

EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CEBADILLA CRIOLLA (*Bromus catharticus* Vahl) EN ARGENTINA: SÍNTESIS DE LOS LOGROS Y AVANCES



THE GENETIC IMPROVEMENT OF PRAIRIE GRASS (*Bromus catharticus* Vahl) IN ARGENTINA: SYNTHESIS OF ACHIEVEMENTS AND ADVANCES

Martínez E.S.¹, Rimieri P.²

¹Estación Experimental Agropecuaria Pergamino, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Avenida Frondizi (ruta 32) km 4,5, 2700 Pergamino.

²Ex Investigador INTA, Asesor científico en fitomejoramiento y obtentor de cultivares

Corresponding author:
Martínez E.S.
martinez.emilce@inta.gov.ar

 ORCID 0009-0004-5995-5538

ABSTRACT

The prairie grass (*Bromus catharticus* Vahl) is the annual/biennial native forage grass of temperate climates of most importance and diffusion in Argentina. Several authors have studied the phenotypic variability in morphophysiological characters in cultivars and native populations of prairie grass. The first commercial cultivars were heterogeneous populations that were considered the best adapted in the temperate region of Argentina. Genetic, agronomic and molecular characterization of the selection base populations and of the germplasm conserved in the active bank of INTA Pergamino, contributed to knowing and conserving the available genetic diversity and, at the same time, provided usable genetic variability in breeding. The most representative cultivars considered in this work were *Pergamino Martín Fierro MAG*; *Fierro Plus INTA*, *Bar INTA 200*, *Rosalía INTA* and *INTA Calvu*, in which technological packages associated with the utilization in animal production were developed.

Key words: prairie grass, cultivars, germplasm, plant breeding

Cite this article as:

Martínez E.S., Rimieri P. 2023. THE GENETIC IMPROVEMENT OF PRAIRIE GRASS (*Bromus catharticus* Vahl) IN ARGENTINA: SYNTHESIS OF ACHIEVEMENTS AND ADVANCES. BAG. Journal of Basic and Applied Genetics XXXIV (1): 41-46.

Received: 06/02/2023

Accepted: 06/23/2023

General Editor: Elsa Camadro

DOI: 10.35407/bag.2023.34.01.03

ISSN online version: 1852-6233

RESUMEN

La cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl) es la gramínea forrajera nativa anual/bianual de clima templado de mayor importancia y difusión en la Argentina. Varios autores han estudiado la variabilidad fenotípica en caracteres morfofisiológicos en cultivares y poblaciones nativas de cebadilla criolla. Las primeras variedades cultivadas comerciales de cebadilla criolla, eran poblaciones heterogéneas a las que se las consideraba de mejor adaptación a toda la región de cultivo. Con los estudios de caracterización genética, agronómica y molecular de las poblaciones base de selección y del germoplasma conservado en el banco activo de INTA Pergamino, se contribuyó a conocer y conservar la diversidad genética disponible y al mismo tiempo, disponer de variabilidad genética utilizable en programas de mejoramiento. Los cultivares públicos más representativos considerados en este trabajo fueron: *Pergamino Martín Fierro MAG*, *Fierro Plus INTA*, *Bar INTA 200*, *Rosalía INTA* e *INTA Calvu*, en los que se desarrollaron paquetes tecnológicos asociados a la utilización en producción animal.

Palabras clave: cebadilla criolla, cultivares, germoplasma, mejoramiento genético.

LA ESPECIE

La cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl) es la gramínea forrajera nativa anual/bianual de clima templado de mayor importancia y difusión en la Argentina. En este trabajo haremos una sucinta descripción de los recursos genéticos del género *Bromus* y desarrollaremos los pasos y protocolos que fueron aplicados en la Estación Experimental Pergamino, INTA, Argentina, desde 1940 hasta la actualidad, que contribuyeron especialmente a la difusión de la especie mediante la obtención de cultivares referentes para el mercado varietal.

Bromus catharticus Vahl (synm. *Bromus unioides* H.B.K.; *Bromus wildenowii* Kunth), es una gramínea forrajera de importancia considerando el área sembrada. Recibe el nombre común de cebadilla criolla, cebadilla australiana, *rescue grass* (EE.UU.) y *prairie grass* (Nueva Zelanda). Perteneció a la familia Poaceae, subfamilia Festucoidea y tribu Festuceas. Especie predominantemente autógena.

