

MEJORAMIENTO GENÉTICO DE *Panicum coloratum* var. *makarikariense*

TOMÁS, M. A.^{1*}; GIORDANO, M.²; CARDAMONE, L.²; PILATTI, V.²; ARMANDO, L.²

¹INTA EEA Rafaela. Ruta 34 km 227, Rafaela, Santa Fe, Argentina;

²Becaria CONICET

* Autor de contacto: tomas.maria@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

La expansión de cultivos extensivos (tales como soja, maíz, trigo y girasol) es un fenómeno emergente tanto del cambio climático, que ha ampliado la superficie potencial para su producción, como del interés económico actual por los mismos. Como consecuencia la ganadería se ha visto expulsada hacia zonas marginales de menor aptitud productiva (Humphreys y col., 2011; Manuel-Navarrete y col., 2009). La lechería en particular, ha tenido reciente incremento en zonas no tradicionales en Argentina, lo que impulsa la búsqueda de soluciones tecnológicas utilizadas en otros países con diferentes condiciones edafo-climáticas. En Brasil por ejemplo, el desarrollo de la lechería se ha basado tanto en el aumento del potencial genético del ganado, como en la disminución de los costos de producción, mayoritariamente a través de la utilización de pasturas de calidad. En este sentido, la mayor parte de los forrajes cultivados en este país son de los géneros *Brachiaria* y *Panicum* (Souza Sobrinho y Machado Auad, 2013). Estos pastos pertenecen a un grupo conocido como megatérmicas, debido a su diferente metabolismo fotosintético (Sage, 2004). A su vez, estas especies tienen crecimiento estival, toleran altas temperaturas y en general condiciones de sequía, salinidad y otros estreses abióticos (Petruzzi y col., 2003).

Buenas productoras de forraje en cantidad y poseedoras de relativamente buena calidad, las especies forrajeras megatérmicas presentan en general, problemas de implantación, atribuidos frecuentemente a baja calidad de la semilla (Moser, 2000). Por otra parte, uno de los factores que podría determinar el éxito en el establecimiento de la pastura es el tamaño de la semilla (Young y Tischler 1994). Varios programas de mejoramiento de diferentes especies de gramíneas forrajeras se han centrado en caracteres de la semilla, especialmente tamaño y rendimiento (Wright, 1976; Abbott y col., 2007).

Panicum coloratum es una especie perenne, estival, de polinización abierta y de origen africano. En Argentina las variedades más difundidas de la especie son: var. *coloratum*, común en suelos arenosos y tolerante a las heladas cuyo cultivar más conocido es el “Klein” y la var. *makarikariense*, adaptada a suelos arcillosos pesados, en áreas con variabilidad climática con ciclos alternados de excesos hídricos y sequía, siendo su cultivar más difundido el “Bambatsi”. En USA, donde se trabajó en la var. *coloratum*, los esfuerzos para mejorar la implantación y la producción de semilla fueron exitosos, obteniéndose el cv. Klein-Verde, difundido en la región pampeana semiárida por su tolerancia a heladas, sequía y salinidad (Petruzzi y col., 2003).

El INTA EEA Rafaela cuenta con una colección de germoplasma de ambas variedades que han sido evaluadas en sus características productivas y también en cuanto a su variabilidad genética (Armando y col., 2013; 2015; Armando, 2014; Burgos, 2014). La evaluación de germoplasma como fuente de variabilidad constituye el primer paso antes de establecer un programa de mejoramiento

genético (Vogel y Burson, 2004). En esta publicación se resumen los avances realizados en varias líneas de trabajo que se llevan a cabo para el mejoramiento genético de *P. coloratum* var. *makarikariense* con diversos objetivos.

AUMENTO EN EL PESO DE SEMILLAS PARA MEJORAR EL VIGOR DE LA PLÁNTULA

Estudios previos de nuestro grupo de trabajo determinaron que el porcentaje de germinación se relaciona positivamente con el peso de semillas de manera que el poder germinativo (PG) aumenta por incremento en el peso de semillas hasta un peso umbral de 1.34 g por 1000 semillas (Tomas y col., 2007). Por encima de ese valor umbral, el porcentaje de germinación se estabiliza en 84%, no alcanzándose incrementos posteriores con mayores pesos de semillas. Con la expectativa de mejorar la implantación de la especie *P. coloratum* var. *makarikariense* mediante aumentos en el PG, nos propusimos lograr un material con mayor peso de semillas que alternativamente posea un embrión más vigoroso, para incrementar la posibilidad de lograr un buen inicio y desarrollo posterior de la pastura.

