



La genética y el estado actual de la obtención y adopción de cultivares forrajeros en Argentina

Rimieri Pedro, Wolff Renata

*EEA Pergamino INTA
31 2700 Pergamino
Universidad Nacional de Luján, Rutas 5 y 7, 6700-Luján.*

*rwolff@unlu.edu.ar
primieri@pergamino.inta.gov.ar*

ABSTRACT

The “state of the art” in the genetic improvement of traditional forages plants in Argentina, its diffusion and impact, will be based on analysis of two large areas, quantitative genetics and plant breeding. It is clear that to drive plant breeding programs is necessary to know and understand concepts of plant genetics and relationships between this and other agronomy disciplines, particularly animal production. The traditional forage species selection was based on the introduction of collections and using the mass selection methods in some of these populations. Estimation and interpretation of heritability has presented numerous challenges to researchers in population genetics and quantitative genetics. These two disciplines of genetics, along with biometrics, allowed a development more precise of plant breeding methods. This paper illustrates about the development of cultivars of two forage species: tall fescue [*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh. = *Festuca arundinacea* Schreb.] and prairie grass (*Bromus catharticus* Vahl.). There is a need to assess in detail the objectives and characteristics of the species and its evaluation in our area and in recent years, which was real progress on the transfer of knowledge, application to the “art” of plant-breeding and developing of cultivars, without neglecting the last link in the goal to achieve: its adoption in the productive sector. With the possibility of developing new approach to breeding and to speculate about future applications of molecular tools, it is clear that improved cultivars will have a major role in the future.

Key words: crops, heritability, quantitative genetics, selection criteria

RESUMEN

Resulta evidente que para conducir programas de mejoramiento genético de forrajeras es necesario conocer y entender conceptos de la genética vegetal e interrelaciones entre esta y las demás disciplinas que competen a la agronomía, particularmente la producción animal. La selección tradicional de las principales especies forrajeras se basó en la introducción de colecciones y en la utilización del método de selección masal en algunas de esas poblaciones. La estimación e interpretación de la heredabilidad ha presentado numerosos desafíos a los investigadores en plantas. Así fue que a los conceptos de la genética de poblaciones se le sumó la genética cuantitativa. Estas dos disciplinas de la genética, junto a la biometría, permitieron un avance más acotado empleando métodos de mejoramiento más específicos. El análisis se ilustra con la obtención de cultivares de dos especies forrajeras, una perenne y una anual: la Festuca Alta (*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh.) y de la Cebadilla Criolla (*Bromus catharticus* Vahl.). Se evalúa en nuestro ámbito y en los últimos años, cuál fue el verdadero avance logrado en cuanto a la transferencia del conocimiento, su aplicación al “arte” del mejoramiento vegetal y su adopción en el sector productivo. Es evidente que los cultivares mejorados tendrán un rol más importante en el futuro por la demanda creciente de tecnología, tanto para hacer más sustentables los sistemas productivos como por la oferta de nuevos cultivares con el aporte de las herramientas biotecnológicas en desarrollo. Sean las especies modelos elegidas para este trabajo u otras con estructuras genéticas similares, el avance es inevitable.

Palabras clave: cultivares forrajeros, heredabilidad, genética cuantitativa, criterios de selección

PRÓLOGO

El “estado del arte” en el mejoramiento genético de forrajeras tradicionales de la Argentina, su difusión e impacto, estará basado en el análisis de dos grandes áreas, la Genética Cuantitativa y el Mejoramiento Genético. Más que una revisión, es un análisis del avance local de los últimos 20 años en esas dos grandes áreas de la genética, para llegar al estado actual y relacionarlo con los aportes reales a la producción de carne y de leche en nuestro país.

