

Rev. FCA UNCUYO. 2014. 46(2): 223-230. ISSN impreso 0370-4661. ISSN (en línea) 1853-8665.

# Variabilidad y correlaciones de caracteres vinculados con el vigor de plántula en dos poblaciones naturales de *Pappophorum vaginatum* Buckley

## Variability and correlations of traits related to seedling vigor in two natural populations of *Pappophorum vaginatum* Buckley

Lisandro José Entio <sup>1</sup>, María de la Merced Mujica <sup>1</sup>, Carlos Alberto Busso <sup>2</sup>, Yanina Alejandra Torres <sup>2</sup>, Oscar Alberto Montenegro <sup>3</sup>, Leticia Soledad Ithurrart <sup>2</sup>, Hugo Dosindo Giorgetti <sup>3</sup>, Gustavo Dionisio Rodríguez <sup>3</sup>, Diego Bentivegna <sup>4</sup>, Roberto Eric Brevedan <sup>2</sup>, Osvaldo Alberto Fernández <sup>2</sup>, Sandra Sonia Baioni <sup>5</sup>, María Nélide Fioretti <sup>5</sup>, Guillermo Tucut <sup>4</sup>

Originales: Recepción: 10/10/2013- Aceptación: 27/05/2014

**Nota científica**

### RESUMEN

Se evaluó variabilidad y correlación fenotípica en caracteres vinculados con el vigor de plántula en dos poblaciones de *P. vaginatum*. Se pesaron y sembraron individualmente 100 cariopses por población ("A"; "B"). A los 43 días se determinó: longitud aérea (LA), radical (LR), total (LT) y de raíz adventicia más larga (Ladv); número de raíces adventicias (n°adv), hojas (n°hoj), hojas senescentes (n°sen) y macollos (n°mac) y peso seco aéreo (PSA) y radical (PSR). Se calculó peso seco total (PST), PSA/PSR y LA/LR. La variabilidad se analizó mediante estadística descriptiva y prueba de t. Se analizó correlación entre caracteres y regresión múltiple de los caracteres sobre PST. Las poblaciones no difirieron en PST ( $p \geq 0,05$ ). "A" presentó mayor ( $p \leq 0,01$ ) PSA/PSR, LA/LR y LA. "B" tuvo mayor ( $p \leq 0,05$ ) LR, Ladv y PSR. Ambas poblaciones presentaron correlación

### ABSTRACT

It was evaluated variability and phenotypic correlation in traits related to seedling vigor in two natural populations of *P.vaginatum*. They were weighted and sowed individually 100 caryopses of each population ("A"; "B"). After 43 days it was determined: lengths aerial (LA), root (LR), total (LT) and longest adventitious root (Ladv), number of adventitious root (n°adv), of leaves (n°hoj), of senescent leaves (n°sen) and of tillers (n°mac) and dry weight aerial (PSA) and root (PSR). It was calculated total dry weight (PST), PSA/PSR and LA/LR. Variability was analyzed by means of descriptive statistic and t test. It was analyzed correlation among traits and multiple regression of traits on PST. Populations did not differ in PST ( $p \geq 0.05$ ). "A" had greater ( $p \leq 0.01$ ) PSA/PSR, LA/LR and LA. "B" had higher ( $p \leq 0.05$ ) LR, Ladv and PSR. Both populations showed significant and positive correlation of

- 1 Fac. Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. Calle 60 y 119 s/n, tel/fax +542214236758, La Plata (C. P. 1900), Buenos Aires, Argentina. lisandroentio@yahoo.com
- 2 Departamento de Agronomía-CERZOS (CONICET), Universidad Nacional del Sur. San Andrés 800, tel/fax +542914595102, Bahía Blanca (C. P. 8000), Buenos Aires, Argentina.
- 3 Chacra Experimental Patagones, Ministerio Asuntos Agrarios-Buenos Aires. Ruta nacional 3 Km. 942, tel +542920461144, Carmen de Patagones (CP8504), Buenos Aires, Argentina.
- 4 CERZOS, CONICET. San Andrés 850, tel/fax +542914566129, Bahía Blanca (C. P. 8000), Buenos Aires, Argentina.
- 5 Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. San Andres 800, tel/fax +542914595102, Bahía Blanca (C. P. 8000), Buenos Aires, Argentina.