Partiendo de una población base formada por plantas de la colección perteneciente a la EEA Rafaela con un peso promedio de 1,2 g por mil semillas, se hicieron ciclos de selección recurrente para aumentar el peso de las semillas. Para ello se seleccionó el 15% de las plantas que presentaban mayor peso de semillas y se las aisló permitiendo el entrecruzamiento entre ellas. Este procedimiento se repitió con sus progenies, obteniéndose así una población con un peso promedio de semillas de aproximadamente 1,4 g por mil semillas (Giordano y col., 2013). De esta manera, el incremento por selección obtenido fue cercano al 27%, teniendo en cuenta la variabilidad entre años en el peso de semilla por efecto ambiental.

La performance de las plántulas obtenidas a partir de nuestro material con peso de semilla incrementado fue entonces comparada con la de plántulas nacidas a partir de semilla proveniente de la población base. Los resultados muestran que las plántulas del material seleccionado podrían lograr una rápida implantación dadas sus mejores características en cuanto al peso de la plántula, el número de hojas y la longitud total de raíces adventicias a los 28 días de la siembra respecto del material base (Giordano y col., 2013). Estas características mejorarían el éxito en el establecimiento de las plántulas y consecuentemente contribuirían a lograr una buena implantación de la pastura. Por ejemplo, las plántulas del material seleccionado mostraron incrementos de 58% en el peso seco de la plántula, 35% de aumento en altura, 17% en número de hojas a los 28 días de la siembra respecto de plántulas obtenidas a partir del material base (Figuras 1 y 2). A su vez, las plántulas del material seleccionado lograron aumentar 42 % su longitud total de raíces adventicias respecto de las de la población base, siendo ésta una característica estrechamente ligada a la aptitud de establecimiento de la plántula.

En cuanto a la producción de forraje del material seleccionado, datos preliminares de ensayos a campo durante el verano de la campaña 2010-2011 mostraron una elevada producción de biomasa, con un promedio de 7800 kg de materia seca/ha en un corte a los 28 días desde el inicio del rebrote en el mes de enero. En relación con el valor nutritivo del forraje, tuvo valores de proteína en hoja cercanos al 18% con valores de digestibilidad del 55%. Este material fue inscripto

en el registro nacional de cultivares como Kapivera INTA y en este momento se encuentra en proceso de multiplicación.

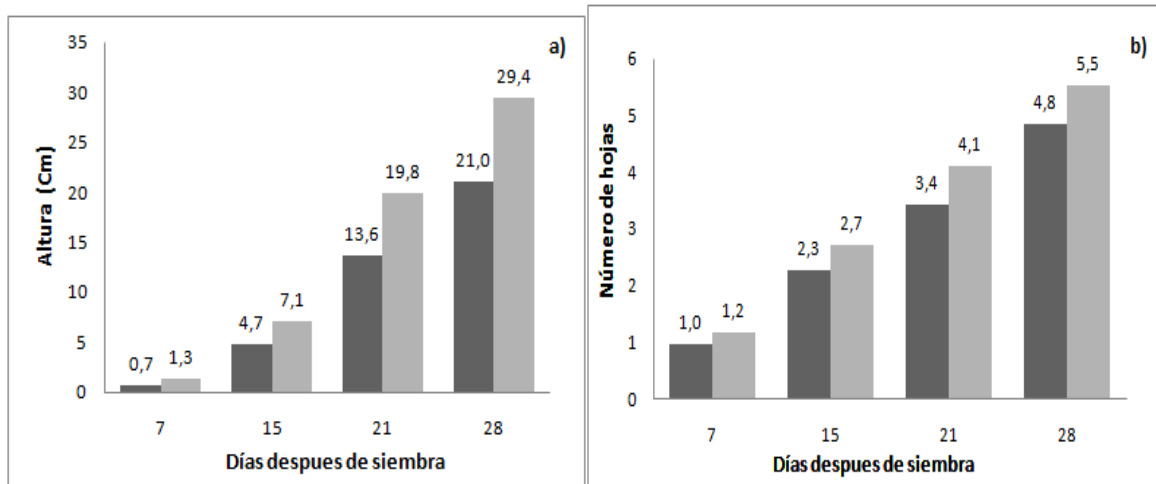


Figura 1: Comparación de a) la altura y b) el número de hojas entre plántulas de *P. coloratum* var. *makarikariense* producidas a partir del material base (■) y de plántulas provenientes del material mejorado (□). Las mediciones, realizadas en condiciones de invernadero, se llevaron a cabo semanalmente a partir de la siembra.

