

## Determinación de la variabilidad de especies nativas del género *Bromus* en la región andina de Bolivia

Noelia Gómez, Katia Ramírez

Centro de Investigación en Forrajes “La Violeta” - UMSS

E mail: katia.ramirez1971@gmail.com

**Resumen.** La cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) es una de las pocas especies forrajeras tradicionales que se cultiva en nuestro país, en razón a que presenta buenas características forrajeras, potencial de desarrollo y cobertura de suelo. El presente estudio tuvo como objetivo la caracterización morfológica de 36 accesiones de *Bromus* sp. recolectadas en la zona andina de Bolivia. Para la caracterización morfológica se utilizaron los descriptores morfológicos propuestos por el IBPGRI para gramíneas forrajeras. Se tomaron 20 caracteres cualitativos y 18 cuantitativos. Se observó variabilidad morfológica entre las accesiones colectadas. Las variables con mayor coeficiente de variación porcentual, con respecto a la media, fueron los de días a la floración, altura de planta, días a la cosecha y longitud de la hoja bandera. Las variables cualitativas, discriminantes fueron porte vegetativo, tipo de panoja, ciclo de crecimiento, resistencia al carbón y resistencia a los pulgones.

**Palabras clave:** Cebadilla; Diversidad genética; Gramíneas forrajeras nativas

**Abstract:** Determination of the variability of native species of the genus *Bromus* in the Andean region of Bolivia. *Bromus catharticus* Vahl. is one of the few traditional forage species cultivated in our country, because it presents good forage characteristics, development potential, and soil cover. The objective of this study was the morphological characterization of 36 accessions of *Bromus* sp. collected in the Andean zone of Bolivia. For the morphological characterization, the morphological descriptors proposed by the IBPGRI for forage grasses were used. Twenty qualitative and 18 quantitative characters were taken. Morphological variability was observed among the collected accessions. The variables with the highest coefficient of percentage variation, with respect to the average, were the days to flowering, plant height, days to harvest and length of the flag leaf. The qualitative, discriminating variables were vegetative size, panicle type, growth cycle, resistance to smut and resistance to aphids.

**Keywords:** Cabadilla; Genetic diversity; Native forage grasses

### Introducción

Las limitantes naturales para la producción primaria en la zona andina de Bolivia, tales como suelos pobres superficiales y salinos en grandes extensiones, la baja e irregular cantidad de precipitación pluvial y la ocurrencia de heladas

continuas durante la época seca y en cualquier momento de la época húmeda, asociado a la altitud en que se encuentra esta zona, han resultado en la evolución de ecosistemas particulares más aptos para la actividad ganadera que para la agrícola.

El forraje proveniente de los campos nativos de pastoreo (CANAPAS), constituye el pilar de la supervivencia de las sociedades andinas que desarrollan prácticas y estrategias ganaderas para aprovechar estos recursos naturales. Sin embargo, pese a la importancia de estas especies forrajeras, a lo largo de los años, el sobrepastoreo, debido a la excesiva carga animal y una falta de control de rotación de praderas, la expansión de la frontera agrícola y la presión antrópica, han producido una degradación de la pradera nativa, dando lugar a una erosión genética de la diversidad de la misma. Varios estudios confirman que hoy en día los CANAPAS se encuentran altamente degradados, encontrándose zonas objetivamente en proceso de desertificación.

La cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl.) es uno de los pastos nativos más cultivado en Argentina y es una de las pocas especies forrajeras tradicionales que se cultiva en Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Perú y Uruguay e inclusive en el Sur de los Estados Unidos (Cladera y Pahlen, 1984).

El cultivo de la cebadilla (*Bromus* sp.); en suelos degradados y erosionados, brinda una cobertura vegetal perenne y facilita la retención de materia orgánica de la superficie y la retención de humedad. Esta especie brinda una considerable cantidad de forraje y permite la recuperación de las praderas al incrementar la cobertura vegetal, coadyuvando a la protección del suelo de erosiones eólica e hídrica (Arancibia, 1998).