Los recursos genéticos del género *Bromus*, están representados en Argentina por 30 especies. La variación genética dentro y entre especies, con la diversidad que posee el género y sus interrelaciones filogenéticas, permite definir tipos morfológicos o morfotipos de interés agronómico para utilizar como cultivos forrajeros, cultivos de cobertura y para fitorremediación.

Varios autores han estudiado la variabilidad fenotípica en caracteres morfofisiológicos en cultivares y poblaciones nativas de cebadilla criolla (Pérez López, 1975; Pahlen, 1986; Pistorale y Wolff, 1996; Rosso, 2001; Gioco, 2002) o algunos parámetros genéticos y plasticidad fenotípica (Arturi *et al.*, 1983; Szpiniak *et al.*, 1995; Gioco, 2002; Aulicino y Arturi, 2002; Alvarez, 2010), como también, diferencias significativas interpopulacionales (Pahlen, 1986; Wolff *et al.*, 1996; Rosso *et al.*, 2009).

PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN

La difusión de cebadilla criolla en nuestro país se inició en 1952, con la liberación al mercado nacional del cultivar población denominado *Pergamino Martín Fierro MAG*, cuyo obtentor fue el Ing. Agr. Hernán Serrano.

La cebadilla criolla está adaptada a toda la región pampeana húmeda y subhúmeda y valles irrigados, tanto para la utilización forrajera como para cultivos de cobertura. Es una especie que presenta plasticidad fenotípica, descrita reiteradamente por botánicos y agrónomos, característica que deberá considerarse al definir los criterios de selección y en el desarrollo del proceso selectivo.

Las primeras variedades cultivadas comerciales de

cebadilla criolla, eran poblaciones heterogéneas a las que se las consideraba de mejor adaptación a toda la región de cultivo. Este criterio que era común en forrajeras, fue lentamente cambiando y actualmente un cultivar de cebadilla debe responder al tipo multilínea, estable y homogéneo fenológicamente y fenotípicamente y con características morfológicas, de valor nutritivo y agronómicas, acordes a los sistemas productivos.

La recomendación de la utilización de un nuevo cultivar deberá considerar sistemas productivos por regiones y tipos de suelo para los dos nichos principales de utilización de la cebadilla: 1) forrajera y 2) cultivo de cobertura. Es importante que esas especificidades sean demostradas con el aval de ensayos a campo usando cultivares testigos referentes, realizando análisis estadísticos pertinentes y complementados con ensayos de laboratorio y/o macetas. En el caso de los cultivares inscritos por INTA, fueron obtenidos implementando ensayos a campo y laboratorio en el marco de proyectos institucionales, convenios de vinculación con empresas privadas y tesis de grado y de posgrado. Esto permitió formular paquetes tecnológicos y publicaciones científicas con aportes de los investigadores de las distintas disciplinas, sus ayudantes técnicos, sus becarios y tesistas.

HISTORIA DEL MEJORAMIENTO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA PERGAMINO, INTA

Los conocimientos de la variabilidad fenotípica de las cebadillas estuvieron tradicionalmente basados en caracteres morfológicos. Con los estudios sobre el género *Bromus*, se contribuyó a conocer y conservar la diversidad genética disponible y al mismo tiempo, disponer de variabilidad genética utilizable en programas de mejoramiento (Rimieri y Wolff, 2010). En este género la plasticidad fenotípica puede afectar la estimación de la variabilidad genética y para poder distinguirla de la variabilidad intrínseca de las poblaciones, será necesario elegir, caracterizar y comparar líneas contrastantes en caracteres morfofisiológicos, que además de mejorar las características agronómicas de las líneas puras, permitan la diferenciación varietal de las multilíneas obtenidas.

Desarrollaremos los pasos y protocolos del programa de mejoramiento de cebadilla criolla que fueron aplicados en la Estación Experimental Pergamino, INTA, Argentina. En una primera etapa, en 1940 Hernán Serrano realizó selección masal del germoplasma colectado en las poblaciones de cebadilla criolla de la región pampeana. La selección se basó en la obtención de una población uniforme fenológicamente, macolladora, tolerante a enfermedades foliares, persistente y de porte semierecto.