Resulta evidente que para conducir programas de mejoramiento genético de forrajeras es necesario conocer y entender conceptos de la genética vegetal e interrelaciones entre ella y las demás disciplinas que competen a la agronomía, particularmente la producción animal. Con referencia particular a la genética, los conceptos básicos necesarios para esos programas pasan por la genética mendeliana, la genética de poblaciones y la genética cuantitativa. Si se focaliza en la utilización de esos principios científicos y se suman los criterios de selección y el arte del mejorador, se comprenderá mejor la evolución y el estado actual de esta rama de la genética en la obtención de cultivares forrajeros en la Argentina.

La selección tradicional de las principales especies forrajeras se basó en la introducción de colecciones y en la utilización del método de selección masal en algunas de esas poblaciones. Los criterios de selección eran básicamente agronómicos con especial énfasis en la fenología y en la producción de semilla. Esos mejoradores, principalmente de la rama de la agronomía, utilizaban la selección como una herramienta más para introducir en el cultivo poblaciones adaptadas a la producción de forraje en pastoreo directo.

Los investigadores en plantas, por su lado, se han concentrado en la idea de la heredabilidad desde comienzos del siglo pasado, cuando Johansen condujo sus experimentos que lo llevaron a acuñar los términos fenotipo y genotipo, y luego a darle significado al término heredabilidad, que en tiempos actuales sería similar al de heredabilidad en sentido amplio. La estimación e interpretación de la heredabilidad ha presentado numerosos desafíos a los investigadores en plantas. Así fue que a los conceptos de la genética de poblaciones se le sumó la genética cuantitativa. Estas dos disciplinas de la genética, junto a la biometría, permitieron un avance

más acotado empleando métodos de mejoramiento más específicos.

Hay dos condiciones básicas que deben cumplirse para tener éxito en la obtención de un nuevo cultivar y en su posterior difusión:

- 1) El germoplasma de partida, con especial énfasis en el Origen y su Adaptación
- 2) Los criterios de selección que abarcan parámetros agronómicos e índices de selección variables según la estructura genética de la población, los métodos de obtención y el tipo de cultivar comercial deseable.

Esas dos condiciones son aplicables a todas las especies vegetales, aunque con aspectos distintivos y características diferentes según grupos de especies.

Este trabajo se ilustrará con la obtención de cultivares de dos especies forrajeras, una perenne y una anual: la Festuca Alta [*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh, (antes *Festuca arundinacea* Schreb.)], especie forrajera perenne de las regiones templadas y frías que en la Argentina se desarrolla muy favorablemente y la Cebadilla Criolla (*Bromus catharticus* Vahl.), especie forrajera anual o bianual, nativa de las regiones templadas y frías de la Argentina.

REFLEXIONES DESDE LA GENÉTICA CUANTITATIVA

El reino vegetal presenta una gran diversidad de modos naturales de reproducción, variando de la reproducción asexual a la sexual, con alogamia o autogamia, habiendo especies que presentan ambos tipos de reproducción. En el mejoramiento de poblaciones alógamas de forrajeras se aplicó generalmente la selección recurrente con selección de progenies de medios hermanos y formación de cultivares sintéticos mediante el policruzamiento controlado en diseños estandarizados. Los cultivares actuales de las forrajeras alógamas responden a ese esquema. La cebadilla constituye un caso singular de una especie altamente autógena, pero que posee floración cleistógama y chasmógama, y se estima que esto le permite, como especie, “regular” en oportunidad e intensidad la aparición de un mínimo porcentaje de apareamientos cruzados para generar variabilidad y tal vez una mayor adaptación. Los cultivares actua-

les de forrajeras autógamas responden al esquema de selección masal de poblaciones, las que están constituidas por varias líneas puras.