*Bromus catharticus* Vahl. pertenece a la familia Poaceas, subfamilia Festucoideas, tribu Festuceas. Es un hexaploide (Naranjo 1985) con un número básico de  $x=7$  cromosomas. Se comporta como

una especie preferentemente autógama que produce flores chasmógamas o cleistógamas, de acuerdo al momento del ciclo de floración. Durante la floración chasmógama se producen cruza- mientos naturales en una proporción estimada de 1.8%, lo que explicaría las variaciones observadas entre genotipos (Morant *et. al.*, 1994). Esta especie considerada como cosmopolita, se encuentra ampliamente distribuida hasta una altitud de 4600 msnm y posee una alta variabilidad. En Bolivia, se encuentra distribuida en toda la región altiplánica y también en zonas de valle y cabeceras de valle.

La cebadilla presenta varios ecotipos que están diseminados en los diferentes pisos ecológicos de Los Andes, desde los valles hasta la puna altoandina. Se encuentra especialmente en sitios en descanso, protegidos, húmedos y con suelos sueltos y medianamente fértiles (Prieto 1988).

La producción animal a nivel de pequeño agricultor en el altiplano, tiene como base alimenticia el forraje de la pradera nativa, es así que un 95% a 98% de la producción forrajera proviene de éste recurso. Las especies nativas de interés forrajero como el *Bromus unioloides* (*B. catharticus*), *Festuca dolichophylla*, *Nassella pubiflora*, *Poa candamoana*, *Poa horridula*, *Poa buchtienii*, *Hordeum muticum*, *Trifolium amabile*, *Stipa* spp. y otras, presentan buenas características forrajeras y potencial de desarrollo que ameritan un estudio a mayor detalle (Alzérreca 1982). Ayala (1996), afirma que la cebadilla es una especie regularmente apetecida por el ganado, sobre todo en estado tierno, es muy rica en proteínas, calcio y fósforo.

La diversidad genética entre especies y dentro de cada especie, es una característica fácilmente observable, razón por la cual la caracterización morfológica permite suministrar información sobre la identidad de cada una de las entradas, a través del uso de descriptores, que permiten estudiar la variabilidad genética de cada muestra; por lo tanto, es una herramienta importante para evitar las duplicaciones de un mismo material y minimizar la sobrestimación de la diversidad existente (Ramos y Queiroz, 1999; Becerra y Paredes, 2000).

Por la importancia de esta especie como fuente de forraje y cobertura de suelo, este estudio tuvo como objetivo la caracterización morfológica de 36 accesiones de *Bromus* sp. recolectadas en la zona andina de Bolivia.

## Materiales y métodos

### Material biológico

El material vegetal que se utilizó para la investigación estuvo conformado por 36 accesiones del género *Bromus*, recolectadas en cuatro comunidades de la región andina de Bolivia: Batallas y Humanata (en La Paz), La Joya, Caracollo (en Oruro),

Para la caracterización morfológica se utilizaron los descriptores morfológicos propuestos por el IBPGRI para gramíneas forrajeras ante la inexistencia de descriptores específicos para el género *Bromus*.

Se consideraron los siguientes caracteres como descriptores cuantitativos:

*altura de planta*  
*longitud de la lígula*  
*número de hojas*  
*longitud de la hoja bandera*  
*ancho de la hoja bandera*  
*días a la floración*  
*días a la madurez fisiológica*  
*número de panojas por planta*  
*longitud de panoja*  
*número de verticilos*  
*flores por espiguilla*  
*largo de la lemma*  
*ancho de la lemma*  
*longitud de la aristula*  
*largo del cariopse*  
*ancho del cariopse*  
*relación l/a cariopse*  
*peso de 1000 semillas*

Como descriptores cualitativos fueron tomados en cuenta los siguientes caracteres:

*color del coleóptilo*  
*pilosidad del coleóptilo*  
*porte vegetativo*  
*color de hojas*  
*pilosidad en las hojas*  
*tipo de borde de la hoja*  
*presencia de lígula*  
*posición de la hoja bandera*  
*forma de la panoja*  
*tipo de panoja*  
*porte de la panoja*  
*color de la panoja*  
*tipo de raquilla*  
*tipo de antecios*  
*pilosidad en la lemma*  
*textura de la lemma*  
*presencia de aristula*  
*ciclo de la planta*  
*presencia de carbón*  
*presencia de pulgón*

## Diseño experimental

Los datos de caracterización se analizaron mediante el *Análisis de Componentes Principales*, para reducir la dimensión de las variables utilizadas en la clasificación, formándose de esta manera grupos de individuos más reconocibles. A partir de los datos obtenidos del *Análisis de Componentes Principales*, se realizó un análisis de clúster, el mismo que permitió ver con mayor claridad la similitud y diferencias entre individuos y grupos de individuos. Se construyó el clúster utilizando el método de WARD, basado en algoritmos de clasificación, mediante el paquete estadístico PASW Statistics 18, agrupando datos de forma diferenciada.