En 1980 se organizó el Banco Activo de Germoplasma de INTA Pergamino (BAP). En ese momento *Pergamino Martín Fierro MAG* era la variedad más difundida. Se realizaron estudios sobre la variabilidad genética existente dentro de *Pergamino Martín Fierro MAG* para conocer su potencial como fuente de nuevos cultivares. Al mismo tiempo en el BAP se iniciaron los trabajos de caracterización para varios atributos agronómicos y morfofisiológicos, con las accesiones colectadas con el fin de detectar nueva variabilidad genética para el programa de mejoramiento.

En 1998 se decidió iniciar una segunda etapa de selección mediante metodologías acordes a la demanda de un mercado varietal competitivo, para lo cual se formuló un proyecto de mejoramiento genético para la obtención de nuevos cultivares multilíneas. El germoplasma de origen para la colección de trabajo del programa de mejoramiento estuvo constituido por los cultivares: *Pergamino Martín Fierro MAG*, *Tijereta*, *Bellegarde*, *Anabel* y tres orígenes del BAP. Con ese programa de mejoramiento y mediante un Convenio de Vinculación Tecnológica, se obtuvieron en una primera etapa, los cultivares *Fierro Plus INTA* y *BarINTA 200*, inscriptos en el Registro Nacional de Cultivares del INASE en 2001. El primero, derivado de la población original *Pergamino Martín Fierro MAG* y el segundo de líneas de cultivares franceses (INTA, 2001a, 2001b). En una segunda etapa, fueron obtenidos dos cultivares multilíneas: *Rosalía INTA* e *INTA Calvu*, inscriptos en el INASE en 2010 (INTA, 2010a, 2010b). Los cuatro cultivares tienen la propiedad a nombre de INTA y el obtentor fue Pedro Rimieri.

CULTIVARES

Pergamino Martín Fierro MAG (1952)

Cultivar Población, uniforme fenotípicamente, fue obtenido por H. Serrano en 1952 por selección masal de germoplasma colectado en la región pampeana con adaptación general a los ambientes húmedos y subhúmedos de la mencionada región. Fue adoptado rápidamente en los sistemas ganaderos y se convirtió, por su participación creciente y dominante en el mercado de semillas, en la forrajera más importante en volumen de semilla comercializada cada año durante cuatro décadas.

Fierro Plus INTA (2001)

Cultivar Multilínea derivado de la población original *Pergamino Martín Fierro MAG*, con mayor uniformidad, producción, calidad y sanidad, conservando la adaptación general de la población de origen. Es de porte semierecto, de hojas anchas y verde claro. Se caracteriza

por plantas muy macolladoras, con rebrote rápido y vigoroso después de un pastoreo o corte mecánico.

Fierro Plus INTA tiene mayor producción en el invierno y en el verano del segundo año. Presenta tolerancia a *Cercosporidium* (mancha parda de la hoja) con un porcentaje de tejido afectado entre 3% y 5% a diferencia de los cultivares comerciales testigos que son medianamente susceptibles ($12\% \pm 3$ de tejido afectado).

Este cultivar multilínea, concentra características de adaptación y persistencia de 20 líneas de la población original que fueron seleccionadas en condiciones de pastoreo y corte en Pergamino. Las 20 líneas seleccionadas son de características fenotípicas similares y responden a un mismo patrón de ADN (RAPD). Los métodos de selección, las evaluaciones agronómicas, las técnicas moleculares y de valor nutritivo aplicadas, ayudaron a mejorar la performance agronómica y permitieron el control de la pureza varietal.

BarINTA 200 (2001)

Cultivar seleccionado por macollamiento, persistencia y producción. Derivado de cultivares franceses y líneas nativas. Presenta características agronómicas similares a los cultivares tradicionales de cebadilla *Pergamino Martín Fierro MAG* y *Tijereta*. El porte de las plantas y la precocidad son similares a estos cultivares, aunque se diferencia de ambos por sus láminas de color verde más oscuro. Es levemente más macolladora, menos foliosa, con plantas más altas y láminas más grandes que *Fierro Plus INTA*. Su comportamiento sanitario es similar a este último.