significativa y positiva del PST con LA, LT, Ladv, n°adv, n°hoj y n°mac. La regresión fue significativa ( $p \leq 0,01$ ). La variabilidad encontrada dentro y entre las poblaciones implica expectativas de respuesta a la selección. PST varió sólo dentro de poblaciones sugiriendo la conveniencia de selección intrapoblacional. La asociación encontrada entre los caracteres LA y n°mac y el vigor de plántula, debería ser considerada en la mejora genética de la implantación.

PST with LA, LT, Ladv, n°adv, n°hoj y n°mac. The regression was significant ( $p \leq 0.01$ ). The variability found within and between populations implies expectations of response to selection. PST varied only within populations suggesting the convenience of intrapopulation selection. The association found between the traits LA and n°mac and the seedling vigor, should be considered for the genetic improvement of the implantation.

### Palabras clave

*Pappophorum vaginatum* • vigor de plántula • variabilidad • correlaciones fenotípicas

### Keywords

*Pappophorum vaginatum* • seedling vigor • variability • phenotypic correlations

## INTRODUCCIÓN

Los pastizales del centro de Argentina se caracterizan por la escasez de especies de gramíneas perennes nativas primavera-estivales, palatables al ganado doméstico (3). En esta región y más específicamente en el sur de la provincia fitogeográfica del Monte se destaca *Pappophorum vaginatum* Buckley por su importancia forrajera. Aunque prioritariamente, esta especie nativa puede ser hallada en las provincias fitogeográficas: Pampeana, del Espinal y SE de la Chaqueña (13). Es una gramínea perenne disponible para el pastoreo durante la época estival. Es una especie C4, que entre las gramíneas perennes nativas, se destaca por su palatabilidad (7). Esta situación la expone al sobrepastoreo y determina que sea considerada como una "especie decreciente".

En la región del Monte existen grandes extensiones de pastizales degradados por el sobrepastoreo (6, 10). Así, la reincorporación de especies valiosas como *Pappophorum vaginatum* Buckley sería importante. Para ello es estratégico estudiar caracteres vinculados con el control de la implantación como los relacionados con el vigor de plántula, ya que plántulas más vigorosas tendrán una mayor habilidad competitiva para establecerse.

El vigor de plántula se caracteriza generalmente por el peso de la misma luego de un período de crecimiento (17) en un ambiente determinado (14). Un carácter relacionado al vigor de plántula en numerosas especies forrajeras es el peso de la semilla. En leguminosas como alfalfa y *Lotus* es frecuente una correlación significativa y positiva entre el peso de la semilla y el vigor de plántula (1, 2, 4, 11). En gramíneas se conocen diversos resultados. En *Andropogon hallii* Hack. se obtuvo que el peso de la semilla tuvo un efecto positivo en el vigor de plántula (8). En *Lolium perenne* se determinó que en estadios iniciales del crecimiento el peso de la semilla está altamente y positivamente correlacionado con el vigor de plántula, pero que esta correlación decrece a medida que avanza el crecimiento (19). En *Agropyron psammophilum* se

obtuvo que dicha correlación fue cambiante en cuanto a su significación según el momento de evaluación de las plántulas (21). En *Panicum virgatum*, se determinó que el peso de la semilla tuvo efecto en el crecimiento y desarrollo de la plántula sólo hasta la sexta semana luego de la emergencia (16).

Además del peso de la semilla, explorar la existencia de variabilidad y correlación fenotípica en otros caracteres que podrían estar asociados al vigor de plántula sería útil para diseñar la mejora genética de dicho carácter. Se destaca la importancia de las raíces adventicias ya que en *Bouteloua gracilis*, una gramínea forrajera de pastizales semiáridos, plántulas con una raíz adventicia grande tuvieron ventaja en la captación de agua sobre aquellas con sólo raíces seminales (20). También se destaca la importancia del número de macollos, que puede influir afectando la relación fuente-destino de los fotosintatos utilizados para el crecimiento (17). En investigaciones en *Festuca arundinacea* se determinó que plántulas con mayor número de macollos tuvieron menor biomasa de raíz (15) y que tuvieron raíces más cortas (18).