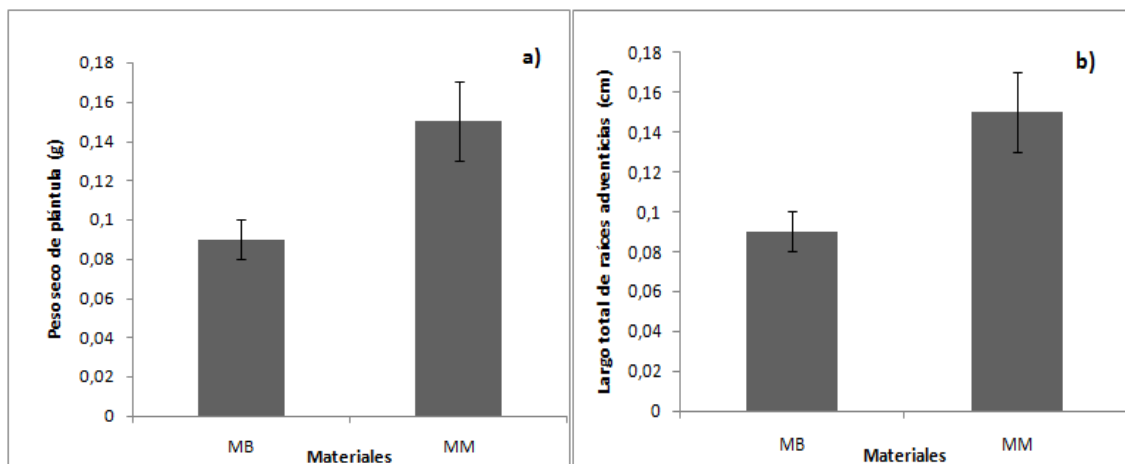


Figura 2: a) Comparación en peso seco y b) largo de raíces adventicias entre plántulas de *P. coloratum* var. *makarikariense* a los 28 días después de la siembra bajo condiciones de invernadero, en plántulas producidas a partir de semilla de material base (MB) y de material mejorado (MM).

SELECCIÓN PARA AUMENTAR LA TOLERANCIA A LA SALINIDAD

La salinidad es una condición del suelo caracterizado por la presencia de altas concentraciones de sales solubles. Los suelos se consideran salinos cuando la conductividad eléctrica es de 4 dS/m (Munns y Tester, 2008). La salinidad constituye un problema serio para la agricultura, reduce la fertilidad de los suelos ya que limita la captura de nitrógeno por parte de las plantas (Irshad y col., 2002). Este fenómeno no solamente altera los caracteres morfológicos y

fisiológicos, sino que reduce el crecimiento de las plantas, afectando la fotosíntesis, síntesis de proteínas, metabolismo de lípidos y de energía (Parida y Das, 2005).

La exposición de las plantas a la salinidad genera, también, estrés oxidativo caracterizado por la producción excesiva de especies reactivas del oxígeno (EAOs) que causan degradación de la clorofila y otros daños que pueden resultar irreversible (Koyro y col., 2013). Esta problemática se traduce en pérdidas para la producción de forraje y conllevan eventualmente a reducir la ganancia de peso por el animal.

En la colección de la EEA Rafaela nuestros estudios demostraron variabilidad genética para la tolerancia a la salinidad tanto en germinación como al estado de plántula (Cardamone y col., 2014; 2015). Además de estudiar parámetros que nos indiquen el mecanismo de tolerancia a la salinidad en la especie, nuestro objetivo es comprobar si es posible aumentar la proporción de genotipos más tolerantes por medio de la selección genética. Nuestros resultados demuestran una respuesta favorable a la selección ya que comparadas con la población base, las plántulas provenientes de la selección presentaron mayor peso en condición salina a la vez que disminuyeron en menor medida su crecimiento en salinidad con respecto a aquellas creciendo en condición no salina (Figura 3). Actualmente continuamos evaluando los resultados de la selección recurrente por tolerancia a la salinidad en *P. coloratum* var. *makarikariense* y se espera obtener un material promisorio que resulte apto para incrementar la producción de forraje de calidad en zonas afectadas por estrés salino. En los mismos materiales, por otro lado, la variabilidad en secuencia de genes asociados a tolerancia a salinidad está siendo evaluada con el objetivo de poder describir algunos componentes de la base genética de adaptación y de relacionar haplotipos moleculares con el comportamiento fenotípico.

