Giorgetti *et al.* (1997; 1998; 1999; 2000a; 2000b) informaron que esta especie es la gramínea perenne C<sub>4</sub>, 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 provincias fitogeográficas Pampeana, del Espinal y sudeste de la Chaqueña (Pensiero, 1986).

*P. vaginatum* es una especie diploide con  $2n = 60$  cromosomas (Gould, 1966; Reeder y Singh, 1968). Garner *et al.* (2006), Smith (2010) y Smith *et al.* (2010) informaron que esta especie sería autógama 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 y/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 (Mujica, 2010a; 2010b). En este sentido, además de conocer aspectos agronómicos de la especie, es necesario conocer las propiedades genéticas de la población en estudio (Abbot y Pistorale, 2010). Estas propiedades, están determinadas por la magnitud relativa de los componentes de la varianza (Falconer y 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 y Mackay, 1996; Cubero, 2013). Dicho parámetro es una de las propiedades más importantes de los caracteres cuantitativos (Falconer y 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 y Pistorale, 2010) e incluso para el mismo carácter y población en ambientes distintos (Falconer y Mackay, 1996; Cubero, 2013). Varios autores (Hanson, 1963; Nyquist, 1991; Falconer y 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 y 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 y Arturi, 2002; Abbot y Pistorale, 2010), *Dactylis glomerata* (Kalton *et al.*, 1952; Casler, 1998), *Festuca arundinacea* (Burton y DeVane, 1953), *Paspalum dilatatum* (García *et al.*, 2001; 2002), *Panicum virgatum* (Casler, 2005), *Thinopyrum ponticum* (Pistorale *et*

*al.*, 2008), *Trichloris crinita* (Andrés y 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.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitios 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 (Fig. 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 siendo las medias anuales máximas y mínimas 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 siendo las medias anuales máximas y mínimas 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 % (SMN, 2017). El relieve es una llanura ondulada con lomas arenosas con cobertura de estrato herbáceo y comunidades arbustivas secundarias. En la zona de recolección de P4 la precipitación media anual histórica (1981-2016) es de 434,2 mm. La temperatura media anual es de 14,1 °C siendo las medias anuales máximas y mínimas 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 (1981-2016) es 65,5 % (MA-BA, 2016). El relieve es típicamente una llanura con cobertura de estrato arbustivo abierto y estrato herbáceo.

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

**Table 1.** Municipality and geographic coordinates of the seed collection sites belonging to *P. vaginatum* populations.

Población (n°)	Partido	Coordenadas geográficas
1	Saavedra	37°26'51,20" S – 62°28'01,20" O
2	Adolfo Alsina	37°21'37,60" S – 62°27'52,10" O
3	Villarino	38°49'32,40" S – 62°43'13,20" O
4	Patagones	40°40'25,86" S – 62°54'03,06" O

