

## Producción potencial de semillas por planta en especies de *Bromus* (Sección *Ceratochloa*), en el sudeste de la provincia de Buenos Aires

Alonso, Sara Isabel<sup>1</sup>; María de las Mercedes Echeverría<sup>1,3</sup>; Gabriela Agustina Leofanti<sup>1</sup>; Jorge Alberto Castaño<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias, UNMDP. CC 276 - B7620WAP Balcarce; RN 226 Km 73,5 Balcarce, Provincia de Buenos Aires, Argentina; <sup>2</sup>EEA INTA Balcarce. CC 276 - B7620WAP Balcarce; RN 226 Km 73,5 Balcarce, Provincia de Buenos Aires, Argentina; <sup>3</sup>echeverria.maria@inta.gov.ar

Alonso, Sara Isabel; María de las Mercedes Echeverría; Gabriela Agustina Leofanti; Jorge Alberto Castaño (2016) Producción potencial de semillas por planta en especies de *Bromus* (Sección *Ceratochloa*), en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. Rev. Fac. Agron. Vol 115 (2): 135-142.

En Argentina crecen varias especies de la Sección *Ceratochloa* del género *Bromus*, que se destacan por su producción de forraje invierno-primaveral. El valor de estos recursos nativos ha incentivado la colecta de semillas de diferentes poblaciones las que se conservan en Bancos de Germoplasma para su eventual utilización en la obtención de variedades de alta producción de forraje y/o semilla, previa evaluación de sus características. Con el objetivo de determinar la producción potencial de semillas por planta mediante los componentes de rendimiento, se cultivaron en Balcarce 10 poblaciones pertenecientes a *B. bonariensis*, *B. coloratus*, *B. parodii* y *B. catharticus* (variedades: *catharticus*, *rupestris* y *elata*), y dos cultivares (Gato y Volcán), según un diseño en bloques completos con n=4 y 12 plantas/parcela. Se registraron el número de panojas/planta, de espiguillas/panoja y de flores/espiguilla, y se estimó el número potencial de semillas por panoja y planta, peso de 1000 semillas y rendimiento (g/panoja y g/planta). Se realizó análisis de la varianza y comparación de tratamientos con DMS ( $p < 0,05$ ). Los materiales genéticos no difirieron en el número de semillas/panoja ante la compensación establecida entre los componentes de esa variable, pero sí a nivel planta, debido principalmente a la cantidad diferencial de panojas/planta. Hubo compensación entre peso y número de semillas, pero igualmente los materiales presentaron diferencias en rendimiento (g) Éste fue mayor en los cultivares y en dos poblaciones silvestres pertenecientes a *B. bonariensis* y a *B. catharticus* var. *catharticus*, las que constituyen materiales promisorios para su inclusión en planes de mejoramiento.

**Palabras clave:** cebadillas, evaluación, poblaciones, rendimiento, variabilidad.

Alonso, Sara Isabel; María de las Mercedes Echeverría; Gabriela Agustina Leofanti; Jorge Alberto Castaño (2016) Potential seed production per plant in species of *Bromus* (Section *Ceratochloa*) at southeast of Buenos Aires province. Rev. Fac. Agron. Vol 115 (2): 135-142.

Several species of the genus *Bromus*, Section *Ceratochloa*, grow in Argentina. They have an exceptional winter-spring forage production. The value of these native resources has encouraged the collection of seeds from different populations. After assessing their characteristics, these seeds are conserved in germplasm banks for their eventual use to obtain high-yield forage and/or seed varieties. The objective of this study was to determine the potential seed production per plant based on the evaluation of yield components. Ten populations of *B. bonariensis*, *B. coloratus*, *B. parodii*, and *B. catharticus* (varieties: *catharticus*, *elata*, and *rupestris*), and two cultivars (Gato and Volcan) were grown in Balcarce, applying a randomized complete block design with n = 4 and 12 plants/plot. The number of panicles/plant, spikelets/panicle, and flowers/spikelet were recorded, and the potential number of seeds per panicle and per plant, the weight of 1000 seeds, and the potential yield were estimated. The data were analyzed using ANOVA followed by an LSD test ( $p < 0,05$ ). Genetic materials did not differ in number of seeds/panicle due to the established compensation between the components of that variable. However, there were differences at the plant level, mainly due to the differential amount of panicles/plant. Despite the compensation between weight and number of seeds, the materials presented differences regarding the potential yield of seed/plant (g). The yield was higher for the cultivars and two wild populations belonging to *B. bonariensis* and *B. catharticus* var. *catharticus*, which constitute promising materials to be included in plant breeding programs.

**Key words:** brome grasses, assessment, populations, yield, variability

Recibido: 14/11/2014

Aceptado: 28/06/2016

Disponible on line: 15/12/2016

ISSN 0041-8676 - ISSN (on line) 1669-9513, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina

## INTRODUCCIÓN

El género *Bromus* reúne aproximadamente 150 especies distribuidas en África, Asia, Europa y América (Williams et al., 2011), pero en la Argentina, entre nativas y naturalizadas, están presentes sólo 29 especies pertenecientes a cinco de las siete Secciones en que se divide el género (Gutiérrez y Pensiero, 2012). La Sección *Ceratochloa* (Beauv.) Griseb., agrupa especies nativas anuales, bienales o perennes, con panojas laxas o comprimidas y espiguillas pediceladas, comprimidas, carenadas, con 6-9 ( $\pm 3$ ) antecios (Gutiérrez & Pensiero, 1998). Sin embargo, no en todos los antecios se forman semillas ya que las flores de los antecios superiores son estaminadas en el género *Bromus*, (Gutiérrez & Pensiero, 2012).