Rosalía INTA (2010)

Cultivar derivado de dos orígenes selectos de *Pergamino Martín Fierro MAG*; es de porte semierecto, color verde oscuro y ciclo intermedio; como verdeo en cultivo puro expresa su máximo potencial. Además, tiene muy buen comportamiento en mezclas forrajeras con otras gramíneas y leguminosas. Con un manejo adecuado se comporta como bianual y tolera pastoreos frecuentes en primavera con elevadas tasas de crecimiento.

Produce forraje de alta digestibilidad y bajo contenido de fibra, con mayor proporción de hojas que el germoplasma de origen. Es el cultivar de mayor proporción de hojas (láminas) dentro de los cultivares comerciales evaluados en 2009 en la EEA Pergamino. En análisis de calidad de forraje realizados, se determinó que en los períodos de mayor producción otoño y primavera, la digestibilidad varió entre 83% y 66%, mientras que el rango de fibra (FDN) varió entre 42% y 51%. El menor valor de digestibilidad y el mayor de fibra se corresponden con el momento de panojamiento y máxima acumulación de materia seca (MS), como era

esperable, aunque son valores muy buenos de calidad, aún para ese estado fenológico.

Rosalía INTA en las pasturas perennes base alfalfa-festuca, produce tempranamente en el invierno del primer año cuando la festuca y la alfalfa aún no expresan su potencial. En las mezclas bifíticas alfalfa-cebadilla se produce una mayor acumulación de forraje invernal comparado con la alfalfa pura.

INTA Calvu

Cultivar derivado de poblaciones conservadas en el BAP; posee un crecimiento rápido y agresivo, de porte semi-rastrero y color verde oscuro azulado. Es más heterogéneo que *Fierro Plus INTA*. Presenta tallos gruesos con mayor potencial de rendimiento acumulado y es menos hojoso que *Fierro Plus INTA* y *BarINTA 200*. La altura de planta en encañazón es similar a estos dos cultivares, aunque sus panojas son más largas. Es un cultivar de crecimiento rápido y agresivo. Su precocidad y perfil sanitario son similares a *Fierro Plus INTA*.

Los cuatro cultivares descriptos, que responden a la clasificación de cultivar multilínea, están adaptados a toda la región pampeana húmeda y subhúmeda, tanto para la utilización forrajera o como cultivos de cobertura. Lo que ha sido comprobado con ensayos efectuados durante 10 años. Por el ciclo y la condición de bianual, se comportan como un verdeo de mayor duración que los tradicionales y complementario de la avena, de la cebada y del raigrás anual.

Tabla 1. Kilogramos de materia seca acumulada (kgMS) por ha, promedio anual, 2009, en cuatro cultivares de cebadilla (CC) y dos de Cebada (C). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$)

Cultivar	kgMS ha ⁻¹ acumulada	
<i>Bar INTA 200</i> (CC)	8.328	a
<i>Fierro Plus INTA</i> (CC)	8.940	ab
<i>Rosalía INTA</i> (CC)	9.609	ab
<i>Calvú INTA</i> (CC)	9.740	abc
<i>Alicia INTA</i> (C)	11.598	bc
<i>Mariana INTA</i> (C)	12.676	c

En la Tabla 1, como era esperable, se observa que la cebada forrajera supera a las cebadillas, pero como ya fuera mencionado, las cebadillas complementan a

otros verdeos y pasturas polifíticas, aportando forraje a lo largo del otoño y la primavera y aún en el verano. Además, con un manejo adecuado persisten hasta la primavera del segundo año. Los dos cultivares del primer ciclo de selección, *Fierro Plus INTA* y *BarINTA 200*, fueron superados por los de segundo ciclo, *Rosalía INTA* e *INTA Calvu*, aunque no significativamente ($p < 0,05$). *INTA Calvu*, aunque con rendimiento acumulado menor, no tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) con las cebadas, por lo que puede considerarse a este cultivar, como un verdeo de cebadilla de mayor potencial de producción acumulada.