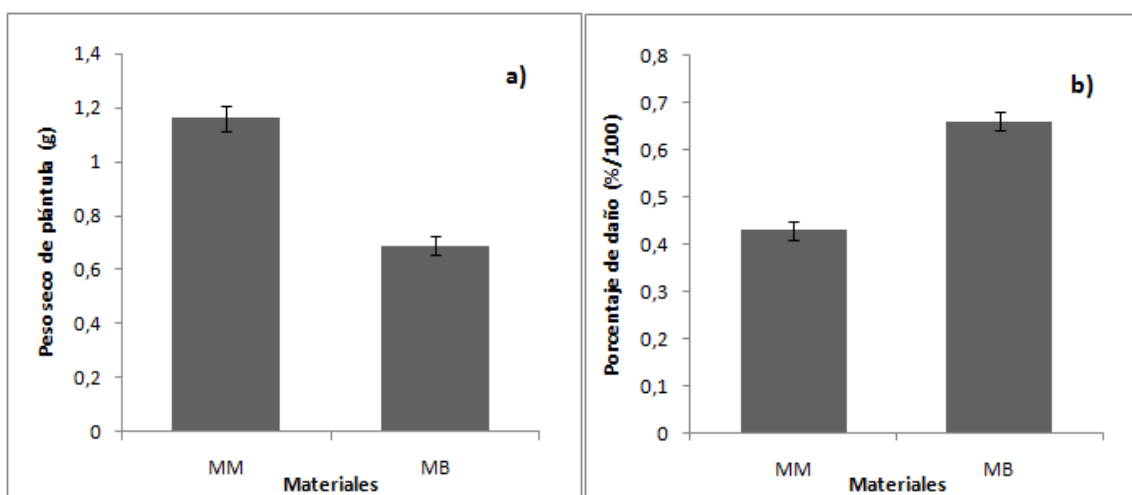


Figura 3: Comparación de *P. coloratum* var. *makarikariense* del material mejorado (MM) y el material base (MB) a) peso seco de plántula creciendo en condición salina de 200 mM de NaCl b) porcentaje de daño por salinidad con respecto al control.

TECNOLOGÍAS PARA DISMINUIR LA DEHISCENCIA DE LAS SEMILLAS

Actualmente, la producción de semilla comercial de especies tropicales y subtropicales perennes es un problema. Esto se debe a que las mismas conservan características silvestres que afectan la cosecha de semillas (Hacker y Loch, 1997), tales como los mecanismos de dispersión y el tamaño muy pequeño de semillas (Hayes y col., 1989; Kennard y col., 2002; Cubero, 2003). La domesticación de muchos cultivos de cereales se dio con la eliminación de los mecanismos de dehiscencia, a través de selección automática de aquellas plantas que mantenían durante mayor tiempo las semillas adheridas a la estructura reproductiva (Cubero, 2003). Sin embargo, la caída de semilla sigue siendo el componente principal de la pérdida de rendimiento por la acumulación de genotipos dehiscentes en cultivos continuos por resiembra natural (Kennard y col., 2002). Las respuestas positivas de la selección artificial alcanzada en algunas especies indican que la domesticación de un ideotipo es alcanzable a través del fitomejoramiento (Hayes y col., 1989).

Panicum coloratum, además de una escasa retención de semillas, posee una maduración desuniforme dentro de la panoja. Esto sumado a que la semilla cae casi inmediatamente luego de alcanzada la madurez, ocasiona que se cosechen altas proporciones de semillas inmaduras y de bajo peso (en relación a peso promedio de la semilla madura). Las semillas inmaduras tienen bajos porcentajes de germinación, y las plántulas que nacen de ellas presentan menor vigor que las provenientes de semillas maduras (Tischler y Ocumpaugh, 2004).