Varias especies de esta Sección son conocidas como “cebadillas” y constituyen recursos forrajeros de producción invierno-primaveral, destacados por su capacidad de macollaje, calidad nutritiva, capacidad de fructificar en condiciones de pastoreo intensivo, facilidad de resiembra y tolerancia a condiciones de sequía (Cámara Hernández, 1970; Ruiz et al. 1995; Maddaloni & Ferrari, 2001; Rosso, 2001; Gutiérrez & Pensiero, 2012). Estos recursos se distribuyen tanto en zonas húmedas como áridas, desde el nivel del mar hasta la zona cordillerana, en las regiones patagónica y pampeana (Cámara Hernández, 1970; Nicora, 1978). En la provincia de Buenos Aires, crecen de manera espontánea las siguientes “cebadillas” de la Sección *Ceratochloa*: “serrana” (*B. bonariensis* Parodi & Cámara), “intermedia” (*B. parodii* Covas & Itria), “pampeana” (*B. catharticus* var. *rupestris* (Speg.) Planchuelo & Peterson) y “criolla” (*B. catharticus* var. *catharticus* Vahl.) (Alonso, 2008; Gutiérrez & Pensiero, 2012). Esta última variedad y la “cebadilla perenne” (*B. catharticus* var. *elata* (E. Desv.) Planchuelo (= *B. valdivianus* Phil.; *B. stamineus* Desv., *B. cebadilla* Steud.), han sido domesticadas y son empleadas en la región bonaerense como verdeos de invierno o en pasturas consociadas (Maddaloni & Ferrari, 2001; Rosso et al., 2007; INASE, 2011). La “cebadilla perenne” es nativa de la región patagónica, al igual que *B. coloratus* Steud., que es otro recurso nativo, también considerado con potencial forrajero (Gutiérrez & Pensiero, 2012).

El valor de estos recursos forrajeros ha motivado la recolección de semillas de diferentes poblaciones y ambientes, para su introducción y conservación en Bancos de Germoplasma y la posterior descripción de sus características (Rosso, 2001; Alonso, 2008; Ferreyra, 2008; Rosso et al., 2009a, b; Barcellini, 2010; Leofanti, 2010; Despósito, 2011). La caracterización y evaluación de germoplasma forrajero permite conocer la variabilidad y el valor agronómico de los materiales genéticos, posibilitando la selección de los más promisorios para la obtención de variedades de alta producción y calidad de forraje y/o de semilla (Abadie & Berretta, 2001; Abbot & Pistorale, 2010). Las evaluaciones iniciales de las introducciones de germoplasma generalmente se efectúan sobre plantas aisladas, sin competencia, lo cual no permite establecer el nivel productivo real que cada material tendría bajo condiciones de cultivo convencionales, aunque sí posibilita estimar su potencial a través de los

componentes del rendimiento (Tyler et al., 1987; Abadie & Berretta, 2001).

En gramíneas, el número potencial de semillas por planta está determinado principalmente por tres componentes básicos que son el número de inflorescencias por planta, el de espiguillas por inflorescencia y el de flores con capacidad de formar semilla por espiguilla. Sin embargo, la contribución relativa de estos componentes puede estar afectada por el manejo, las características ambientales propias de la localidad durante la formación de las semillas, así como por la disponibilidad de asimilados para la formación y llenado de los granos (Gillet, 1984; Dell'Agostino, 2001; Ruiz & Covas, 2004; Abbot et al., 2007; van Oosterom et al., 2006; Abbot & Pistorale, 2010). Si además del número de semillas por planta se considera el peso de las semillas, se puede estimar el rendimiento potencial por planta (Pujol Palol, 1998; Castaño, 2005). El rendimiento de semilla o los componentes del mismo, han sido evaluados en diferentes especies de *Bromus* de la Sección *Ceratochloa*, pero en pocos casos se analizaron esas características en forma comparativa en el mismo ambiente, entre dos o más especies o variedades botánicas (Naranjo, 1985; Covas & Ruiz, 1999; Ferreyra, 2008).

El objetivo de este trabajo fue determinar para el SE bonaerense, el rendimiento potencial de semillas por planta a través de sus componentes, en poblaciones silvestres y cultivares de diferentes *Bromus* de la Sección *Ceratochloa*. La experiencia se realizó en el marco de un proyecto mayor tendiente a la descripción de los materiales genéticos del género *Bromus* de la Sección *Ceratochloa*, conservados en el Banco de Germoplasma BAL de E.E.A. INTA Balcarce, para su posible utilización en la obtención de variedades forrajeras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó germoplasma de 12 introducciones, consistentes en 10 poblaciones silvestres pertenecientes a *Bromus bonariensis* (Bon); *B. coloratus* (Col), *B. parodii* (Par) y *B. catharticus* de las variedades *catharticus* (Cat), *rupestris* (Rup) y *elata* (Ela), y los cultivares Gato y Volcán, de Ela y Cat, respectivamente (Tabla 1).

Las semillas de cada material se sembraron en plantineras a mediados de otoño de 2008 y en junio se implantó un ensayo a campo siguiendo un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA) con cuatro repeticiones, sobre un suelo Argiudol típico de alta aptitud agrícola, perteneciente a la EEA Balcarce, INTA (37°45' S; 58°18' O; 130 msnm). Para ello se emplearon 20 plántulas por material y parcela, las que se trasplantaron en forma aislada formando una hilera, con una distancia entre plantas de 30 cm dentro de la hilera y de 40 cm entre hileras. Se efectuó un riego al trasplante hasta alcanzar capacidad de campo, y desmalezados periódicos en forma manual.