## Resultados y discusión

### Características cuantitativas

Efectuando el análisis de las características cuantitativas se observaron coeficientes de variación con mayor porcentaje para las variables de altura de planta (CV=35.56%), longitud de hoja bandera (CV=20.51), y días a la floración (CV=83.30).

### Análisis de componentes principales

La variación total de las 18 variables evaluadas entre las 36 accesiones de *Bromus* puede ser explicada en un 60.28% por los primeros 5 componentes principales (Cuadro 1 y Figura 1).

**Cuadro 1.** Variación explicada de las variables por los primeros cinco componentes principales

Variable	Componente principal					Total
	1	2	3	4	5	
Altura de planta	<b>28,680</b>	12,970	21,450	18,510	13,450	95,060
Long. lígula	27,871	1,082	<b>36,748</b>	7,754	12,511	85,966
Nro. hojas	6,431	17,122	23,727	9,685	<b>40,149</b>	97,113
Nro. panojas/pl	4,862	2,136	3,062	2,923	<b>62,178</b>	75,161
Long. panoja	<b>19,940</b>	19,928	5,827	12,753	7,528	65,976
Nro. de verticilos	6,143	17,809	<b>39,380</b>	5,962	6,248	75,542
Flores/espiguilla	11,191	<b>31,991</b>	15,627	9,971	6,856	75,635
Largo lemma	5,438	9,734	1,550	<b>51,045</b>	28,567	96,333
Ancho lemma	8,638	27,100	21,622	<b>29,015</b>	7,833	94,208
Long. aristula	35,578	16,672	3,986	<b>36,065</b>	3,336	95,636
Long. cariósipide	10,748	<b>51,936</b>	4,325	8,286	10,645	85,940
Ancho cariósipide	4,546	<b>37,152</b>	6,542	23,783	24,106	96,129
Relac l/a carip	20,750	<b>40,516</b>	3,452	30,354	1,338	96,411
Peso 1000 sem	<b>38,354</b>	5,144	9,807	2,965	17,212	73,482
Días a floración	<b>41,984</b>	0,985	22,846	19,516	11,404	96,735
Días a madurez	<b>47,079</b>	9,665	17,843	4,153	18,153	96,893
Largo h. bandera	10,971	7,929	<b>43,755</b>	4,249	23,261	90,166
Ancho h. bandera	0,173	11,010	<b>42,119</b>	38,385	2,760	94,447

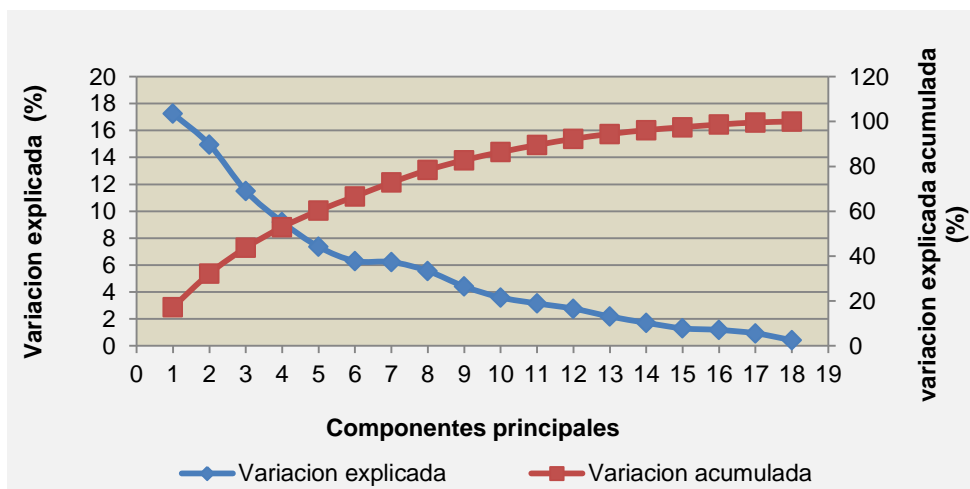


Figura 1. Variación explicada de 5 componentes principales

El **primer componente** principal explica el 17.25% de la variación total y está relacionado principalmente con las variables altura de planta, longitud de la panoja, peso de 1000 semillas, días a floración y días a la cosecha.