En este sentido, se plantea la hipótesis que existe variabilidad dentro y entre dos poblaciones de *Pappophorum vaginatum* Buckley en el vigor de plántula y que, ciertos caracteres asociados podrían explicar, en alguna medida, la variación del vigor de plántula siendo por lo tanto determinantes del mismo.

## Objetivo

- Evaluar variabilidad y correlación fenotípica en caracteres vinculados con el vigor de plántula en dos poblaciones naturales *Pappophorum vaginatum* Buckley.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron dos poblaciones naturales de *Pappophorum vaginatum* Buckley recolectadas en el oeste de la provincia de Buenos Aires en diciembre de 2010 (población A: partido de Saavedra; población B: partido de Adolfo Alsina). La ubicación geográfica de las mismas fue: A (37°26' 51,2" S; 62°28'1,2" O); B (37°21'37,6" S; 62° 27'52,1" O) distanciadas por 10 km. En esta zona la precipitación media anual es de 665,1mm. La temperatura media anual es de 14,9 °C (medias 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 es 66,25 % (12). El relieve es típicamente una llanura con cobertura de estrato herbáceo. El suelo en el sitio de recolección de la población A es franco y en el de la población B es franco-arenoso.

Se recolectaron 100 panojas por población a razón de una por individuo. Se mezclaron las semillas de cada población por separado. De allí se tomaron al azar 100 semillas por población y se pesaron (Balanza Mettler H54AR) individualmente sin las coberturas (Psem). La siembra de una semilla por pote se realizó el 14 de noviembre

de 2011 en potes plásticos (125 cm<sup>3</sup>) que contenían suelo (Argiudol típico) homogeneizado como sustrato (tierra/arena 3:1). El ensayo se condujo al aire libre en La Plata (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales; 34°56'13" S, 57°56'41" O) en condiciones semicontroladas manteniendo el riego para un crecimiento normal de las plántulas (se monitoreó diariamente). Cada 24 hs, durante 20 días, se registró la emergencia de cada plántula y se calculó el número de días desde la siembra hasta emergencia (n°dE). Se calculó el porcentaje de emergencia acumulada (Eac%) para cada población. A los 43 días, 60 plántulas por población fueron retiradas y lavadas suavemente en una corriente de agua sobre un tamiz.

Para cada plántula se determinó: longitud aérea (LA), medida desde el cuello de la raíz hasta el extremo de la hoja más larga; longitud radical (LR), medida desde el cuello de la raíz hasta el extremo de la raíz seminal más larga; longitud total (LT); longitud de la raíz adventicia más larga (Ladv), número de raíces adventicias mayores a 1cm (n°adv); número de hojas verdes desplegadas (n°hoj); número de hojas senescentes que presentaron más del 50% de su área seca (n°sen) y número de macollos (n°mac). Luego se disectó cada plántula a la altura del cuello de la raíz, se llevaron a estufa a 60°C y se determinó peso seco aéreo (PSA) y radical (PSR) y se calculó el peso seco total (PST). También se calcularon las relaciones PSA/PSR y LA/LR.

La variabilidad se analizó mediante estadística descriptiva y prueba de t. Se analizó correlación entre caracteres (coeficiente de Pearson) y regresión múltiple de los caracteres sobre PST. Todos los análisis estadísticos se hicieron con el Infostat versión 2012 (5).