Las condiciones climáticas para la localidad de Balcarce se analizaron a través de la temperatura media mensual (°C) y la precipitación mensual acumulada (mm), desde agosto a diciembre de 2008, y

se utilizaron los registros de la década 1995-2005 para estimar el promedio histórico de esas variables (INTA, 2014). El número de panojas por planta (N-Pan) se estimó en base al número de macollos reproductivos promedio de 10 plantas por parcela, a fin de noviembre del año de implantación. En plena floración, pero previo a madurez total para evitar el desgrane, se cosechó la panoja más desarrollada en 15 plantas por parcela, y sobre ellas se estableció el número de espiguillas por panoja (N-Esp). De cada una de las 15 inflorescencias se extrajeron 5 espiguillas para registrar el número total de flores por espiguilla (N-FT), sin discriminar entre hermafroditas y masculinas. Se estimó el número de flores potencialmente formadoras de semillas por espiguilla como  $N-Flo = N-FT \cdot 0,8$ , factor correspondiente a la relación número de semillas llenas/número de flores totales, estimado para poblaciones de "cebadilla criolla" (Abbott *et al.*, 2007). El número potencial de semillas por panoja (N-SPan) y por planta (N-SPla) se calcularon como  $N-SPan = N-Esp \cdot N-Flo$ , y  $N-SPla = N-SPan \cdot N-Pan$ .

Tabla 1. Materiales genéticos empleados y especies de *Bromus* a las que pertenecen.

Material genético	Especie o variedad botánica
Rup-23	<i>B. catharticus</i> var. <i>rupestris</i>
Rup-24	<i>B. catharticus</i> var. <i>rupestris</i>
Cat-Volcán	<i>B. catharticus</i> var. <i>catharticus</i>
Cat-4	<i>B. catharticus</i> var. <i>catharticus</i>
Cat-8	<i>B. catharticus</i> var. <i>catharticus</i>
Cat-17	<i>B. catharticus</i> var. <i>catharticus</i>
Ela-Gato	<i>B. catharticus</i> var. <i>elata</i>
Ela-403	<i>B. catharticus</i> var. <i>elata</i>
Bon-11	<i>B. bonariensis</i>
Bon-19	<i>B. bonariensis</i>
Col-252	<i>B. coloratus</i>
Par-15	<i>B. parodii</i>

El peso de 1000 semillas (Pe) se determinó sobre una muestra cosechada a fin de diciembre, sobre panojas maduras de al menos 45 plantas por material, mediante el peso promedio de cuatro muestras de 100 semillas llenas, y su extrapolación a peso de 1000 (g). El rendimiento en gramos de semilla por panoja y por planta, se obtuvieron como  $R-SPan = N-SPan \cdot Pe / 1000$  (g) y  $R-Pla = N-SPla \cdot Pe / 1000$  (g), respectivamente. Los datos por planta se promediaron por parcela a fin de someterlos a un análisis de la varianza considerando un diseño en BCA con  $n = 4$ ; las medias de tratamientos se compararon mediante la diferencia mínima significativa ( $\alpha = 0,05$ ). Se efectuaron correlaciones entre variables en base a los promedios por parcela ( $\alpha = 0,05$ ;  $gl = 38$ ). Todos los análisis se efectuaron empleando el paquete estadístico (SAS, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la localidad de Balcarce, desde agosto a octubre de 2008 se registraron temperaturas similares a las del promedio de la serie 1995-2005, pero en noviembre y diciembre resultaron 2 a 3 °C superiores (Tabla 2). En la misma Tabla se observa que en todos los meses de 2008 las precipitaciones fueron menores a las de la mencionada serie, contabilizando una diferencia de 270 mm desde agosto a diciembre. Durante el estadio vegetativo las temperaturas resultaron las típicas de la zona, y sólo ligeramente más cálidas en el estadio reproductivo. Sin embargo, las menores precipitaciones determinaron condiciones de déficit hídrico en relación al promedio zonal. En la etapa vegetativa, la menor provisión de agua fue probablemente atemperada con el riego realizado al trasplante, pero no fue así durante las etapas de elongación y formación de estructuras reproductivas, las que según Barcellini (2010), se iniciaron a partir de octubre.

Tabla 2. Temperatura media mensual y precipitación mensual acumulada en Balcarce, para los meses de agosto a diciembre de 2008 y el promedio de la década 1995-2005.

Meses	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Temperatura media mensual (°C)					
1995/2005	9,36	10,64	13,82	16,70	18,92
2008	8,83	11,11	13,85	19,76	20,65
Precipitación mensual acumulada (mm)					
1995/2005	91,83	59,68	112,35	117,40	82,05
2008	70,6	19	28,6	53,4	30,6