La autofecundación por su parte da lugar a poblaciones consanguíneas, lo que hace surgir estructuras poblacionales y estrategias de adaptación que plantean no pocas dificultades particulares, porque las propiedades genéticas de las poblaciones son fundamentales para dar significado al concepto de la heredabilidad. Para algunas poblaciones, como las apomícticas o las *landraces* autógamas, no se puede asumir una estructura genotípica particular. Pero para otras, en especial las de fecundación cruzada, se asume una estructura cercana a la de la población "ideal", análogo al equilibrio de Hardy-Weinberg. De modo que para algunos tipos de poblaciones la estimación de heredabilidad es sencilla, pero para otras es difícil. La complejidad de la acción génica ha presentado un real desafío a los genetistas cuantitativos para llegar a predecir la respuesta genética a la selección. Y se pueden sumar otros aspectos, como el nivel de ploidía, como tetraploides y hexaploides, que a su vez pueden tener herencia disómica (ej. festuca) o tetrasómica (ej. alfalfa). Es por eso que dejando de lado la heredabilidad en sentido estricto, la heredabilidad en sentido amplio se ha enfocado según las complejidades y particularidades ya mencionadas, denominándolas como heredabilidad en sentido amplio (H^2) o Grado de Determinación Genética (GDG).

El más común de los métodos de estimación de la heredabilidad hace uso del parecido entre parientes, colaterales o lineales. Un segundo método usa el proceso de selección para estimar la heredabilidad realizada. Aunque los métodos son pocos, se introducen muchas complejidades cuando se toma en cuenta la variedad de situaciones que existen en el reino vegetal, como el sistema de reproducción mencionado, la forma de polinización, los ciclos anuales vs perennes, los diseños de apareamiento posibles para la estimación de componentes, la capacidad reproductiva de la planta individual, las técnicas culturales y experimentales de cada especie en particular, la identificación de la planta individual bajo cultivo normal o en parcelas experimentales, los diferentes tipos de caracteres estudiados, la competencia entre plantas y otras propiedades de las especies en particular. En algunas especies se miden todas las variables de interés en la planta individual

dentro de la parcela, en otras solo algunas y las demás variables se miden por parcela y aun en otras solo se obtienen datos por parcela.

Muchos de los factores mencionados afectan otro aspecto que concierne al significado de la heredabilidad y es el de la variancia fenotípica, que constituye el denominador de dicho parámetro. Una pregunta es ¿qué efectos entran dentro de esa variancia? Desde ya que toda fuente de variación clasificable podrá ser particionada y representará un determinado significado; por ejemplo la variancia de la interacción genotipo x ambiente ($g \times e$) en determinados diseños es considerada como una medida de la plasticidad fenotípica. Otra pregunta es ¿cuál es el número de observaciones que definen el valor fenotípico del individuo? El mayor número de observaciones hace que aumente el valor de la heredabilidad, pero hace que la variancia fenotípica pueda llegar a ser una función de la dimensión del experimento más que un real estimador del factor no-genético. De hecho, las estimaciones de heredabilidad surgen en función de las propiedades y dimensiones del diseño experimental, de modo que la comparación de los valores obtenidos de las diversas estimaciones resulta difícil, en especial para el mejoramiento vegetal.

La estimación de los parámetros poblacionales en plantas prevalece en la literatura a lo largo de los últimos 60 a 70 años; entre ellos, los que estiman la estructura poblacional y la variabilidad genética disponible. Es interesante mencionar que, investigaciones realizadas desde la genética ecológica de las poblaciones muestran que, en el nivel de especie vegetal, el rango geográfico es la variable más importante, le sigue el ciclo de vida, luego el sistema de apareamiento y el modo de dispersión de la semilla. Pero cuando se estima la variabilidad entre poblaciones de una misma especie, las mismas variables son importantes pero cambian el orden. El sistema de apareamiento pasa a ser la más importante, luego el rango geográfico, el ciclo de vida, la jerarquía taxonómica y el modo de dispersión de la semilla.

Considerando los distintos arreglos de poblaciones vegetales que pueden surgir, muchos estimadores han sido denominados heredabilidad y a veces no queda claro cual es la naturaleza exacta del estimador o qué es lo se está estimando. La mayoría de los estimadores están sesgados por factores genéticos o ambientales (interacciones de diverso orden).