## RESULTADOS

Los resultados muestran que las poblaciones estudiadas no presentaron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) en el vigor de plántula (PST). La población A presentó mayor ( $p \leq 0,01$ ) PSA/PSR y LA/LR. También tuvo mayor ( $p \leq 0,01$ ) LA. La población B, además de presentar relaciones PSA/PSR y LA/LR inferiores ( $p \leq 0,01$ ) presentó mayor ( $p \leq 0,05$ ) PSR y LR y una mayor Ladv ( $p \leq 0,05$ ). En los demás caracteres (Psem, PSA, LT, n°adv, n°hoj, n°sen, n°mac, n°dE) no hubo diferencias significativas entre las poblaciones. La Eac% fue de 65 % y 77 % para las poblaciones A y B, respectivamente (tabla 1, pág. 227). Ambas poblaciones no presentaron emergencia de plántulas posterior a los 11 días después de la siembra.

En cuanto a las relaciones entre los caracteres estudiados los resultados de este trabajo muestran una correlación significativa y positiva entre el PST y LA, LT, Ladv, n°adv, n°hoj y n° mac en ambas poblaciones (tabla 2, pág. 227).

El análisis de regresión múltiple aplicando la modalidad "forward" de los caracteres estudiados sobre el PST fue significativo ( $p \leq 0,01$ ) en ambas poblaciones. Así, se encontró que con la inclusión de LA y n°mac se explicó, en ambas poblaciones, más del 75 % de la variación del PST ( $p \leq 0,01$ ) (tabla 3, pág. 227 ).

**Tabla 1.** Variabilidad en caracteres vinculados al vigor de plántula dentro y entre dos poblaciones naturales de *Pappophorum vaginatum* Buckley. Prueba de t.

**Table 1.** Variability in traits related to seedling vigor within and between two natural populations of *Pappophorum vaginatum* Buckley. t-test.

Carácter	Población A				Población B			
	Media	s	Rango	CV(%)	Media	s	Rango	CV(%)
Psem (mg)	0,74 ns	0,2	0,29-1,2	27,48	0,69 ns	0,15	0,37-1	21,28
n°dE (días)	4,75 ns	1,45	4-10	30,43	4,52 ns	1,02	4-8	22,51
LA (cm)	7,88 **	2,46	2,8-13,6	31,1	6,39 **	1,59	3-10,7	24,89
LR (cm)	13,31 *	4,06	7,5-26	30,49	14,67 *	3,36	8,5-24	22,94
LT (cm)	21,19 ns	5,37	10,3-34,5	25,32	21,06 ns	3,68	14,4-29,7	17,47
Ladv (cm)	6,23 *	3,82	0-13,7	61,3	7,85 *	3,68	0-14,5	46,9
n°adv	1,8 ns	1,12	0-4	62,05	2,02 ns	1,05	0-4	52,04
n°hoj	4,68 ns	0,72	3-7	15,47	4,55 ns	0,75	3-6	16,4
n°sen	1,8 ns	0,71	0-4	39,35	1,88 ns	0,45	1-3	24,13
n°mac	1,17 ns	0,96	0-3	82,25	1,13 ns	1,02	0-3	89,67
PSA (mg)	15,3 ns	6,1	2,7-29,1	39,8	15,18 ns	6,31	4,1-32,3	41,56
PSR (mg)	10,88 *	4,72	2,3-22,3	43,4	13,58 *	5,59	3,5-31,5	41,19
PST (mg)	26,18 ns	10,43	5,1-51,5	39,8	28,76 ns	11,52	8,4-64	40,07
PSA/PSR	1,48 **	0,46	0,9-3,5	31,24	1,14 **	0,26	0,7-1,9	22,82
LA/LR	0,62 **	0,23	0,25-0,46	36,8	0,46 **	0,15	0,18-0,79	32,58
Eac (%)	65	---	---	---	77	---	---	---

ns: no significativo; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$

ns: non significant; \*:  $p \leq 0.05$ ; \*\*:  $p \leq 0.01$

**Tabla 2.** Correlación de caracteres vinculados al vigor de plántula (PST) en dos poblaciones naturales de *Pappophorum vaginatum* Buckley (n=60). Coeficiente de correlación de Pearson.

**Table 2.** Correlation of traits related to seedling vigor (PST) in two natural populations of *Pappophorum vaginatum* Buckley (n=60). Pearson correlation coefficient.