### Componentes del número de semillas por planta

El número total de flores (N-FT) varió aproximadamente entre 6 y 8 por espiguilla, y presentó un CV bajo (Tabla 3). A pesar del breve rango observado entre promedios, se detectaron diferencias entre materiales; los de menor N-FT fueron las poblaciones de Par y Col con 5,9 antecios, en contraposición con dos poblaciones silvestres de Cat, que superaron los 7 antecios. Los cultivares no difirieron entre sí ni con la mayoría de las poblaciones, excepto con Cat-4. En Gramíneas, el número de flores por espiguilla es típico de cada especie y si bien en espiguillas plurifloras no es constante, la variación suele ser escasa. Para las especies involucradas en este estudio, Gutiérrez & Pensiero (1998) reportaron entre 6 y 9 antecios totales por espiguilla, dependiendo de la especie, con una variación de 2 a 3 flores, por lo que los registros obtenidos de N-FT quedan comprendidos dentro del rango general. Si bien el N-FT sobrestima el número potencial de semillas por planta, porque algunos antecios portan flores estaminadas (Gutiérrez & Pensiero, 2012), permite calcular el número de flores potencialmente formadoras de grano por espiguilla (N-Flo), al establecer la relación entre semillas

desarrolladas y antecios o flores presentes. Al afectar N-FT por la constante de corrección, el número de N-Flo disminuye, pero las diferencias entre materiales se mantienen (Tabla 3).

La cantidad de espiguillas (N-Esp) varió entre materiales entre 26,1 y 37,9 por inflorescencia, aunque esas diferencias absolutas no resultaron significativas probablemente por la alta variación registrada entre unidades experimentales (CV = 22,1%). Menores valores de N-Esp que los registrados en el presente trabajo fueron reportados por Ferreyra (2008) en poblaciones de Rup (11 a 29 espiguillas) y también por Naranjo (1985), en Par y Bon, con 20 y 10 espiguillas, respectivamente. En cambio, a lo largo de tres años de evaluación de genotipos de Cat, Abbot & Pistorale (2010), reportaron promedios similares o mayores a los de Balcarce, de 37 espiguillas en el año de implantación y 40 en los años posteriores. También Despósito (2011), observó promedios más altos en el segundo año de cultivo de los materiales evaluados en el presente trabajo; este autor comprobó la variación entre años en la mayoría de los materiales, y registró un rango de 28 a 45 espiguillas por panoja. El incremento en el segundo año probablemente fue debido a que las condiciones climáticas imperantes fueron más favorables que en el año de implantación, sumadas al mayor tamaño de las plantas. Las diferencias ambientales debidas tanto al sitio de cultivo como al estado de desarrollo de las plantas, pueden determinar una respuesta fenotípica diferencial de los materiales que interfiere en la detección de materiales superiores, especialmente si el número de registros por material es bajo (van der Wouw *et al.*, 1999). Estos autores mencionan que con un adecuado número de

repeticiones o de registros por repetición que mejoren la precisión de las estimaciones, la selección de materiales promisorios en fases tempranas del proceso de evaluación sería factible, ya que al menos en cebadilla criolla, el N-Esp es un carácter de alta heredabilidad (Abbot & Pistorale, 2010).

El número potencial de semillas por panoja (N-SPan) presentó un CV=25,04 %, y si bien los materiales presentaron promedios comprendidos entre 120 y 195 semillas, no difirieron significativamente ( $p>0,05$ ). El carácter N-SPan se estimó en base a los componentes N-Flo y N-Esp, con quienes presentó correlación positiva y significativa, pero más elevada con N-Esp ( $r=0,85$ ) que con N-Flo ( $r=0,54$ ). Dado que la variación de los componentes fue intermedia y alta, respectivamente, era esperable un alto CV para N-SPan, máxime por tratarse de una característica afectada por el ambiente (Abbott & Pistorale, 2010). La ausencia de diferencias significativas podría deberse a la variación detectada en el ensayo y a la compensación entre los componentes del N-SPan. Tal compensación ha sido mencionada para otras gramíneas por Lorenzetti (1993) y Evans (1998), y en este trabajo determinó que materiales de bajo N-Flo, como Col-15, lograsen mayor N-SPan que los cultivares y que varias poblaciones, gracias al alto N-Esp, o el caso contrario, como se observó en Bon-11.

A nivel de planta, el número de panojas (N-Pan) difirió significativamente entre materiales siendo mayor en Ela-Gato y Bon-19, con más de 20 panojas por planta (Tabla 3). Por otra parte, varias poblaciones de diferentes especies (Par, Col, Ela, Cat y Rup) presentaron menos de 15 panojas por planta, mientras

Tabla 3. Promedios de cada material, media general, valores *p* del ANOVA y coeficiente de variación (CV), para caracteres relacionados con número potencial de semillas por panoja y peso de 1000 semillas, en 10 poblaciones y dos cultivares de *Bromus* cultivados en Balcarce. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (DMS;  $\alpha=0,05$ ).

Materiales	N-FT	N-Flo	N-Esp	N-Pan	N-Span	N-Spla	Pe (g)
Bon-11	7,0 abc	5,6 abc	32,7	10,2 cd	183	1867 cde	6,8 f
Bon-19	6,5 bcd	5,2 bcd	28,0	20,5 b	146	2993 ab	10,7 a
Rup-23	6,0 bcd	4,8 bc	32,9	15,7 c	158	2481 bcd	9,6 bc
Rup-24	6,9 abcd	5,6 abc	31,0	15,5 c	171	2651 bcd	9,4 bcd
Cat-Volcán	6,7 bcd	5,4 bcd	31,6	17 bc	169	2877 bc	10,6 a
Cat-4	7,9 a	6,3 a	30,7	14,7 c	194	2852 bc	9,2 cd
Cat-8	6,1 bcd	4,8 bcd	29,5	15,1 c	144	2181 bcde	10,7 a
Cat-17	7,1 ab	5,6 abc	33,7	14,4 cd	191	2750 bcd	11,1 a
Ela-Gato	6,9 bcd	5,5 bcd	31,9	25,5 a	176	4485 a	7,9 e
Ela-403	6,5 bcd	5,2 bcd	29,4	9,4 e	153	1438 de	10,7 a
Col-252	5,9 d	4,7 d	37,9	13,7 cd	179	2452 bcd	10,3 ab
Par-15	5,9 d	4,7 d	26,1	10,3 de	123	1267 e	8,6 de
Media	6,6	5,3	31,3	15,03	166	2525	9,63
<i>p</i>	0,031	0,031	0,68ns	<0,0001	0,39ns	<0,0001	<0,0001
CV (%)	11,3	11,3	22,1	20,6	25,04	33,8	6,2