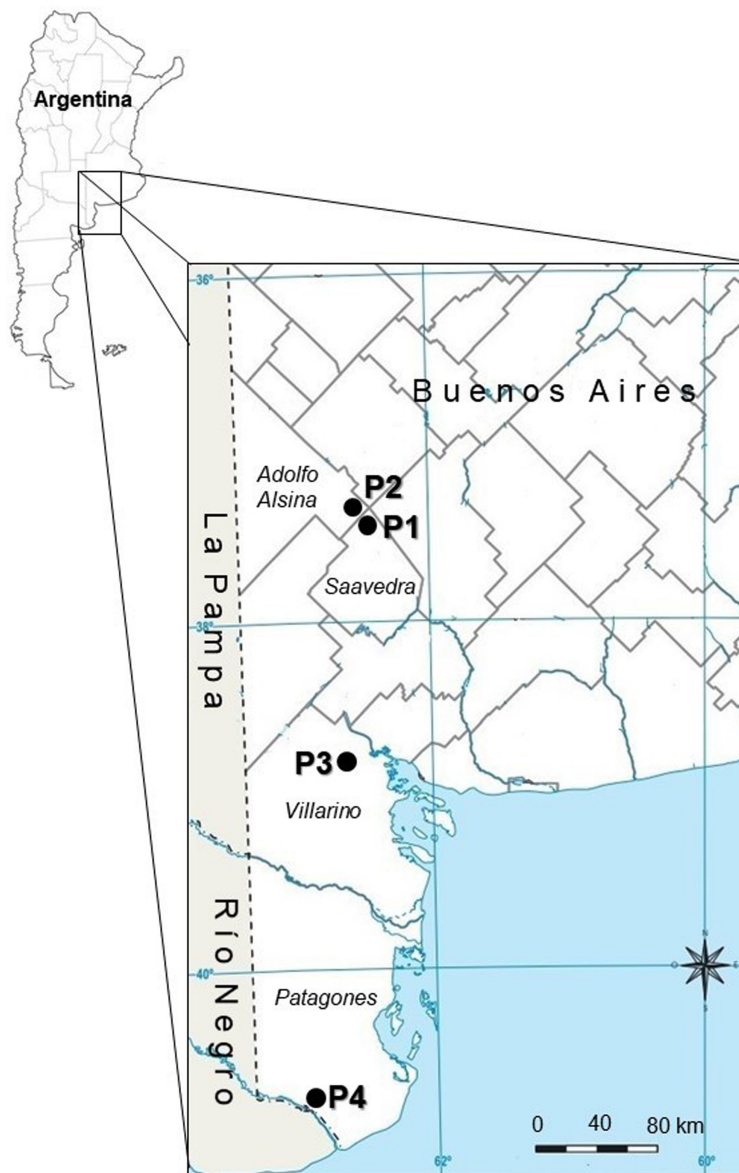


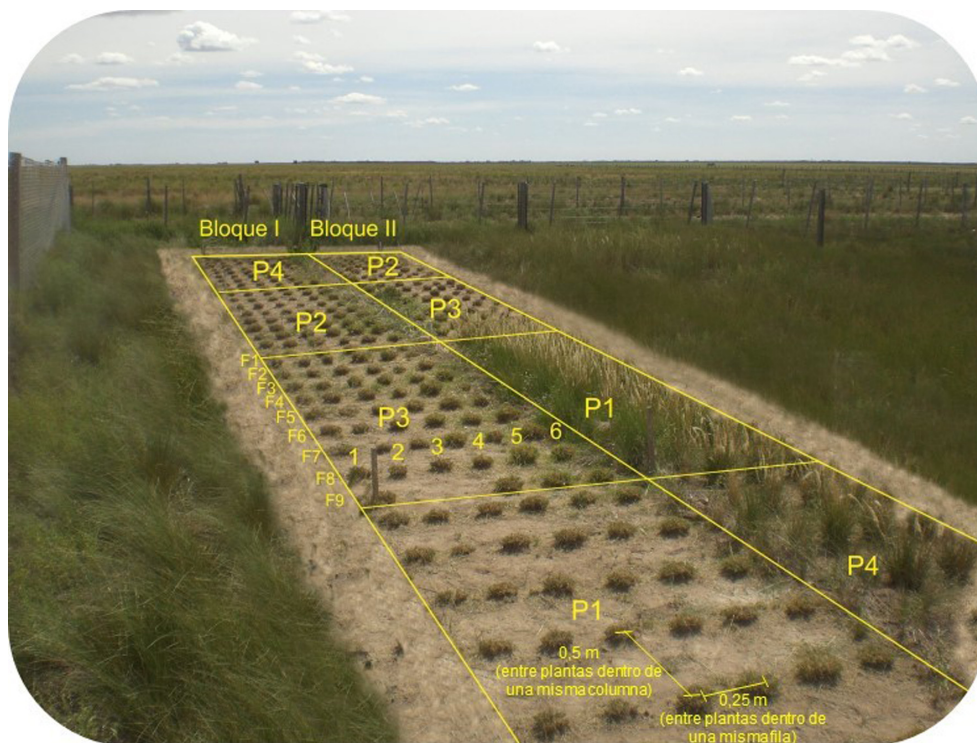
Fig. 1. En el detalle del mapa de Argentina se indican las áreas donde se recolectaron las semillas de las cuatro poblaciones (P1, P2, P3 y P4) de *P. vaginatum*.

Fig. 1. Detailed map of Argentina indicating the areas where the seeds of the four populations (P1, P2, P3, and P4) of *P. vaginatum* were collected.

## 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 cm<sup>3</sup>. El 27/09/2013, 12 plantas de cada uno de 9 genotipos (líneas puras) de cada población, obtenidas luego del estudio de emergencia, se trasladaron a bandejas plásticas de 72 celdas (5 cm de altura;

28 cm de ancho; 54 cm de largo) con sustrato de composición idéntica al anterior. Cada celda tuvo un volumen de 55 cm<sup>3</sup>. Esto fue conducido a la intemperie en La Plata (34°56'13"S, 57°56'41"O) en condiciones semi-controladas (sin incidencia de las precipitaciones) manteniendo riego para evitar déficit hídrico, procurando que el volumen de tierra de cada celda estuviera siempre saturado de humedad. El riego se realizó todos los días y se detuvo apenas 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 genotipos/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) (Fig. 2).