	LA	LR	LT	Ladv	n°adv	n°hoj	n°mac	n°dE	Psem	PSA/PSR	LA/LR
PST (Pob.A)	0,78**	0,37**	0,64**	0,66**	0,63**	0,3 *	0,67**	-0,06ns	-0,17ns	-0,13ns	0,39**
PST (Pob.B)	0,83**	0,13ns	0,48**	0,43**	0,62**	0,44**	0,71**	0,14ns	0,1ns	0,01ns	0,49**

ns: no significativo; \*:  $p \leq 0,05$ ; \*\*:  $p \leq 0,01$

ns: non significant; \*:  $p \leq 0.05$ ; \*\*:  $p \leq 0.01$

**Tabla 3.** Análisis de regresión múltiple, aplicando la modalidad “forward”, de los caracteres evaluados sobre el PST.

**Table 3.** Multiple regression analysis, applying the modality “forward”, of the evaluated traits on PST.

Carácter \ Población	A		B	
	R <sup>2</sup>	Ecuación de regresión	R <sup>2</sup>	Ecuación de regresión
LA + n° mac	76	PST=-0,1+2,8LA+3,7n°mac	78	PST=-5,2+4,6LA+4n°mac

$p \leq 0,01$

$p \leq 0.01$

## DISCUSIÓN

En este estudio no se encontraron diferencias significativas ( $p \geq 0,05$ ) en el vigor de plántula (PST) pero sí en otros caracteres estudiados. La mayor ( $p \leq 0,01$ ) LA y las mayores ( $p \leq 0,01$ ) relaciones PSA/PSR y LA/LR obtenidas en la población A, indicarían que, al menos en el periodo estudiado, hubo una mayor asignación de fotoasimilados hacia los tejidos aéreos, lo cual implicaría una ventaja en el crecimiento aéreo inicial. Mientras que, el mayor PSR ( $p \leq 0,05$ ) y LR ( $p \leq 0,05$ ) y la mayor  $L_{adv}$  ( $p \leq 0,05$ ) y las menores ( $p \leq 0,01$ ) relaciones PSA/PSR y LA/LR obtenidos en la población B, indicarían una mayor asignación de fotoasimilados hacia los tejidos subterráneos. Esto podría resultar ventajoso para la implantación en pastizales áridos y semiáridos donde la principal competencia se da por la exploración del suelo para captar humedad. En este sentido, las raíces adventicias son importantes ya que por ejemplo para *Bouteloua gracilis*, se determinó que plántulas con una raíz adventicia grande captaron hasta 5 veces más agua por día que aquellas con sólo raíces seminales (20). Esto podría ser importante en zonas semiáridas para aprovechar más eficientemente los eventos de precipitación.

Greco *et al.* (9) estudiaron en *Pappophorum caespitosum*, bajo condiciones semicontroladas, los umbrales de humedad para la emergencia determinando que el mínimo sería de 40 mm. Los eventos de precipitación en la zona semiárida frecuentemente son inferiores, por lo tanto la presencia de raíces adventicias podría facilitar la ocurrencia de la emergencia aún por debajo del mencionado umbral.

Del análisis de regresión múltiple modalidad "forward", se obtuvo que la inclusión de LA y  $n^{\circ}mac$  explicó más del 75% de variación del PST en ambas poblaciones. Debido a que ambos caracteres son de fácil medición podrían ser útiles para su aplicación en la selección indirecta para mejorar vigor de plántula. Esto debería ser considerado en estudios posteriores para profundizar y confirmar sobre la factibilidad de la mencionada aplicación.