que el cv. Volcán y otros materiales de Cat y Rup formaron parte del grupo intermedio. En este trabajo, el rango entre materiales de Cat fue de 14,4 a 17 inflorescencias por planta, mientras que en Balcarce, Ferreyra (2008) sólo contabilizó 10 macollos reproductivos por planta en esa variedad botánica. En cambio en poblaciones de Rup registró un rango de 10 a 33 macollos reproductivos, promedios que coinciden con registros bajos e intermedios del rango observado en este trabajo. Si bien las determinaciones de Ferreyra (2008) se realizaron en la misma localidad que el presente trabajo y bajo condiciones hídricas similares, las diferencias entre promedios serían principalmente genéticas ya que las poblaciones empleadas no fueron las mismas.

El número potencial de semillas por planta (N-SPla), presentó diferencias significativas entre materiales, cuyos promedios estuvieron comprendidos entre 1267 y 4488 semillas (Tabla 3 y Figura 1). La correlación de N-SPla con las variables que la determinan resultó en ambos casos positiva y significativa, aunque mayor con N.Pan ( $r=0,84$ ) que con N.SPAn ( $r= 0,6$ ). Las diferencias se detectaron entre los cultivares y entre especies y, en algunos casos entre materiales dentro de especie o de variedad botánica. El mayor N-SPla fue logrado por Ela-Gato y Bon-19, los que presentaron mayor N-Pan combinados con valores intermedios a bajos de N-SPAn. La población Col-252 presentó similar cantidad de N-SPAn que Ela-Gato, pero al tener menos panojas, también fue menor la cantidad de semillas por planta. La complementación entre componentes también determinó un bajo N-SPla en Ela-403, Bon-11 y Par-15. Las diferencias observadas en la producción potencial de semillas a nivel de planta tendrían entonces mayor explicación en las diferentes cantidades de panojas por planta ( $r=0,9$ ) entre materiales, más que en la cantidad de semillas por panoja ( $r=0,6$ ). Los materiales silvestres más promisorios por su elevado N-SPla serían Bon-19, con

más de 2900 semillas potenciales, y luego Rup-23, Rup-24, Cat-4 y Cat-17 con aproximadamente 2500-2700 semillas potenciales por planta.

En cebadilla criolla Abbott *et al.* (2007) estimaron un promedio general de aproximadamente 1700 semillas llenas por planta, mientras que el promedio entre los cuatro materiales de Cat en el presente trabajo, fue de 2700 semillas potenciales por planta. Este registro es mayor al presentado por el anterior autor, lo que se debería a varias causas, como la sobrestimación del número de flores potenciales realizada sobre el número de semillas llenas, las diferencias en los genotipos involucrados y las condiciones ambientales de cada sitio de experimentación, que tienen influencia tanto en el número de panojas como en la determinación del número de estructuras reproductivas de cada inflorescencia (Gillet, 1984; Pujol Palol, 1998).

#### Rendimiento de semillas por planta

El peso de 1000 semillas (Pe) varió entre materiales desde 6,8 a 11,1 g, diferencias que resultaron significativas (Tabla 3). En base al Pe se diferenciaron tres grupos de introducciones: con Pe mayores de 10,5 g, entre 9 y 10,3 g y, menores de 9 g. Los materiales con mayor Pe fueron el cv. Volcán y varias poblaciones silvestres (Tabla 3), mientras que al cv. Gato no solo difirió del cv. Volcán, sino que presentó el menor peso de 1000 semillas. Como este cultivar fue el de mayor N-SPla se podría pensar que su menor Pe se debió a la compensación por la alta producción de semillas. Sin embargo, para el conjunto de materiales, no se observó correlación entre dichas variables ( $r = -0,01$ ), como tampoco entre Pe y el resto de las variables analizadas. Lo anterior indicaría baja posibilidad de encontrar introducciones con alto N-SPla y alto Pe; sin embargo, las poblaciones Bon-19 y Cat-17 (Figura 1 y Tabla 3), podrían considerarse como promisorias en planes de mejora tendientes a la obtención de variedades de alto rendimiento en peso de semillas.