Si bien todos los fitotecnistas valoran la necesidad de replicar sus materiales en años y localidades, no siempre ocurre lo mismo en cuanto a las estimaciones de la heredabilidad. En el caso de especies como las forrajeras no es un factor menor, porque ellas suelen presentar una gran plasticidad fenotípica. Sin embargo, estos estimadores son buscados por ellos para predecir la ganancia genética en la siguiente generación de selección. Por lo tanto, siempre es necesario que los estimadores evaluados se refieran a una población base en espacio y tiempo (*target population*) para la región geográfica de interés.

En resumen, todas estas reflexiones llevan a tomar conciencia de la necesidad de evaluar en detalle los enfoques y metodologías de la investigación que se está realizando en función de los objetivos que se quieren alcanzar, y conociendo bien las características de la especie objeto del estudio.

Las reflexiones desde la genética cuantitativa se adaptaron de las siguientes publicaciones:

1) Nyquist Wyman E. (1991). Estimation of Heritability and Prediction of Selection Response in Plant Populations. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 10(3) 235-322. (277 citas bibliográficas).

2) Silvertown Jonathan W. & Lovett Doust Jonathan (1993). *Introduction to Plant Population Biology*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford.

REFLEXIONES DESDE EL MEJORAMIENTO GENÉTICO

Los últimos veinte años considerados en esta publicación permitieron avanzar no sólo en la obtención de mejores cultivares forrajeros, sino también en que las nuevas variedades fueran diferentes, homogéneas y estables como lo exige la Ley de Semillas.

Al mejoramiento genético en esta etapa se lo puede definir como esencialmente biométrico, con criterios de selección agronómicos y morfofisiológicos y con distinto grado de participación de la genética con métodos de selección y técnicas diversas basadas en la genética de poblaciones y la genética cuantitativa, complementado incipientemente con técnicas de la biología molecular para caracterizar germoplasma y genotipos. En los últimos cien años, la genética cuantitativa ha sido la base científica del mejoramiento, con una combinación de la genética mendeliana y los enunciados de Fisher en 1918 y

posteriores.

En el presente, si bien ya existen algunos protocolos de transgénesis para plantas forrajeras, aún no tienen aplicación, aunque, a futuro, cuando esos protocolos sean aplicables en el proceso de mejoramiento, la última etapa antes de la liberación del cultivar consistirá globalmente en aplicar los mismos métodos del mejoramiento genético tradicional con genotipos transformados.

Como ya se mencionara, se realizará un análisis en base al mejoramiento genético de la Festuca Alta [*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh. (antes *Festuca arundinacea* Schreb.)] y de la Cebadilla Criolla (*Bromus. catharticus* Vahl.). Dentro de ese análisis se hará una caracterización del germoplasma introducido y seleccionado en 1950 en la Estación Experimental Pergamino, del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación, que culminó con la población de festuca Pergamino *El Palenque MAG*, devenida cultivar al inscribirse “de oficio” en 1981, al igual que la cebadilla *Martín Fierro MAG.*, para luego describir y discutir aspectos agronómicos, de la genética y de la selección.

Análisis de dos especies forrajeras

La especie perenne **Festuca alta** [*Lolium arundinaceum* (Schreb.) Darbysh. (antes *Festuca arundinacea* Schreb.)], es la especie mejor adaptada y la de mayor producción forrajera de toda la pampa húmeda y subhúmeda que representa muy bien a las perennes de origen hexaploide que se comportan como diploides.

A partir de la población Pergamino *El Palenque MAG* se efectuó un estudio de la variabilidad genética y al mismo tiempo se inició la selección de genotipos y descendencias de medios hermanos para la obtención de cultivares sintéticos. Así se obtuvo *Palenque Plus INTA*, constituido por 40 genotipos seleccionados de 256 de la población original. La población original era de una base genética muy amplia y el nuevo cultivar también, a pesar del menor número de genotipos constituyentes. La alogamia, más el origen hexaploide y la gran variabilidad de la población original confluyeron para mantener una base genética tan amplia. Sin embargo, y a pesar de ello, el nuevo cultivar es distinguible morfológicamente, agronómicamente y bioquímicamente (HPLC), aún de la población que le dio origen.