**Fig. 2.** Detalle del diseño del ensayo de campo realizado en la Chacra Experimental Patagones. En cada bloque (bloque I, bloque II) se muestran 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.

**Fig. 2.** Detail of the design of the field trial carried out in the Patagones Experimental Farm. In each block (block I, block II) the distribution of the plants is shown in each of the four populations (P1 to P4) randomly drawn. Within each block, there were six columns and nine rows per plot (54 plants per plot). Around all the plots, a zone of 1 m without vegetation was maintained during the study. Its objective was to maintain that area without radical competition for the existing plants there. The weeds were periodically removed from this area.

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 semillas. 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.

**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; LP: Longitud de Panoja; Apl: Antecios por planta; MST: Materia Seca aérea Total.

**Table 2.** Details of the sampling dates and the studied traits. Abbreviations indicate the following = MRT: Total Reproductive Tillers; Db: Basal Diameter; MHV: Tillers with Green Leaves; LL: Blade Length; A: Height; AP: Anthecia per Panicle; LP: Panicle Length; Apl: Anthecia per Plant; MST: Total Above-ground 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 MHV LL	– se midió el diámetro basal por planta (cm). – se contó el n° de macollas con hojas verdes por planta. – se midió la longitud de la lámina más larga por planta (cm) [√x].
5/11/2014 (3)	Botón floral	A  MRT (4)	– se midió la altura por planta desde la superficie del suelo hasta el extremo de la hoja más larga sosteniéndola verticalmente (cm). – se contó el n° de Macollas Reproductivas Totales por planta [P2: ln(x)].
16/12/2014 (4)	Grano maduro; grano inmaduro; botón floral	AP (4) LP (4) Apl (4)	– se determinó el n° de antecios por panoja por planta (promedio de 2 panojas por planta) [P3: ln(x)]. – se determinó la longitud de panoja por planta (cm) (promedio de 5 panojas por planta) [P2: ln(x); P3: √(x)]. – se calculó el n° de antecios por planta (MRT x AP) [P1,P2,P4: √(x)].
05/01/2016 (5)	Grano maduro, grano inmaduro; dispersión semillas	MRT (5) AP (5) LP (5) Apl (5)	– ver descripción fecha (4). – ver descripción fecha (4) [P4: √(x)]. – ver descripción fecha (4). – ver descripción fecha (4) [P4: √(x)].
		MST	– se calculó la biomasa seca aérea total acumulada por planta al final del periodo estudiado (sumatoria de 4 cortes) (g MS / planta).

### 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 y Quiroga, 2010). Previo al análisis, algunas variables en algunas poblaciones fueron transformadas a fin de cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Sokal y Rohlf, 1984) (ver detalle en Tabla 2). Los componentes de la varianza fueron estimados mediante los cuadrados medios del análisis de varianza (Burton y DeVane, 1953; Singh *et al.*, 1993; Falconer y Mackay, 1996; Cubero, 2013). Así, la varianza ambiental, la varianza genotípica y la varianza fenotípica se estimaron según las siguientes ecuaciones:

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

$$\text{Varianza genotípica } (\sigma^2_G) = \text{CM}_g - \text{CM}_e / r$$

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

$\text{CM}_e$  = cuadrado medio del error experimental;  $\text{CM}_g$  = cuadrado medio de los genotipos; y  $r$  = número de repeticiones.

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

$$\text{Coeficiente de variación genético } (CV_G) = \frac{\sqrt{\sigma^2_{GX}} \cdot 100}{X}$$

$$\text{Coeficiente de variación fenotípico } (CV_F) = \frac{\sqrt{\sigma^2_{FX}} \cdot 100}{X}$$

$$\text{Coeficiente de variación ambiental } (CV_A) = \frac{\sqrt{\sigma^2_{AX}} \cdot 100}{X}$$

Con las estimaciones de los componentes de la varianza se calculó la heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) (Burton y DeVane, 1953; Singh *et al.*, 1993; Falconer y 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 y 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 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 y 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 y 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 mostraron 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 y Pistorale (2010) en *Bromus catharticus* y Spara et al. (2014) en *P. aquatica* obtuvieron valores de heredabilidad de 0,81 y 0,75, respectivamente. No obstante, Pistorale et al. (2008) en *T. 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) sólo se pudo calcular para P1 y P3, y en

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

**Table 3.** Analysis of variance for traits of agronomic interest in four populations of *P. vaginatum*. CM= mean square. The studied traits were: Total Reproductive Tillers (MRT), Basal Diameter (Db), Tillers with Green Leaves (MHV), Blade Length (LL), Height (A), Panicle Length (LP), Anthesis per Panicle (AP), Anthesis per Plant (Apl), Total Above-ground dry Matter (MST).