VARIABILIDAD GENÉTICA Y PLASTICIDAD FENOTÍPICA DE POBLACIONES NATIVAS Y CULTIVARES COMERCIALES

Debido a que las poblaciones de cebadilla constituyen grupos de líneas puras, el estimador de mayor utilidad es la heredabilidad en sentido amplio (H^2) o grado de determinación genética (GDG) (Falconer, 1989). El GDG expresa la confiabilidad de los valores fenotípicos de las poblaciones como indicadores de sus valores genotípicos en los diferentes caracteres cuantitativos (Falconer, 1970). En el programa de mejoramiento de cebadilla criolla de la EEA Pergamino INTA, el interés en la estimación del GDG radicó en la determinación de la influencia del efecto ambiental (plasticidad) sobre los distintos caracteres. La plasticidad fenotípica fue definida por Bradshaw (1965) como la capacidad que tiene un genotipo de generar un amplio rango de fenotipos diferentes según el ambiente en el que se desarrolla el organismo. Esta característica constituye una ventaja adaptativa para la cebadilla criolla que le permite responder a pequeños cambios ambientales, compensando los bajos niveles de variabilidad genética asociados a la autogamia.

El programa de mejoramiento de la EEA Pergamino, se complementó con estudios de caracterización genética, agronómica y molecular de las poblaciones base de selección y del germoplasma conservado en el BAP. Estos estudios permitieron ampliar la información sobre la diversidad genética conservada en la colección de *Bromus* sp. del BAP, conocer la variabilidad genética disponible para selección y, mediante marcadores moleculares, hacer una mejor cuantificación de esa variabilidad, independiente del ambiente (Puecher *et al.*, 2001; Gioco, 2002; Sellaro *et al.*, 2003a, 2003b; Pagano *et al.*, 2007). Se detectaron moderados a bajos niveles de variabilidad genética y sólo unas pocas poblaciones de áreas marginales constituirían una fuente novedosa de variabilidad (Pagano *et al.*, 2007, Cuyeu, 2008). Con esas poblaciones de las áreas marginales se puede

iniciar un proyecto para mejorar el rendimiento de este cultivo para ambientes con déficit hídrico, ya que se encontró una asociación positiva significativa entre la humedad/nivel de lluvia y la diversidad fenotípica en las poblaciones argentinas (Cuyeu *et al.*, 2015). En general y considerando seis geo-grupos de entradas de *Bromus catharticus* Vahl disponibles en el mundo, se encontró una pobre diferenciación genética entre los mismos, mediante marcadores SRAP (Yi *et al.*, 2021).

La estimación de baja variabilidad genética en esta especie, cuestionaba a la información basada en estudios clásicos que indicaban amplia variabilidad, como así también con la observación de fenotipos muy diferentes dentro de las poblaciones de cebadilla criolla. Para contribuir a aclarar esta contradicción se analizaron por RAPDs genotipos de cebadilla criolla seleccionados en el programa de mejoramiento de la EEA Pergamino INTA por su morfología contrastante y no fue posible establecer una relación entre la variación morfológica y la molecular (Gieco, 2002). Cuando se consideró la estructura genética de líneas y poblaciones, la variancia ambiental superó a la variancia genética en prácticamente todos los caracteres y se obtuvieron valores de GDG moderados y bajos en las poblaciones, independientemente de su estructura genética, y la gran variabilidad fenotípica observada se debió en su mayor parte al efecto ambiental (Alvarez *et al.*, 2010).

Debido a los resultados obtenidos en estos trabajos, se realizaron colectas en zonas relativamente áridas y por lo tanto marginales al cultivo de esta especie con el fin de incluir nuevas accesiones a la colección. Además, se incorporaron poblaciones de otras especies del género *Bromus* que coexisten con la cebadilla criolla. Se estudiaron poblaciones de *B. catharticus* Vahl., *B. stamineus* E. Desv., *B. inermis* Leyss. y *B. auleticus* Trin. ex Nees. La similitud genética fue mayor dentro de cada especie y el análisis de agrupamiento permitió distinguir claramente a las cuatro especies. La inclusión de poblaciones de *B. catharticus* colectadas fuera de las áreas típicas de utilización de la especie como pastura, permitió ampliar significativamente la diversidad genética de la colección de *Bromus* sp. conservada en el BAP (Rosso, 2019).