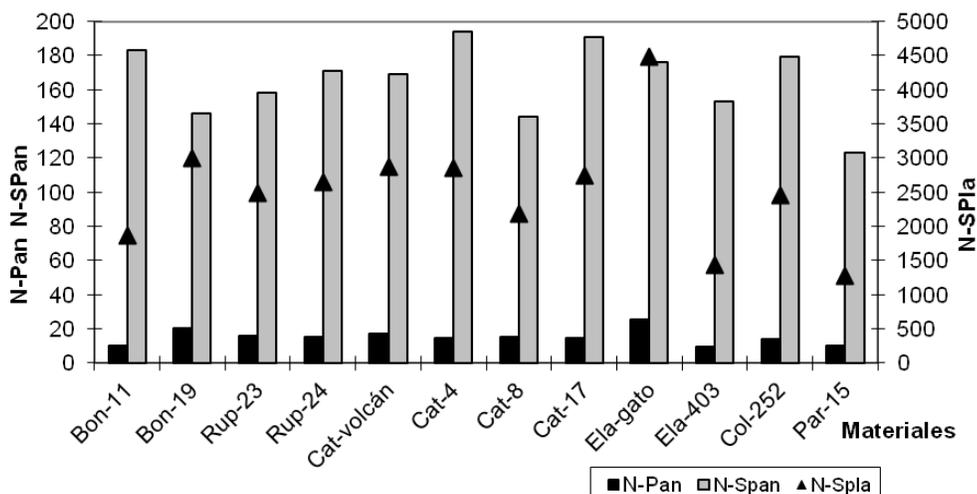


Figura 1. Número de panojas (N-Pan) y de semillas por panoja (N-SPAn) y por planta (N-SPla), en 10 poblaciones y dos cultivares de *Bromus* cultivados en Balcarce.

Al considerar el rendimiento potencial de semilla en gramos por planta (R-SPla), se detectaron diferencias entre materiales (Figura 2); la correlación con los componentes del rendimiento resultó positiva con Pe ( $r=0,26$ ) y N-SPla ( $r=0,96$ ), pero sólo significativa en este último caso. Sólo cuatro materiales presentaron un rendimiento superior a 30 g de semilla por planta, aunque no se diferenciaron de los otros cinco con R-SPla entre 23-30 g, pero sí del resto. Entre los de mayor rendimiento por planta se encontraron los cultivares, lo que era esperable porque han sido seleccionados por su aptitud para producir estructuras vegetativas y/o semilla, y también las poblaciones silvestres, ya mencionadas como promisorias (Bon-19 y Cat-17). El alto rendimiento de semilla ha sido logrado en unos casos por la alta producción potencial de semilla (cv. Gato), en otros por su destacado peso de 1000 semillas (cv. Volcán y Cat-17) o por ambas características (Bon-19). En el otro extremo se encuentran las poblaciones Bon-11, Ela-403 y Par-15, con menos de 20 g de semilla por planta.

La mayoría de los materiales de esta experiencia fueron evaluados posteriormente por Despósito (2011), quien corroboró los mayores rendimientos de semilla por planta en Bon-19 y Cat-17, pero el comportamiento de los cultivares no resultó tan elevado. Balocchi *et al.* (2001) reportaron para *B. catharticus* var. *elata* valores extremos entre materiales de 12 a 35 g de semilla por planta, los que son similares a los estimados en este trabajo para esa variedad. En relación a las poblaciones silvestres de Cat, el rendimiento de semilla varió entre 27 y 32 g por planta, valores mayores a los reportados en la misma variedad por Rosso (2001) y Rosso *et al.* (2009a; 2009b), quienes en Pergamino obtuvieron un rendimiento de semilla de 25,9 g y 19,7 g por planta, respectivamente. Las diferencias entre estos trabajos podrían explicarse a través de varios factores tales como el genotipo, las condiciones ambientales de cada localidad, y principalmente a que esos autores se refieren a rendimiento real y no a una estimación

potencial. Ésta puede reducirse considerablemente bajo condiciones estándar de cultivo (Castaño, 2005), como fuera observado en *Bromus auleticus* (Ruíz & Covas, 2004), ya que la competencia por espacio, luz, agua y nutrientes es más alta, y además, porque por diversos factores, no todas las flores hermafroditas presentes lograrán formar una semilla.

Si se considera que de acuerdo al sistema de plantación empleado en este trabajo, en una hectárea se contaría con aproximadamente 82.600 plantas, el rendimiento potencial variaría entre materiales, entre 900 (Par-15) y 3.000 kg/ha. (Bon-19). Si bien no se trataría de los mismos genotipos ni condiciones ambientales, estas estimaciones de rendimiento de semilla por hectárea no se alejan demasiado de las reportadas por otros autores. Así, en La Pampa, Covas & Ruiz (1999) obtuvieron rendimientos muy diversos, del orden de los 87 a los 875 kg/ha para cebadilla pampeana, y de 1278 a 2619 kg/ha para cebadilla criolla. Para el sudeste bonaerense en cambio, se han reportado rendimientos de semilla de 2000 kg/ha para cultivos comerciales de cebadilla criolla (Castaño, 2005) y de 3500 kg en ensayos con fertilización nitrogenada (Castaño, 1996). Por su parte Dell'Agostino & Defaccio (2011) informaron rendimientos del orden de los 4000 kg/ha en Pergamino.

En este trabajo se detectó variabilidad para diferentes caracteres reproductivos determinantes de la producción de semillas por planta. En casi todas las variables las diferencias se establecieron tanto entre materiales de la misma especie, como entre diferentes especies. En algunos casos la amplia variación de las unidades experimentales no permitió la detección de diferencias entre materiales. Para esos caracteres sería aconsejable incrementar el número de registros por parcela a fin de mejorar la precisión de las estimaciones. Por otra parte, dada la influencia del ambiente sobre la expresión de los caracteres reproductivos, se aconseja evaluar los materiales en diferentes ambientes (sitios y/o años), para establecer la potencialidad de los mismos.