En cuanto a las correlaciones se destaca que, Psem no se correlacionó con PST indicando que, contrariamente a lo ocurrido en otras especies el Psem no podría ser útil como predictor del vigor de plántula. De esta forma, lo hallado en *Pappophorum vaginatum* Buckley no coincide con lo obtenido para leguminosas forrajeras como alfalfa (2) y *Lotus* (1, 4, 11). Sin embargo, en algunas gramíneas forrajeras, se determinó la existencia de correlación positiva entre estos caracteres aunque ésta podría ser relativa dependiendo de la especie y etapa de crecimiento considerada. Por ejemplo, en *Lolium perenne*, se obtuvo que en estadios iniciales de crecimiento el peso de la semilla está altamente y positivamente correlacionado con el vigor de plántula, pero que estas correlaciones decrecen a medida que avanza el crecimiento (19).

En *Andropogon hallii* Hack., se determinó un efecto positivo del peso de la semilla sobre el vigor en plántulas evaluado a los 45 de la emergencia (8).

En *Panicum virgatum*, en diferentes estadios postemergencia se determinó que el peso de la semilla tuvo efecto en el crecimiento y desarrollo de la plántula sólo hasta los 42 días luego de la emergencia (16). Los resultados obtenidos en este trabajo, donde la evaluación de PST se realizó con plántulas de 32-38 días postemergencia, no coinciden con lo expuesto en la bibliografía (16). No obstante, en un estudio donde se evaluaron tres períodos postemergencia en *Agropyron psammophilum*, se determinó que el efecto del tamaño de semilla sobre el vigor de plántula fue cambiante, resultando significativo a los 10-20 días, no significativo a los 30-40 días y significativo a los 50-60 días (21).

En la población B se encontró correlación positiva ( $p \leq 0,01$ ) entre el Psem y el n°adv, mientras que en la población A estos caracteres variaron en forma independiente. Por lo tanto, estos resultados muestran una diferencia interpoblacional en la asociación de dos caracteres vinculados con la implantación.

Por otra parte, en ambas poblaciones se encuentra que n°adv y Ladv están positivamente correlacionados ( $p \leq 0,01$ ) con PST indicando que la precocidad en la emisión de raíces adventicias sería un carácter determinante del vigor de las plántulas. Estos resultados concuerdan con lo comunicado en un estudio en *Bouteloua gracilis* (20). No obstante en *Pappophorum vaginatum* Buckley, esto debería ser estudiado en mayor profundidad ampliando la investigación dentro y entre poblaciones.

También se destaca la importancia del n°mac, ya que puede influir afectando la relación fuente-destino de los fotosintatos utilizados para el crecimiento (17). Por ejemplo, en investigaciones en *Festuca arundinacea* se determinó que plántulas con mayor número de macollos tuvieron menor biomasa de raíz (15) y que tuvieron raíces más cortas (18). Estos resultados no coinciden con lo obtenido en este trabajo donde n°mac se correlacionó positivamente ( $p \leq 0,05$ ) con PSR y fue independiente de LR.

Los resultados obtenidos justifican la futura exploración sobre la existencia de causas genéticas de correlación debido a su posible aplicación en la selección indirecta para acelerar la mejora genética del vigor de plántula.

## CONCLUSIONES

Se encontró variabilidad dentro y entre las poblaciones estudiadas de *Pappophorum vaginatum* Buckley en los caracteres longitud de raíces seminales y adventicias, longitud aérea y la partición de fotoasimilados lo que implica expectativas de respuesta a la selección entre y dentro de las poblaciones. La presencia de variabilidad sólo dentro de poblaciones en el vigor de las plántulas y en el número de macollos sugiere la conveniencia de la selección intrapoblacional.