Para conocer el mínimo número de genotipos

constituyentes de un cultivar sintético en una forrajera de este tipo y de utilización en pastoreo, se obtuvieron varias sintéticas experimentales entre 7 y 50 genotipos seleccionados de *Palenque Plus INTA*. Todas fueron aptas agrónomicamente y distinguibles, pero lo más notable fue la gran variabilidad conservada en la sintética de 7 genotipos, devenido un cultivar comercial llamado *Brava INTA*. Nuevamente, la alogamia, más el origen hexaploide y la variabilidad remanente en *Palenque Plus INTA* confluyeron, seguramente, para mantener una base genética todavía amplia en un cultivar sintético de base genética estrecha por definición.

La especie anual **Cebadilla criolla** (*Bromus catharticus* Vahl.), representa muy bien a las forrajeras anuales de origen hexaploide que se comportan como diploides. A partir de la población *Martín Fierro MAG* se efectuó un estudio de la variabilidad genética y al mismo tiempo se inició la selección de líneas para la obtención de cultivares multilíneas. Así se obtuvieron *Fierro Plus INTA* y *BarINTA 200* constituidas ambas por unas pocas líneas similares fenotípicamente y fenológicamente. La primera derivada de la población original *Martín Fierro MAG* y la segunda de líneas de cultivares franceses. Aunque todo el material de inicio fue de la misma región de origen, la región pampeana, por la utilización y el desarrollo de variedades en Australia y luego en otros países, a esta especie también se la llamó cebadilla australiana.

Varios autores han estudiado la variabilidad fenotípica en caracteres morfofisiológicos en cultivares y poblaciones naturales de cebadilla criolla, alcanzando algunos trabajos la determinación de parámetros genéticos. *B. catharticus* es una especie muy plástica, razón por la cual la utilización de caracteres morfofisiológicos podría sobreestimar la variabilidad genética de las poblaciones. Se realizaron varios trabajos con marcadores moleculares a fin de lograr una mejor cuantificación de esta variabilidad, independiente del ambiente.

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 homocigosis. El empleo de marcadores moleculares permitió detectar moderados a bajos niveles de variación genética en las poblaciones de cebadilla. Solo unas pocas poblaciones marginales constituirían una fuente novedosa de variación genética para ser empleada en futuros planes de mejoramiento de la especie.

Los trabajos de mejoramiento llevados a cabo en la EEA-Pergamino desde 1996 hasta la fecha permitieron conocer mejor aspectos genéticos, agrónomicos y moleculares de esta especie y lograron importantes avances, como ser la definición de multilíneas como cultivares experimentales, la caracterización molecular de cultivares y poblaciones, y la definición y caracterización de morfotipos.

Recientemente se determinó que la estructura genética de los cultivares de cebadilla (líneas y multilíneas) no determina diferencias en los parámetros genéticos poblacionales y en el comportamiento agrónomico de los mismos. Además, la variabilidad fenotípica de los caracteres morfofisiológicos estuvo fuertemente influenciada por el ambiente. La variancia ambiental superó a la varianza genética en prácticamente todos los caracteres y se obtuvieron valores de GDG de moderados a bajos, independientemente de la estructura genética de las poblaciones. La gran variabilidad fenotípica observada se debe en su mayor parte al efecto de la plasticidad. Los caracteres cualitativos, sin embargo, permitieron discriminar claramente a las poblaciones y líneas entre sí.

Algunos interrogantes sobre el estado actual del mejoramiento genético

Por lo expuesto anteriormente resulta interesante detenerse un poco para evaluar en nuestro ámbito y en los últimos años, cuál fue el verdadero avance logrado en cuanto a la transferencia del conocimiento, su aplicación al “arte” del mejoramiento vegetal y a la obtención de cultivares superiores, sin dejar de lado el último eslabón del objetivo a lograr: su adopción en el sector productivo.