PERSPECTIVAS DEL MEJORAMIENTO

En una mirada futura respecto al mejoramiento del género *Bromus* será importante explorar nuevas poblaciones en áreas marginales, para lograr mayor representatividad de la diversidad genética del género y así de ampliar la variabilidad genética disponible para ser utilizada. Consideramos, además, que la caracterización genética, agronómica y molecular de las poblaciones selectas y del germoplasma del BAP que

hemos descripto, es un buen ejemplo en concordancia con los planes de acción, directrices técnicas y el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos de FAO y con bibliografía que considera las relaciones entre los recursos fitogenéticos, la biodiversidad y el fitomejoramiento (Merezhko, 1998; Fernie y Schauer, 2009; FAO, 2010, 2015, 2019; Camadro y Rimieri, 2011; Ulukan, 2011). Esa asociación y complementación de bancos de germoplasma con programas de mejoramiento genético, la hemos implementado en una especie nativa anual/bianual de origen hexaploide que se comporta como diploide, preferentemente autógama y que tiene dos tipos de floración (cleistógama y chasmógama).

Sintetizando, los trabajos realizados en cebadilla criolla, permitieron integrar los objetivos relacionados con el germoplasma (colecta, conservación y utilización) con los objetivos del mejoramiento genético para la obtención de cultivares. Se pudo avanzar mancomunadamente y aplicar los pasos y protocolos desarrollados en este trabajo, relacionados con la consideración permanente y simultánea de las estructuras genéticas y el sistema reproductivo en cada etapa del manejo del germoplasma de las colecciones como en los métodos de mejoramiento genético aplicados.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez A.M. (2010) Parámetros genéticos y evaluación agronómica de líneas y multilíneas de cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.). Tesina para la obtención del Grado Académico de Licenciado en Genética, Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Misiones, Argentina.
- Alvarez A.M., Velazco J.G., Rimieri P. (2010) Estimación de parámetros genéticos y de la plasticidad fenotípica en líneas y multilíneas de *Bromus catharticus*. Comunicaciones Libres XXXIX Congreso Argentino de Genética, XIV Congreso Latinoamericano de Genética, 1-5 octubre 2010, Viña del Mar, Chile; p 256.
- Arturi M.J., Marchetta M.A., Rapela M.A., Mujica M.M. (1983) Variabilidad y correlaciones en cebadilla criolla. Rev. Fac. Agron. La Plata 59:191-197.
- Aulicino M.B., 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(2): 223-234.
- Bradshaw A.D. (1965) Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. Adv. Genet. 13: 115-155.
- Camadro E.L., Rimieri P. (2021) Conservación de germoplasma *Ex situ* revisada a la luz de mecanismos y métodos de genética. BAG. Journal of basic and applied genetics 32(1): 11-24.
- Cuyeu A.R. (2008) Aplicación de Marcadores Moleculares a estudios de Variabilidad Genética en Poáceas Forrajeras Templadas. Tesis para optar el título de Doctor en Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de Luján, Bs.As., Argentina.