En la colección de la EEA Rafaela hemos detectado variabilidad genética en los caracteres relacionados con la dehiscencia que permiten asegurar éxito si se realizara selección. Así, se estimó que con heredabilidades cercanas al 40% podría obtenerse un progreso genético superior al 25% (Maina y col., 2011; Maina, 2012). Por otra parte, dado lo trabajoso de la medición de la dehiscencia, se estudió la co-variación entre caracteres de más fácil medida con la caída de las semillas (Maina y col., 2012). Desafortunadamente, nuestros resultados muestran que no sería posible la selección indirecta para realizar una mejora para aumentar la retención de la semilla en *P. coloratum* var. *makarikariense*. En este momento, se están llevando a cabo ciclos de selección recurrente para retrasar la caída de semillas de manera de facilitar la cosecha de semillas de calidad en la especie.

Por otra parte, en el proceso de abscisión de las semillas intervienen hormonas como el etileno y las auxinas que inducen o reprimen la expresión de los genes involucrados en dicho proceso (Sexton y Roberts, 1982; Roberts y col., 2002). Es por esto que estamos realizando estudios para evaluar el efecto de hormonas y otros compuestos exógenos que podrían utilizarse para retrasar la dehiscencia de las semillas.

PERSPECTIVAS

A partir de lo descripto anteriormente, se pretende dar a conocer de manera breve los nuevos conocimientos adquiridos hasta el momento y los futuros estudios que se realizarán sobre la especie *Panicum coloratum* var. *makarikariense*.

El énfasis en mejorar genéticamente esta especie, se debe a sus buenos atributos como forrajera y por su gran plasticidad de adaptación en ambientes con condiciones desfavorables. A pesar de las ventajas mencionadas, la especie está pobremente difundida y es difícil conseguir semilla de calidad. Nuestros estudios apuntan a lograr buenos materiales que ofrezcan forraje de calidad y en cantidad y de los cuales sea posible obtener semilla de calidad para lograr una buena y eficiente implantación de la pastura. De esta manera, esperamos que nuestros materiales se ofrezcan en el mercado para consolidarse como una alternativa favorable para la ganadería en zonas con limitantes edafo-climáticas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, L. A., Pistorale, S.M. y Filippini, O. S. (2007). Path coefficient analysis for seed yield in *Bromus catharticus*. Ciencia e Investigación Agraria. 34: 107-114.
- Armando L. (2014) Caracterización morfológica y molecular de *Panicum coloratum* var. *makarikariense* Goossens. Tesis para acceder al grado de Doctor en Agronomía. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur
- Armando, L. V., Carrera, A. D., y Tomas, M. A. (2013). Collection and morphological characterization of *Panicum coloratum* L. in Argentina. Genetic resources and crop evolution, 60(5), 1737-1747.
- Armando, L. V., Tomás, M. A., Garayalde, A. F., y Carrera, A. D. (2015). Assessing the genetic diversity of *Panicum coloratum* var. *makarikariense* using agro-morphological traits and microsatellite-based markers. Annals of Applied Biology, 167(3), 373-386.
- Burgos, E. (2012). Estudio de variabilidad de una colección de *Panicum coloratum* var. *coloratum*. Tesina de grado. Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas. Universidad Nacional del Litoral.
- Cardamone, L., Cuatrín, A. L., Grunberg, K. y Tomás, M. A. (2015). Variability in salt tolerance in seedlings of *Panicum coloratum* var. *makarikariense* L. in hydroponics 5th International Symposium of Forage Breeding, Buenos Aires.
- Cardamone, L., Tomas, M. A., De Marco, N., Iacopini, M. L. y Giordano M. C. (2014). Efecto de la salinidad en la germinación en *Panicum coloratum* var. *makarikariense* Congreso de la Red Argentina de Salinidad. Chascomús.
- Cubero, J.I. (2003). Introducción a la mejora genética vegetal. Ediciones Multiprensa.
- Giordano, M., Berone, G. y Tomás M. (2013). Selection by seed weight improves traits related to seedling establishment in *Panicum coloratum* L. var. *makarikariense*. Plant breeding. 132: 620–624.
- Hacker, J.B. y Loch, D. S. (1997). Tropical forage seed production: producers' views and research opportunities. Proceedings of the XVIII International Grassland Congress, Winnipeg.
- Hayes, P., Stucker, R. y Wandrey, G. (1989). The domestication of American wildrice. Economic Botany. 43(2): p. 203-214.
- Humphreys, M., Marshall, A., Collins, R. y Abberton, M. (2011) Exploiting genetic and phenotypic plant diversity in grasslands". In: Grassland Productivity and Ecosystem Services. G. Lemaire, J. Hodgson, A. Chabbi. (Eds) Chapter 17. pp. 148-157. CABI Publishing, 287 p.
- Irshad, M., Yamamoto, S., Eneji, A.E., Endo T. y Honna, T. (2002) Urea and manure effect on growth and mineral contents of maize under saline conditions. J. Plant Nutr., 25:189-200.
- Kennard, W., Phillips, R. y Porter, R. (2002). Genetic dissection of seed shattering, agronomic, and color traits in American wildrice (*Zizania palustris* var. *interior* L.) with a comparative map. Theoretical and Applied Genetics, 105(6-7), 1075-1086.
- Koyro, H. W., Hussain, T., Huchzermeyer, B. y Khan, M.A. (2013). Photosynthetic and growth responses of a perennial halophytic grass *Panicum turgidum* to increasing NaCl concentrations. Environ. Exp. Bot., 49: 377-386.
- Maina, M. (2012). variabilidad en retención de semillas y otros caracteres asociados a producción de semillas en poblaciones de *Panicum coloratum* var. *Makarikariensis*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Rosario.