El **segundo componente** principal explica el 14.96% de la variación total y está relacionado con las variables flores/espiguilla, longitud del cariopse, ancho del cariopse y relación largo/ancho del cariopse.

El **tercer componente** principal explica el 11.51% de la variación total y está relacionado con las variables longitud de la lígula, número de verticilos, longitud de la hoja bandera y ancho de la hoja bandera.

El **cuarto componente** principal explica el 9.2% de la variación total y está relacionado con las variables largo de la lemma, ancho de la lemma y longitud de la aristula.

En cuanto al **quinto componente**, éste explica el 7.36% de la variación total y

está relacionado con las variables número de hojas y número de panojas por planta (Cuadro 1).

### Análisis de agrupamiento

De acuerdo al análisis de clúster (Figura 2), las 36 accesiones de *Bromus* pueden agruparse en cuatro grupos:

El **Grupo 1** constituido por las accesiones

BPC3, NAC5, ECC3, C-CAN2, H-ACV11, C-SRB13, H-ACV5, JUP4, H-ICC22, MVQ8, H-RCH5, JCHS11, H-RCHI8, C-DMF4, H-GSC5, ECC8, C-MHM2, H-ACV16 y H-ICC4

se caracterizan por desarrollar plantas altas y tardías a la floración, con mayor número de verticilos, mayor longitud de la lema y mayor relación entre la longitud y el ancho del lemma. Así mismo, estas accesiones tienen la particularidad de desarrollar un número intermedio de hojas y longitud y ancho de la hoja bandera, longitud de la panícula, flores por espiguilla, ancho de lemma, longitud de la aristula y peso en las semillas.

El **Grupo 2**, integrado por las accesiones

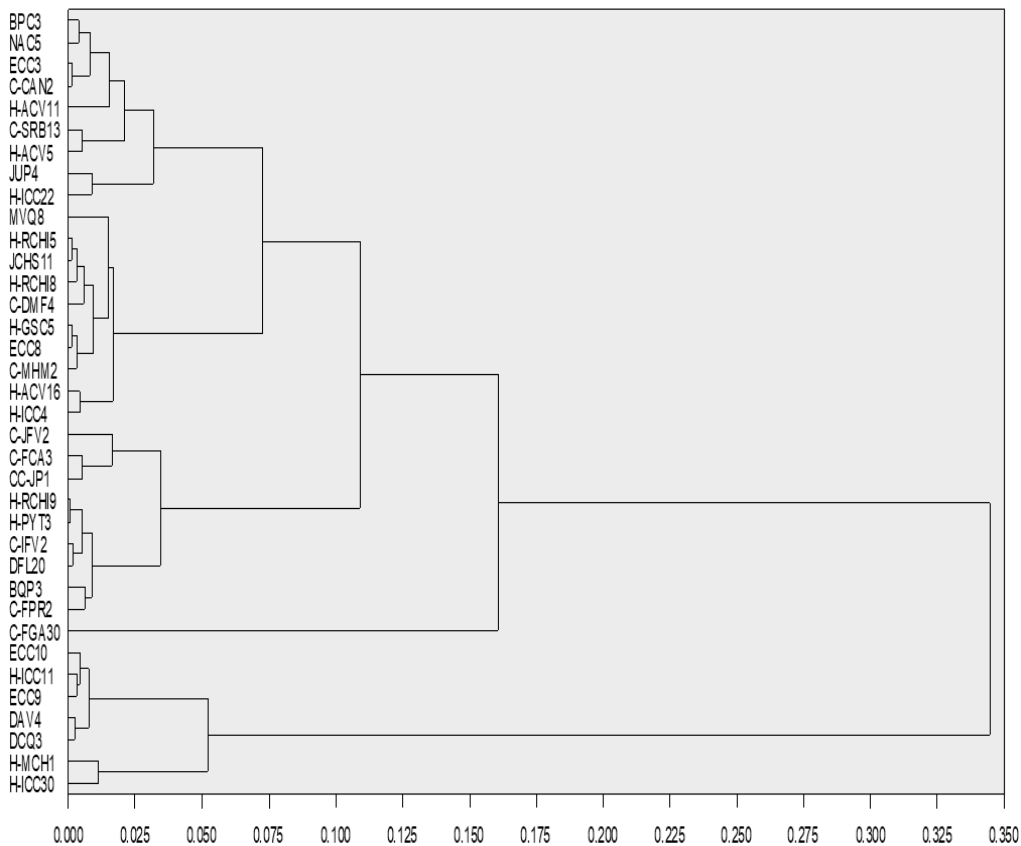
C-JFV2, C-FCA3, CC-JP1, H-RCH9, H-PYT3, C-IFV2, DFL20, BQP3 y C-FPR2