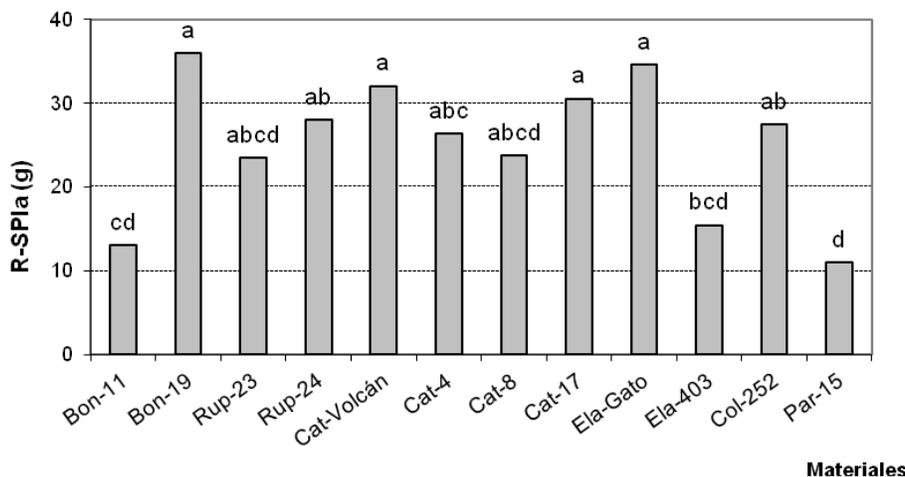


Figura 2. Rendimiento potencial de semilla por planta (R-SPla, g/planta), en 10 poblaciones y dos cultivares de especies de *Bromus*.

## CONCLUSIONES

El número de semillas potenciales por planta varió entre entradas como consecuencia de las diferencias en el número de panojas producidas (N-Pan), más que por el número de semillas potenciales que presentaban por panoja. El cv. Gato produjo la mayor cantidad de semillas por planta, y si bien no difirió de la obtenida por Bon-19, superó al cv. Volcán, a las poblaciones de cebadilla criolla y a la de su misma variedad (Ela-403). Sin embargo, al considerar el rendimiento de semilla (g/planta) se destacaron ambos cultivares y dos poblaciones silvestres, una perteneciente a *B. bonariensis* (Bon-19) y otra a *B. catharticus* var. *catharticus* (Cat-17), los que resultan materiales promisorios para considerar en planes de mejoramiento. Si bien los resultados aportados se refieren a rendimientos potenciales obtenidos sobre plantas aisladas y no bajo condiciones convencionales de cultivo, los mismos contribuyen a determinar cuáles son los componentes del rendimiento que más incidieron en la producción de semillas en materiales de especies de *Bromus* de la Sección *Ceratochloa*, así como a la detección temprana de germoplasma promisorio.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Mar del Plata por el subsidio otorgado a los proyectos AGR247 (15/A247), AGR384 (15/A384) y AGR449 (15/A448) y al estudiante Agustín Osa por su colaboración en la recolección de datos.

## BIBLIOGRAFIA

**Abadie, T. & A. Berretta.** 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. En: Berretta, T. & Rivas, M. (coord.). Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. PROCISUR, Montevideo, Uruguay. pp. 89-97.

**Abbott, L.A. & S.M. Pistorale.** 2010. Determinación de componentes de la varianza y heredabilidad en cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.). Agriscientia 27 (2):115-123.

**Abbott, L.A., S.M. Pistorale & O.S. Filippini.** 2007. Análisis de coeficientes de sendero para el rendimiento de semillas en *Bromus catharticus*. Ciencia e Investigación Agraria 34 (2): 141-149.

**Alonso, S.I.** 2008. Distribución y estado del germoplasma de pasto miel y las cebadillas en la provincia de Buenos Aires. Revista Argentina de Producción Animal 28 (Sup.): 376-377.

**Balocchi, I.O., V.J.M. Caballero & R.R. Smith.** 2001. Caracterización y variabilidad agronómica de 125 ecotipos de *Bromus valdivianus* Phil. recolectados en la provincia de Valdivia. Agro Sur 29(1): 64-77.

**Barcellini, L.** 2010. Evaluación de poblaciones de *Bromus* spp. (Sección *Ceratochloa*). II. Nivel de ploidía y Fenología. Trabajo de Graduación en Ingeniería Agronómica. Facultad Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 34 pp.

**Cámara Hernández, J.** 1970. *Bromus*. En: Cabrera, A. L. (ed.). Flora de la provincia de Buenos Aires.

Colección Científica. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina. Tomo 4, Parte 2, pp. 85-101.

**Castaño, J.A.** 1996. Producción de semilla de cebadilla criolla (*Bromus catharticus*): fertilización nitrogenada. Revista Argentina de Producción Animal 16 (Sup): 222.

**Castaño, J.A.** 2005. Producción de semilla de gramíneas forrajeras en el sudeste bonaerense. Materiales Didácticos N° 10. INTA. 77 pp.

**Covas, G.F. & M.A. Ruiz.** 1999. Producción de forraje y semilla de tres especies de *Bromus*. Revista de la Facultad de Agronomía, UN La Pampa 10(1): 1-9.

**Dell' Agostino, E.** 2001. Producción de semillas de especies forrajeras templadas. En: Maddaloni, J. & Ferrari, L. (eds.). Forrajeras y pasturas del ecosistema Templado Húmedo de la Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Lomas de Zamora, Argentina. pp. 407-457.

**Dell' Agostino, E. & C.I. Defaccio.** 2011. Efecto del regulador de crecimiento trinexapac-etil en la producción de semilla de cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl) en Pergamino. Análisis de Semillas tomo 5, volumen 2, N°18: 51-52.