- Cuyeu R., Pagano E., Rosso B., Soto G., Ayub N.D. (2015) The genetic diversity of wild rescuegrass is associated with precipitation levels. *Journal of genetics* 94(1): 29-34.
- Falconer D.S. (1970) *Introducción a la Genética Cuantitativa*. Compañía Editorial Continental, México.
- Falconer D.S. (1989) *Introducción a la Genética Cuantitativa*. Compañía Editorial Continental, México.
- FAO (2010) *The Second Report on the State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. FAO, Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/i1500e00.htm> (acceso, 31 mayo 2023).
- FAO (2015) *Guidelines for developing a national strategy for plant genetic resources for food and agriculture*. FAO, Rome Italy. <https://www.fao.org/publications/card/es/c/20217930-4d14-4e87-b144-8e0adb6828a7/> (acceso 29 mayo 2023).
- FAO (2019) *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, Roma, Italia.
- Fernie, A. R., Schauer, N. (2009) Metabolomics-assisted breeding: a viable option for crop improvement? *Trends in genetics*, 25(1), 39-48.
- Gieco L. (2002) Caracterización genética y agronómica de genotipos de Cebadilla Criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) con morfotipos diferentes para delinear criterios de selección. Tesis M.Sc., UNR-INTA, Rosario, Argentina.
- INTA (2001a) <https://inta.gob.ar/variedades/fierro-plus-inta>. (Ingreso a la página web: 3 de abril de 2023)
- INTA (2001b) <https://inta.gob.ar/variedades/barinta-200>. (Ingreso a la página web: 3 de abril de 2023)
- INTA (2010a) <https://inta.gob.ar/variedades/rosalia-inta>. (Ingreso a la página web: 3 de abril de 2023)
- INTA (2010b) <https://inta.gob.ar/variedades/inta-calvu>. (Ingreso a la página web: 3 de abril de 2023)
- Merezhko A. (1998) Impact of plant genetic resources on wheat breeding. *Euphytica* 100: 295-303.
- Pagano E.M., Rosso B.S., Rimieri P., Ríos R.D. (2007) Aplicación de marcadores moleculares al estudio de la variabilidad genética en el género *Bromus*. En: Clausen A., Condón F. y Berretta A. (Eds.) *Avances de Investigación en recursos genéticos en el Cono Sur II*. PROCISUR, IICA, Uruguay, pp. 61-67.
- Pahlen A. (1986) Evaluation of genetic variability of some native forage plants. *Bol. Gen. Inst. Fitot.* 14: 1-6.
- Pérez López F. (1975) Estudio de la variabilidad en poblaciones de *Bromus unioloides*. Tesis de MSc. Escuela para Graduados, INTA Castelar, Bs.As., Argentina.
- Pistolare S., Wolff R. (1996) Estrategia reproductiva en *Bromus catharticus* Vahl. (Cebadilla criolla) I. Componentes del rendimiento. XXVII Congreso Argentino de Genética. XXXIX reunión Anual Sociedad de Biología de Chile, 8-10 octubre 1996, Viña del Mar, Chile; p. 135.
- Puecher D.I., Robredo C.G., Ríos R.D., Rimieri P. (2001) Genetic variability measures among *Bromus catharticus* Vahl. populations and cultivars with RAPD and AFLP markers. *Euphytica* 121: 229-236.
- Rimieri P., Wolff R. (2010) La genética y el estado actual de la obtención y adopción de cultivares forrajeros en Argentina. *BAG. Journal of basic and applied genetics* 21(2): 1-7.
- Rosso B. (2001) Colecta y caracterización de cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) en la región central de Argentina. En: Diálogo LVI, Los recursos fitogenéticos del género *Bromus* en el Cono Sur. PROCISUR, IICA, Uruguay, pp. 99-101.
- Rosso B. (2019) *Especies forrajeras de clima templado: catálogo 2019*. Ediciones INTA, EEA Pergamino, Buenos Aires, Argentina.
- Rosso B., Pagano E., Rimieri P., Ríos R. (2009) Characteristics of *Bromus catharticus* Vahl. (Poaceae) natural populations collected in the central area of Argentina. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 66(2): 276-279.
- Sellaro R., Pagano E., Pimper L., Colombo N., Rosso B., Rimieri P., Ríos R. (2003a) Aplicación de marcadores moleculares al estudio de la variabilidad genética en el género *Bromus* (Poaceae). I. Análisis mediante RAPD. IV SIRGEALC, 10-14 noviembre 2003, Mar del Plata, Buenos Aires; p. 132.
- Sellaro R., Pagano E., Pimper L., Colombo N., Rosso B., Rimieri P., Ríos R. (2003b) Aplicación de marcadores moleculares al estudio de la variabilidad genética en el género *Bromus* (Poaceae). II. Análisis mediante primers universales de cloroplasto. IV SIRGEALC, 10-14 noviembre 2003, Mar del Plata, Buenos Aires; p. 133.
- Szpiniak B., Ferreira V., Seeplarsky A., Irico M. (1995) Análisis de la variación de *Bromus catharticus* Vahl. en ambientes subhúmedos-secos de la República Argentina con fines de mejoramiento. *Mendeliana* 11(2): 84-98.
- Ulukan H. (2011) The use of plant genetic resources and biodiversity in classical plant breeding. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 61(2): 97-104.
- Wolff R., Abbott L., Pistolare S. (1996) Reproduction behavior of *Bromus catharticus* Vahl. (cebadilla criolla) in natural and cultivated populations. *J. Genet. and Breed.* 50: 122-128.
- Yi L., Dong Z., Lei Y., Zhao J., Xiong Y., Yang J., ..., Ma X. (2021) Genetic Diversity and Molecular Characterization of Worldwide Prairie Grass (*Bromus catharticus* Vahl) Accessions Using SRAP Markers. *Agronomy* 11(10): 2054.