se caracterizan por desarrollar plantas pequeñas, con menor longitud de la lígula, precoces a la cosecha, menor ancho de la lemma, menor longitud de la aristula y menor peso en las semillas. Aunque las plantas tienen mayor cantidad de hojas y mayor longitud en la relación entre la longitud y ancho del cariopse.

El **Grupo 3** está formado solo por la accesión

C-FGA30

que se caracteriza por desarrollar plantas más altas y más tardías, con mayor longitud en la lígula, mayor proporción de largo y ancho de la hoja bandera, panojas más largas con mayor cantidad de flores/espiguillas, mayor ancho de la lemma, mayor proporción tanto del alargado como el ancho del cariopse y mayor peso en las semillas.



**Figura 2.** Dendrograma de conglomerados de las 36 accesiones de *Bromus* de acuerdo a características cuantitativas

El **Grupo 4** está formado por las accesiones

ECC10, DAV4, H-MCH1, H-ICC11, DCQ3, H-ICC30 y ECC9

se caracterizan por desarrollar plantas con características intermedias en altura de planta, longitud de la panoja, número de verticilos, flores por espiguilla, largo del lemma, longitud de la aristula, características de la cariopse y peso intermedio en las semillas. Sin embargo, las accesiones tienen la particularidad de desarrollar plantas con mayor cantidad de hojas y plantas más tardías, mayor número de panojas/planta y mayor ancho del lemma. Aunque, la longitud y el ancho de la hoja bandera son pequeñas.

Las variables para las que se halló mayor heterogeneidad fueron las de altura de planta y días a la floración, datos que coinciden con los encontrados por Cobas *et al.* (1993) y Ruiz *et al.* (1995) en un estudio realizado en cebadilla pampeana (*Bromus brevis* Nees.)

### **Variables cualitativas**

En cuanto a las variables cualitativas, las 36 accesiones desarrollaron características similares en cuanto al color blanco del colioptide, ausencia de pilosidad, color verde claro de las hojas, escasa pubescencia en las hojas, hojas de bordura escabrosa, presencia de lígula en las hojas, hoja bandera colgante, panoja de forma piramidal, porte de la panoja semi-erecta, color de la panoja verde amarillento, raquilla pubescente, antecios no caedizos, ausencia de la pilosidad en la lema, textura de la lema rugosa y presencia de aristulas. Se observó variaciones solo en las variables, porte vegetativo, tipo de panoja, ciclo

vegetativo, resistencia al carbón y resistencia al pulgón.

Así, a través del análisis de clúster para las variables cualitativas, las 36 accesiones de *Bromus* pueden agruparse en 4 grupos (Figura 3).