Maina, M. Tomás, M. A. y Andrés, A. (2011). Respuesta a selección por retención de semillas en *Panicum coloratum*. 34º Congreso Argentino de Producción Animal, Mar del Plata.

Maina, M., Tomás, M. A. y Andrés, A. (2012). Correlaciones genéticas y respuestas indirectas a la selección sobre caracteres relacionados a la retención de semillas en *Panicum coloratum* var. *makarikariensis*. Jornadas Latinoamericanas de Recursos Genéticos, Mejoramiento y Biotecnología de Especies Forrajeras, Pergamino, Bs As., 7 y 8 de agosto de 2012.

Manuel-Navarrete, D., Gallopín, G. C., Blanco, M., Díaz-Zorita, M., Ferraro, D. O., Herzer, H., Laterra, P., Murmis, M. R., Podestá, G. P., Rabinovich, J., Satorre, E. H., Torres, F. y Viglizzo, E. F. (2009) Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas. *Environ Dev Sustain* 11: 621-638

Moser, L. E. (2000) Morphology of germinating and emerging warm-season grass seedlings. In: Moore, K. J. y Anderson, B. E. (eds) *Native warm-season grasses: research trends and issues*. Crop Science Society of America, Madison, WI, pp 35-47

Munns, R., y Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.

Parida, A. K., y Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and environmental safety*, 60(3), 324-349.

Petruzzi, H. J., Stritzler, N. P., Adema, E. O., Ferri, C. M. y Pagella J. H. (2003). Mijo perenne - *Panicum coloratum*. Talleres gráficos de la E.E.A. Anguil INTA. pp: 2-3.

Roberts, J. A., Elliott, K. A., y Gonzalez-Carranza, Z. H. (2002). Abscission, dehiscence, and other cell separation processes. *Annual review of plant biology*, 53(1), 131-158.

Sage, R. F. (2004). The evolution of C4 photosynthesis. *New Phytol* 161: 341-370.

Sexton, R. y Roberts, J. A. (1982). Cell biology of abscission. *Annual Reviews of Plant Physiology* 33, 133-62

Souza Sobrinho, F. de y Machado Auad, A. (2013). Genetic improvement of *Brachiaria ruziziensis* at Embrapa Dairy Cattle. In: Jank, L., Chiari, L., Borges do Valle, C. y Simeao, R.. *Forage breeding and biotechnology*. P. 59-76.

Tischler, C.R. y Ocumpaugh, W.R. (2004). Kleingrass, blue panic and vine mesquite. Warm season (C4) grasses. p. 623 - 650.

Tomás, M. A., Berone, G. D., Pisani, J. M., Ribotta, A. N. y Biderbost, E. (2007). Relación entre el peso de semillas, poder germinativo y emergencia de plántulas en clones de *Panicum coloratum* L. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27, 205 - 206.

Vogel, K. P. y Burson B. L. (2004). Breeding and Genetics. In: L.E. Moser, B.L. Burson, and L.E. Sollenberger (eds.), *Warm-Season (C4) Grasses*, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.

Wright, L. N. (1976). Recurrent selection for shifting gene frequency in seed weight in *Panicum antidotale* Retz. *Crop Sci* 16: 647-649.

Young, B. A. y Tischler, C. R. (1994). Recurrent selection for greater shoot mass modifies seed mass and seedling vigour in kleingrass. *Seed Science & Technology* 22: 467-475.