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	

(Cont.)

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 ( $\sigma^2_G$ ), ambiental ( $\sigma^2_A$ ) y fenotípica ( $\sigma^2_F$ ), heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) y coeficientes de variación genético ( $CV_G$ ) y ambiental ( $CV_A$ ) en caracteres de interés agronómico [carácter (n° fecha)] en cuatro poblaciones de *P. 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; LP: Longitud de Panoja; AP: Antecios por Panoja; Apl: Antecios por planta; MST: Materia Seca aérea Total.

**Table 4.** Genetic ( $\sigma^2_G$ ), environmental ( $\sigma^2_A$ ) and phenotypic ( $\sigma^2_F$ ) variance, heritability in the broad sense ( $H^2$ ) and coefficients of genetic ( $CV_G$ ) and environmental ( $CV_A$ ) variation in traits of agronomic interest [trait (sampling date number)] in four populations of *P. vaginatum*. Abbreviations indicate the following = MRT: Total Reproductive Tillers; Db: Basal Diameter; MHV: Tillers with Green Leaves; LL: Blade Length; A: Height; LP: Panicle Length; AP: Anthecia per Panicle; Apl: Anthecia per Plant; MST: Total Above-ground dry Matter.

Carácter	Población	$\sigma^2_G$	$\sigma^2_A$	$\sigma^2_F$	$H^2$	$CV_G$	$CV_A$	$CV_F$	$CV_G/CV_A$
MRT(1)	P1	31,67	21,93	53,6	0,59	35,66	29,68	46,4	1,2
	P2	22,72	9,44	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	1,13
Db	P1	1,4	0,85	2,26	0,62	31,93	24,97	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	12,53	0,55	49,08	44,02	65,93	1,11
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	--	45,78	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	1,0
	P4	2,73	3,45	6,18	ns	15,3	17,20	23,02	0,88
AP(4)	P1	1,38	132,4	270,4	0,51	26,65	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
Apl(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
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
Apl(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

ns = no significativo.