Desde la docencia universitaria de grado y postgrado en el área de la agronomía, se imparten los conocimientos y se realizan numerosas investigaciones en el tema que desarrollamos en este trabajo, muy frecuentemente estimando parámetros genéticos en poblaciones naturales y/o cultivadas. Pero al mismo tiempo que se imparten esos conocimientos

surgen interrogantes tales como: ¿los conocimientos, procedimientos, diseños y técnicas logradas en la selección, se han transferido al sector productivo?; si se han transferido, ¿cuánto de eso se ha traducido en una mayor producción de carne o leche? y, finalmente, ¿de qué otros factores, relacionados con las circunstancias socioeconómicas del país y en particular del sector, dependió la relación entre el mejoramiento genético de forrajeras y la producción animal?

Desde la selección y obtención de nuevos cultivares se siguen aplicando criterios y metodologías cada vez más ajustadas y en la evaluación de los nuevos cultivares se aportan evidencias sobre el progreso genético logrado. Sin embargo, la adopción de los nuevos cultivares resulta todavía escasa mientras que la comprobación del progreso genético en una mayor producción de carne o leche resulta muy difícil de acreditar y es además muy compleja. Los interrogantes del párrafo anterior son aplicables también en este.

SÍNTESIS DEL ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

Los métodos de mejoramiento seguirán siendo los que aplican la genética mendeliana y la genética cuantitativa con distintas combinaciones de ambos, según especies y objetivos. La biología molecular seguirá aportando nuevas y más sofisticadas herramientas para el mejoramiento genético. Y los sistemas productivos agropecuarios serán los que determinen los ajustes necesarios en los criterios de selección de las especies forrajeras.

Si bien desde el punto de vista de los métodos de la genética el panorama y las perspectivas son claras, hay factores socioeconómicos u otros asociados con el manejo adecuado del pastoreo o con la calidad y pureza genética de la semilla, que exceden el objetivo de este trabajo pero que tienen, en algunos casos, más predominio que los atributos de los cultivares selectos y que influyen sobre la elección y la adopción de los nuevos cultivares. Los atributos por los que el cultivar forrajero fue seleccionado, necesitan un manejo adecuado para expresarse. Ese manejo no está estandarizado como en los cultivos de cereales ya que el producto visible y cuantificable (cultivar en la pastura) no se lo ve o aprecia como un producto final o está consociado con otras especies. No es simple cuantificar la producción de carne o

leche como pasa con la producción de granos. Los cultivares de las forrajeras son poblaciones con una base genética amplia que tampoco productivamente generan una diferencia notable en los sistemas de pastoreo corrientes. Esto influye sobre la elección y la adopción de los cultivares de punta o de última generación. Como consecuencia, los productores agropecuarios no exigen, porque no conocen o porque no ven el producto final de un cultivar forrajero mejorado, lo que dificulta la difusión y la adopción de los mejores cultivares.

Sin embargo, para los ambientes ganaderos las forrajeras bajo pastoreo seguirán siendo la base de la dieta de la cría, recria y en parte del engorde de vacunos para carne y de los sistemas lecheros intensificados de base pastoril con suplementación. Con este panorama, los cultivares mejorados tendrán un rol más importante en el futuro por la demanda creciente de tecnología, tanto para hacer más sustentables los sistemas productivos como por la oferta de nuevos cultivares con el aporte de las herramientas moleculares en desarrollo. Sean las especies modelos elegidas para este trabajo u otras con estructuras genéticas similares, el avance es inevitable, aunque los tiempos no sean los mismos con los que la investigación avanza en estas especies ni con los que la adopción de tecnología se da en los grandes cultivos de granos y oleaginosas.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, A. M. (2010) Parámetros genéticos y evaluación agronómica de líneas y multilíneas de cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) Trabajo Final de Graduación, Licenciatura en Genética, Universidad Nacional de Misiones, Argentina.
- Arturi, M. J., M. A. Marchetta, M. A. Rapela y M. M. Mujica (1983). Variabilidad y correlaciones en cebadilla criolla. *Rev. Fac. Agron. La Plata* 59:191-197
- Aulicino, M. B. and M. J. Arturi (2002). Phenotypic Diversity en Argentinean 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.
- Carrete, J. R. (2000). Calidad del forraje de raigras