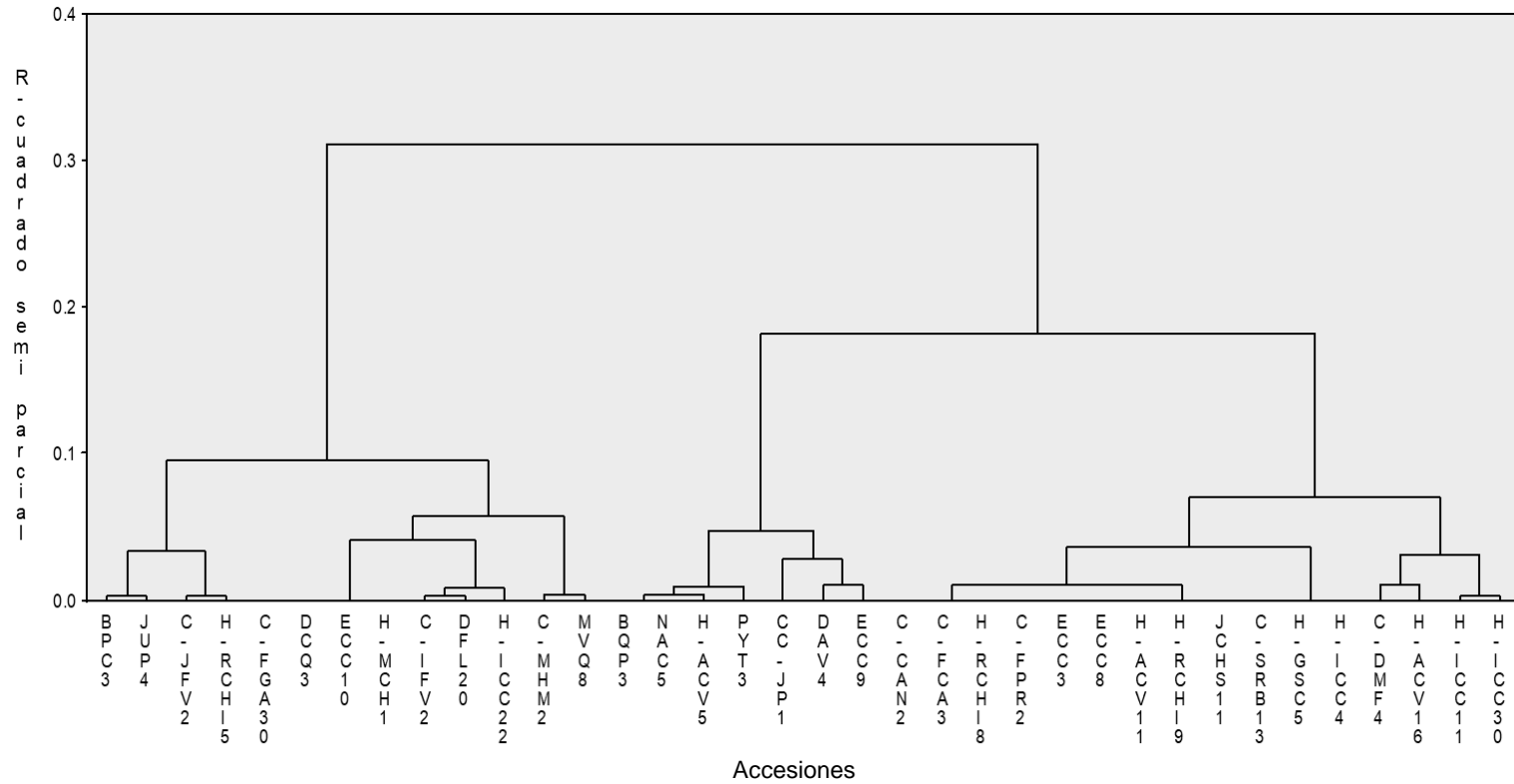
El **primer clúster** se caracteriza por accesiones que desarrollaron plantas erectas y semi erectas, panojas de tipo laxa e intermedia, son accesiones tardías y semi tardías, resistentes al carbón y susceptibles al ataque de pulgones.

El **segundo clúster** se caracteriza por desarrollar plantas erectas y semi-erectas, panojas laxas e intermedias, son resistentes tanto al carbón como al ataque de pulgones.

El **tercer clúster** se caracteriza por desarrollar plantas erectas y semi-erectas, panojas de tipo laxa e intermedias, el ciclo varía desde precoces a tardías; son susceptibles tanto al carbón como al ataque de pulgones.

Finalmente, el **cuarto clúster** se caracteriza por desarrollar plantas de tipo erecta y semi-erecta, panojas de tipo laxa intermedia, ciclo vegetativo que varía desde precoces hasta los más tardíos; aunque, son susceptibles al carbón y resistentes al ataque de pulgones.

Entre las 36 accesiones se observó predominancia de plantas con panoja de tipo laxa (55.56%) en comparación a las plantas con tipo de panoja intermedia (44.44%).



**Figura 3.** Dendrograma de características cualitativas de 36 accesiones de *Bromus*



En cuanto al ciclo de crecimiento, se observó en mayor proporción acciones de ciclo intermedio (58.33%) en comparación a las accesiones de ciclo precoz (22.22%) y tardíos (19.44%), por lo que las accesiones estudiadas podrían ser útiles para el desarrollo de variedades de ciclo tardío o precoz, según el objetivo planteado en los programas de mejoramiento.