**Despósito, C.D.** 2011. Afinidad interespecífica y componentes del área foliar y del número potencial de semillas en especies bonaerenses de *Bromus* spp. Tesis *Magister Scientiae*. Facultad Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 106 pp.

**Evans, L.T.** 1998. Feeding Ten Billion: Plants and Population Growth. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 264 pp.

**Ferreira, M.** 2008. Caracterización morfológica, agronómica y molecular de poblaciones de *Bromus brevis* Ness. Tesis *Magister Scientiae*. Facultad Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 152 pp.

**Gillet, M.** 1984. Las gramíneas forrajeras. Acribia, Zaragoza, España. 355 pp.

**Gutiérrez, F.H. & J.F. Pensiero.** 1998. Sinopsis de las especies argentinas del género *Bromus* (Poaceae). Darwiniana 35 (1-4): 75-114.

**Gutiérrez, F.H. & J.F. Pensiero.** 2012. *Bromus* L. En: Zuloaga, F.O.; Rúgolo Z.E. & Anton, A.M. (eds.) Flora Argentina. Flora vascular de la República Argentina. Córdoba, Argentina. 3 (2): 33-56.

**INASE.** 2011. Instituto Nacional de Semillas. Catálogo Nacional de cultivares [en línea] <<http://www.inase.gov.ar>> [consulta: 09/03/2011].

**INTA.** 2014. Información Agrometeorológica EEA INTA-Balcarce. [en línea] <<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/meteoro.htm>> [consulta: de 15 de octubre de 2014].

**Leofanti, G.A.** 2010. Evaluación de poblaciones de *Bromus* spp. (Sección *Ceratochloa*). I- Variabilidad en tamaño foliar y número de macollos. Trabajo de Graduación en Ingeniería Agronómica. Facultad Ciencias Agrarias, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 39 pp.

**Lorenzetti, F.** 1993. Achieving potential seed yields in species of temperate regions in grasslands of our World. In M. J. Barker (ed.). SIR Publishing New Zealand. pp. 644-651.

**Maddaloni, J. & L. Ferrari.** 2001. Cebadilla Criolla. En: Maddaloni, J. & Ferrari, L. (eds.) Forrajeras y pasturas del ecosistema Templado Húmedo de la Argentina.

Facultad de Ciencias Agrarias. UN Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina. pp. 143-154.

**Naranjo, C.A.** 1985. Estudios citogenéticos, bioquímicos y sistemáticos en algunas especies americanas del género *Bromus* (GRAMINEAE). Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UN Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. 219 p.

**Nicora, E.G.** 1978. Gamineae. En: Correa, M.N. (ed.). Flora Patagónica Parte III. Colección Científica del INTA 8:1-563.

**Pujol Palol, M.** 1998. Gramíneas Aplicaciones Agronómicas. 1ª Edición. Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya, 224 pp.

**SAS.** 2001. SAS Institute. SAS/STAT Software: release 8.02. SAS Institute Inc. USA.

**Rosso, B.S.** 2001. Colecta y caracterización de cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) en la región central de Argentina. En: PROCISUR Diálogo LVI: Los Recursos Fitogenéticos del Género *Bromus* en el Cono Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 99-101.

**Rosso, B.S., J.A. Castaño & J.O. Scheneiter.** 2007. Acumulación de forraje de *Bromus catharticus* y *Bromus stamineus* en Pergamino y Balcarce. Revista Argentina de Producción Animal 27(Sup): 168-169.

**Rosso, B.S., J.A. Castaño, J. Traverso & J.O. Scheneiter.** 2009a. Evaluación de germoplasma del género *Bromus* en tres sitios de la región pampeana argentina. Revista Argentina de Producción Animal 29 (1): 27-35.

**Rosso, B.S., E. Pagano, P. Rimieri & R. Rios.** 2009b.

Characteristics of *Bromus catharticus* Vahl (Poaceae) natural populations collected in the central area of Argentina. Scientia Agricola 66(2): 276-279.

**Ruiz, M.A. & G.F. Covas.** 2004. Producción de Semilla de *Bromus auleticus* Trin. ex Ness. Momento de fertilización y distanciamiento entre hileras. Revista de Investigación en Agronomía 33(1): 47-58.

**Ruiz, M.A., R.D. Ernst, G.F. Covas & F.J. Babinec.** 1995. Variabilidad en *Bromus brevis* Ness. (Cebadilla pampeana). Revista Facultad Agronomía UN La Pampa 8 (2): 11-15.

**Tyler, B.F., K.H. Chorlton & I.D. Thomas.** 1987. Preliminary screening of forage grasses. En: Tyler, B.F. (ed.). Collection, characterization and utilization of genetic resources of temperate forage grass and clover. IBPGR training courses: Lecture Series 1. IBPGR, Rome. pp. 13-17.

**van de Wouw, M., J. Hanson & S. Nokoe.** 1999. Observation strategies for morphological characterization of forages. Genetics Resources and Crop Evolution 46:63-71.

**Van Oosterom, E.J., E. Weltzien, O.P. Yadav & F.R. Bidinger.** 2006. Grain yield components of pearl millet under optimum conditions can be used to identify germplasm with adaptation to arid zones. Field Crops Research 96: 407-421.

**Williams, W.M., A.V. Stewart & M.L. Williamson.** 2011. *Bromus*. En: Kole, C. (ed.). Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, millets and grasses. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. pp. 15-30.