- anual y cebadilla criolla. En: Reunión anual sobre forrajeras. Verdeos de invierno no tradicionales. EEA Pergamino del INTA. Argentina. 13 de octubre de 2000 pp. 8-15
- Cerono, J. (1993). Variabilidad genética e identificación varietal en *Festuca arundinaceae* Schreb. cultivar El Palenque MAG. Tesis de Maestría. Curso de Postgrado en Mejoramiento Genético Vegetal. INTA-UNR 78 pp.
- Cuyeu A. R., E. M. Pagano., B. Rosso, P. Rimieri, y R. D. Ríos (2009). Caracterización mediante SSR de la variabilidad genética de la colección de *Bromus catharticus* del Banco Activo de Germoplasma de Forrajeras de la EEA INTA Pergamino. Congreso REDBIO, Rosario. 20-24 abril 2009.
- Dudley, J. y R. Moll (1969). Interpretation and use of estimates of heritability and genetics variances to plant breeding. *Crop. Science*: 9: 257 – 262.
- Falconer, D.S. (1989). Introducción a la Genética Cuantitativa. Compañía Editorial Continental. México pp. 383.
- Gallais, A. (1990). Théorie de la Sélection en amélioration des plantes. Masson, Paris. 588 pp.
- Gieco, L. (2002). Caracterización genética y agronómica de genotipos de Cebadilla Criolla (*Bromus catharticus* Vah.) con morfotipos diferentes para delinear criterios de selección. Tesis M.Sc, UNR-INTA, Rosario, Argentina.
- Jain, S.K. (1978). Inheritance of phenotypic plasticity in soft chess, *Bromus mollis* L. (Gramineae). *Cellular and Molecular Life Sciences* 34: 835-836.
- Jain, S. K. and R. W. Allard (1960). Populations studies in predominantly self-pollinated species I. Evidence for heterocigote advantage in a closed population of barley. *Proceeding National Academy of Sciences* 46(10): 1371-1377.
- Mariotti, J. A. (1986). Fundamentos de genética biométrica. Aplicaciones al mejoramiento genético vegetal. Sec. Gral de la O.E.A. Washington, D.C. 152pp.
- Nyquist Wyman E. (1991). Estimation of Heritability and Prediction of Selection Response in Plant Populations. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 10(3) 235-322. (277 citas bibliográficas).
- Puecher, D. I., C.G. Robredo, R. D. Ríos and P. Rimieri (2001). Genetic variability measures among *Bromus catharticus* Vahl. populations and cultivars with RAPD and AFLP markers. *Euphytica* 121: 229–236.
- Scheneiter, O. and P. Rimieri (2001). Herbage accumulation, tiller population density, and sward components of prairie grass under different nitrogen levels. *New Zealand J. of Agric. Research* 44:13-22.
- Silvertown Jonathan W. & Lovett Doust Jonathan (1993). *Introduction to Plant Population Biology*. Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Van Kleunen, M. y M. Fischer (2005). Constraints on the evolution of adaptative phenotypic plasticity in plants. *New Phytologist* 166: 49-60
- Wolff, R., L. Abbott and S. Pistorale. (2001). Reproductive strategy of *Bromus catharticus* Vahl (Cebadilla criolla): Phenotypic plasticity in natural population progenies. *J. Genet.ics & Breeding* 55: 67-74.
- Wolff, R., L. Abbott and S. Pistorale. (2006). Estimation of genetic parameters in *Bromus catharticus* Vahl. *J. of Basic and Applied Genetics*. 17 (1): 51-59

- Received **26/05/2010**

- Accepted **28/06/2010**