En cuanto a la resistencia al carbón, ésta solo se observó en 13 accesiones (36.11%) resistentes, siendo gran parte de los materiales, susceptibles a la enfermedad (63.89%). Los materiales resistentes podrían utilizarse como recurso genético importante para el desarrollo de variedades resistentes en programas de mejoramiento.

De las 36 accesiones de *Bromus*, en 25 no se observó presencia de pulgones (69.44%), por lo que estos materiales podrían considerarse como resistentes, los mismos que podrían ser útiles para el desarrollo de materiales tolerantes a esta plaga. Por otra parte solo 11 accesiones fueron susceptibles al ataque de los pulgones (30.56%).

El presente estudio mostró que existe una amplia diversidad entre las accesiones de *Bromus* que crecen en forma silvestre en el territorio boliviano, mismas que podrían servir de base para el desarrollo de nuevas variedades mejoradas en cuanto a precocidad, rendimiento y resistencia a enfermedades adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la zona andina del país.

Lo anterior se ve reforzado debido a que la extensión territorial donde se desarrollan induce a la heterogeneidad ambiental y, por lo tanto, no es de extrañar, que las especies estudiadas presenten una

considerable variabilidad genética, que favorece la selección de genotipos promisorios.

## Conclusiones

- Se concluye que la diversidad morfológica observada, constituye un elemento importante para futuros trabajos de mejoramiento, recuperando características de rendimiento de forraje, resistencia a enfermedades y plagas y adaptación a diferentes ambientes.
- Las variables con mayor coeficiente de variación porcentual, con respecto a la media, fueron días a la floración, altura de planta, días a la cosecha y longitud de la hoja bandera.
- A través del análisis de componentes principales, las 19 variables fueron explicadas en un 60,28% por los 5 primeros componentes principales.
- Entre las variables cualitativas, solo se observó variación para las variables porte vegetativo, tipo de panoja, ciclo de crecimiento, resistencia al carbón y resistencia a los pulgones.
- Las características de resistencia al carbón y resistencia al ataque de los pulgones, discriminaron en 4 grupos las 36 accesiones estudiadas.

## Referencias citadas

- Alzérreca H. 1982. Recursos forrajeros nativos y la desertificación en las tierras altas de Bolivia. MACA, INFOL, Serie EE - 40. La Paz, Bolivia. 31 p.
- Arancibia B. 1998. Sistema de restablecimiento y estudio fenológico de la cebadilla y chilligua, tesis de Ing. Agrónomo de la Universidad Técnica de Oruro, Oruro, Bolivia.
- Ayala F. 1996 Caracterización ecológica y manejo de praderas en el departamento de Oruro. Tesis de Ing. Agrónomo de la Universidad Técnica de Oruro. Oruro, Bolivia.
- Becerra V., Paredes M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. Agricultura Técnica. 60 (3) 270-281.
- Cladera J., Pahlen A. 1984. Genetic and populational study of esterases on *Bromus catharticus* Vahl. Bol. Genético, Inst. Fitotecnia, Castelar, 12:25-30.
- Morant A., Pahlen A., Cladera J., Serrano H. 1994. Determinación del porcentaje de fecundación cruzada en cebadilla criolla (*Bromus catharticus* Vahl). Pergamino. Estación Experimental Agropecuaria. Informe Técnico N° 291. 24 p.
- Naranjo C. 1985. Estudios citogenéticos, bioquímicos y sistemáticos en algunas especies americanas del género *Bromus*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
- Prieto G. 1988. Evaluación agroecológica y mapeo de una pradera nativa en el altiplano semiárido de la Provincia Ingavi. Tesis de grado. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. 115 p.
- Ramos S., Queiroz M. 1999. Caracterização morfológica: Experiencia do BAG de cucurbitáceas da EMBRAPA Semiárido, com accesos de abóbora e moranga. Horticultura Brasileira 17: 912.
- Ruiz M., Ernst R., Covas G., Babinec F. 1995. Variabilidad en *Bromus brevis* Nees (Cebadilla pampeana). Revista Facultad de Agronomía. Nro. 8 Vol 2. Santa Rosa. Argentina. 10 p.