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 sólo 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 y Pistorale (2010) en *B. catharticus* y Spara *et al.* (2014) en *P. saquatica* informaron altos valores de heredabilidad (0,66 y 0,88, respectivamente), García *et al.* (2001) en *P. dilatatum* informaron valores medios (0,34) y tanto Aulicino y Arturi (2002) en *B. catharticus* como Pistorale *et al.* (2008) en *T. 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 y Pistorale (2010) en *B. catharticus* y Spara *et al.* (2014) en *P. saquatica* informaron valores altos (0,80 y 0,87, respectivamente), mientras que Aulicino y Arturi (2002) obtuvieron valores medios (0,44). El número de antecios por planta presentó una heredabilidad promedio de 0,68, aunque sólo 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 número 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 sólo se pudo calcular para P1 y P2, y que su valor promedio fue de 0,63. Por lo tanto, se puede inferir que sólo se podría esperar respuesta a la selección en las poblaciones mencionadas. Este resultado coincide con lo informado por Pistorale *et al.* (2008) quienes también obtuvieron valores altos de heredabilidad (0,55) para este carácter en *T. ponticum*. Casler (2005) en un estudio en *P. 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 y Quiroga (2010) como con Casler (2005) quienes también informaron valores altos de heredabilidad (0,9) para este carácter en *T. crinita* y *P. 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 y Pistorale (2010) informaron coeficientes de variación genéticos en *B. 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 *T. 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 y 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 *P. vaginatum* serían promisorias para varios caracteres de interés agronómico, inclusive en el corto plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L. y Pistorale S. (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. y Quiroga, E. (2010). Variabilidad genética en poblaciones de *Trichloris crinita* del Chaco Árido argentino. *Revista Argentina de Producción Animal* 30 (Supl. 1): 287-288, resumen.
- Aulicino, M. B. y Arturi, M. J. (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. y DeVane, E. H. (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., Quinn, J. A., Cheplick, G. P. y Bell, T. J. (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/cropsci.2005.0388>
- Cubero, J. I. (2013). Introducción a la mejora genética vegetal. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- FCAyF-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. y Mackay, T. F. C. (1996). An introduction to quantitative genetics. 4th ed. Longarm, Burnt Mill, Harlow, U.K. 1ra reimposición 2006 de la edición en lengua española. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- García, M. V, Arturi, M. J. y Ansín, O. E. (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., Arturi, M. J. y Ansín, O. E. (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., Hershendorfer, M. E. y Munda, B. (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., Montenegro, O. A., Rodríguez, G. D., Busso, C. A., Montani, T., Burgos, M. A., Flemmer, A. C., Toribio, M. B. y Horvitz, S. S. (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., Montenegro, O. A., Rodríguez, G. D. y Busso, C. A. (1998). Influencia de manejos previos en la Provincia Fitogeográfica del Monte: Densidad de plantas. En: Actas 22º Congreso Nacional de Producción Animal. p. 101, resumen.
- Giorgetti, H. D., Montenegro, O. A., Rodríguez, G. D. y Busso, C. A. (1999). Influencia de manejos previos en la Provincia Fitogeográfica del Monte: Porcentaje de cobertura. En: Actas 19º Reunión de la Asociación Argentina de Ecología. p. 100, resumen.
- Giorgetti, H. D., Bontti, E. E., Bóo, R. M., Rodríguez, G. D., Montenegro, O. A. Elía, O. R. y Kugler, N. (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., Montenegro, O. A., Rodríguez, G. D. y Busso, C. A. (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. In: Statistical genetics and plant breeding. Hanson, W. D. y H. F. Robinson (Ed). National Academy of Science, Washington D.C. Publ n° 982: 125-140.
- Holland, H. B., Nyquist, W. E. y Cervantes-Martinez, C. T. (2003). Estimating and interpreting heritability for plant breeding: An update. 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). 2012. Información Agrometeorológica. Recuperado de <http://inta.gov.ar/documentos/informacion-agrometeorologica-1>
- Kalton, R. R., Smit, A. G. y Leffel, R. C. (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., Kalton, R. R. y Weiss, M. G. (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). Conferencia “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 Ciencias Agrarias y Forestales - UNLP pp 59-62.
- Mujica, M. M. (2010b). Conferencia “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). Revisión de las especies argentinas del género *Pappophorum* (Gramineae :Eragrostoideae : Pappophoreae). *Darwiniana* 27 (1-4): 65-87. <https://www.jstor.org/stable/23217320>
- Pistorale, S. M., Abbott, L. A. y Andrés, A. (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., y Singh, D. N. (1968). Chromosome numbers in the tribe *Pappophoreae* (Gramineae). *Madroño* 19 (5): 183-187. <https://www.jstor.org/stable/41423294>
- Robinson, H. F., Comstock, R. E. y Harvey, P. H. (1955). Genetic variances in open pollinated varieties of corn. *Genetics* 40: 45-60.
- Rosengurtt, B. (1984). Gramíneas cleistogamas del Uruguay. *Boletín* (Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo) 134: 1-28.

- Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (2007). Información Meteorológica. Recuperado de <https://www.smn.gov.ar/caracterizaci%C3%B3n-estad%C3%ADsticas-de-largo-plazo>
- Singh, M., Ceccarelli, S. y Hamblin, J. (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 AgriLife Research Station at Beeville (signed). 16 pp.
- Smith, F. S., Ocumpaugh, W. R., Lloyd-Reilley, J., Pawelek, K. A., Maher, S. D., Scott Jr, A. W. y Garza, J. (2010). Notice of release: Webb Germplasm Whiplash Pappusgrass (selected class of natural germplasm). *Native plants* 11 (3): 275-282.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. (1984). Introducción a la Bioestadística. Editorial Reverté S.A., Barcelona, España.
- Spara, F., Abbott, L., Wolff, R. y Vernengo, E. (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.
- STATSOFT, Inc. (2005). STATISTICA (data analysis software system), versión 7.1. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
- Torres, Y. A., Busso, C. A., Montenegro, O. A., Giorgetti, H. D., Rodriguez, G., Ithurrart, L. (2013). Plant traits contributing to the performance of native and introduced rangeland grasses in arid Argentina. En: From seed germination to young plants. Ecology, growth and environmental influences. (C.A. Busso Ed.). 1a ed. Nova Science Publishers, Inc. New York, U.S.A.
- Vencovsky, R. (1987). Herança quantitativa. In: 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. y Barriga, P. (1992). Genética Biométrica no fitomejoramiento. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 496 p.