La asociación determinada entre algunos caracteres, especialmente longitud aérea y número de macollos, con el vigor de las plántulas implica que podrían estar involucrados como determinantes del vigor y, por lo tanto, deberían ser considerados en el diseño de la mejora genética para lograr el éxito de la implantación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Beuselink, P. R.; McGraw, R. L. 1983. Seedling vigor of three *Lotus* species. *Crop Science*. 23: 390-391.
2. Beveridge, L.; Wilsie, C. P. 1959. Influence of depth of planting, seed size, and variety on emergence and seedling vigor in Alfalfa. *Agronomy Journal*. 51: 731-734.
3. Busso, C. A.; Giorgetti, H. D.; Montenegro, O. A.; Rodríguez, G. D. 2004. Perennial grass species richness and diversity on Argentine rangelands recovering from disturbance. *ϕYTON*. p 9-27.
4. Collado, M. B.; Mujica, M. M. 2002. Aprovechamiento de la heterosis y rol de dos caracteres determinantes del vigor de las plántulas de *Lotus glaber*. *Actas del XXI Congreso Argentino de Genética*, La Plata, Argentina.
5. Di Rienzo J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C. W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar> (fecha de consulta: 20/05/2012).
6. Fernandez, O. A.; Busso, C. A. 1999. Arid and semiarid rangelands: Two thirds of Argentina. *Rala Report 200*, Agricultural Res. Inst. Reykjavic, Iceland. p 41-60.
7. Giorgetti, H. D.; Montenegro, O. A.; Rodríguez, G. D.; Busso, C. A.; Montani, T.; Burgos, M. A.; Flemmer, A. C.; Toribio, M. B.; 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(4): 623-637.
8. Glewen, K. L.; Vogel, K. P. 1984. Partitioning the genetic variability for seedling growth in sand bluestem into its seed size and seedling vigor components. *Crop Science*. 24: 137-141.
9. Greco, S. A.; Sartor, C. E.; Villagra, P. E. 2013. Minimum water input event for seedling emergence of three native perennial grasses of the Central Monte desert (Argentina) influenced by the effect of shade and the season of the year. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. 45(2): 197-209.
10. Guevara J. C.; Cavagnaro, J. B.; Estevez, O. R.; Le Houerou. H. N.; Stasi, C. R. 1997. Productivity, management and development problems in the arid rangelands of the central Mendoza plains (Argentina). *Journal of Arid Environment*. 35: 575-600.
11. Henson, P. R.; Tayman, L. A. 1961. Seed weights of varieties of birdsfoot trefoil as affecting seedling growth. *Crop Science*. 1: 306-306.
12. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Bordenave (INTA Bordenave). 2012. Información Agrometeorológica. Disponible en: <http://inta.gov.ar/documentos/informacion-agrometeorologica-1> (fecha de consulta: 15/6/ 2012).
13. Pensiero, J. F. 1986. Revisión de las especies Argentinas del género *Pappophorum* (Gramíneae: Eragrostoideae : Pappophoreae). (Revision of the Argentine species of the genus *Pappophorum* (Gramineae : Eragrostoideae : Pappophoreae). *Darwiniana*. 27(1-4): 65-87.
14. Qualls, M.; Cooper, C. S. 1968. Germination, growth and respiration rates of birdsfoot trefoil at three temperatures during the early non-photosynthetic stage of development. *Crop Science*. 8: 758-760.
15. Skinner, R. H.; Nelson, C. J. 1994. Role of Leaf Appearance Rate and the Coleoptile Tiller in Regulating Tiller Production. *Crop Science*. 34: 71-75.
16. Smart, A. J.; Moser, L. E. 1999. Switchgrass seedling development as affected by seed size. *Agronomy Journal*. 91: 335-338.
17. Smart, A. J.; Moser, L. E.; Vogel, K. P. 2003. Establishment and Seedling Growth of Big Bluestem and Switchgrass Populations Divergently Selected for Seedling Tiller Number. *Crop Science*. 43:1434-1440.
18. Song, B. H.; Nelson, C. J.; Coutts, J. H. 1990. Nitrogen effects on carbohydrate composition of tissues of two tall fescue genotypes. *In 1990 Agronomy Abstracts*. ASA, Madison, WI. p. 131.
19. Thomas, R. L. 1966. The influence of seed weight on seedling vigour in *Lolium perenne*. *Annals of Botany*. 30: 111-121.
20. Wilson, A. M.; Hyder, D. N.; Briske, D. D. 1976. Drought resistance characteristics of blue grama seedlings. *Agronomy Journal*. 68: 479-484.
21. Zang, J.; Maun, M. A. 1990. Seed size variation and its effects on seedling growth in *Agropyron psammophilum*. *Botanical Gazette*. 151: 106-113.