

**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMIA

Variabilidad fenotípica de accesiones de *Agrostis capillaris* L.  
(chépica) colectadas en la Décima Región

Tesis presentada como parte de los  
requisitos para optar al grado de  
Licenciado en Agronomía

**Pablo Andrés Fernández Picand**

VALDIVIA - CHILE  
2006

PROFESOR PATROCINANTE

Ignacio López C.

Ing. Agr., Ph. D.

---

PROFESORES INFORMANTES

Oscar Balocchi L.

Ing. Agr., M. Sc., Ph. D.

---

Vicente Anwandter A.

Ing. Agr., M. Sc.

---

*Agradezco sinceramente a Ignacio López, profesor patrocinante, por su disposición y ayuda, a Oscar Balocchi, profesor informante y en forma especial a mi buen amigo Vicente Anwandter.*

*Dedicada con amor a mis padres, Patricio y Alexandra, y a mis hermanas Xaviera y Francisca.*

**INDICE DE MATERIAS**

| Capítulo |   | Página |
|----------|---|--------|
| 1        | INTRODUCCIÓN  | 1      |
| 2        | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA                              | 3      |
| 2.1      | Características edafoclimáticas de la Décima Región | 3      |
| 2.1.1    | Zona de Precordillera Andina                        | 3      |
| 2.1.2    | Zona del Llano Central                              | 4      |
| 2.1.3    | Zona de Ñadis                                       | 4      |
| 2.1.4    | Zona de Precordillera de la Costa                   | 5      |
| 2.2      | Praderas naturalizadas de la Décima Región          | 5      |
| 2.2.1    | Composición botánica                                | 6      |
| 2.2.2    | Rendimiento   | 6      |
| 2.3      | <i>Agrostis capillaris</i> L.                       | 7      |
| 2.3.1    | Origen y distribución                               | 7      |
| 2.3.2    | Morfología  | 7      |
| 2.3.3    | Reproducción y fenología                            | 8      |
| 2.3.4    | Rendimiento y valor nutritivo                       | 9      |
| 2.3.5    | Adaptación  | 9      |
| 2.4      | Estrategias de adaptación de <i>A. capillaris</i>   | 10     |
| 2.4.1    | Ecotipo   | 11     |
| 2.4.2    | Plasticidad fenotípica                              | 12     |
| 3        | MATERIAL Y MÉTODO                                   | 13     |
| 3.1      | Localización y duración del ensayo                  | 13     |

| Capítulo |   | Página |
|----------|---|--------|
| 3.2      | Características del sitio                           | 13     |
| 3.3      | Clima   | 14     |
| 3.4      | Material experimental                               | 15     |
| 3.5      | Diseño experimental                                 | 15     |
| 3.6      | Extracción de macollos                              | 15     |
| 3.6.1    | Almacenamiento                                      | 16     |
| 3.7      | Labores culturales                                  | 16     |
| 3.7.1    | Control de malezas                                  | 16     |
| 3.7.2    | Corte de homogenización                             | 16     |
| 3.7.3    | Fertilización                                       | 16     |
| 3.8      | Atributos evaluados                                 | 17     |
| 3.9      | Análisis de datos                                   | 18     |
| 4        | PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS              | 20     |
| 4.1      | Primer corte: Estado vegetativo (99 genotipos)      | 20     |
| 4.1.1    | Análisis de Variables Canónicas (CVA)               | 20     |
| 4.1.2    | Análisis de Conglomerados                           | 27     |
| 4.2      | Segundo corte: Estado de bota (98 genotipos)        | 34     |
| 4.2.1    | Análisis de Variables Canónicas (CVA)               | 35     |
| 4.3      | Tercer corte: Estado de grano maduro (98 genotipos) | 35     |
| 4.3.1    | Análisis de Variables Canónicas (CVA)               | 35     |
| 4.3.2    | Análisis de Conglomerados                           | 42     |
| 4.4      | Metodología para la determinación de ecotipos       | 51     |
| 4.5      | Diferencias fenotípicas entre accesiones            | 52     |
| 5        | CONCLUSIONES  | 56     |
| 6        | RESUMEN   | 57     |

|   |              |    |
|---|--------------|----|
|   | SUMMARY      | 59 |
| 7 | BIBLIOGRAFIA | 61 |
|   | ANEXOS       | 69 |

**INDICE DE CUADROS**

| Cuadro |   | Página |
|--------|---|--------|
| 1      | Análisis químico del suelo donde se realizó el ensayo   | 14     |
| 2      | Estructura canónica total, eigenvalores y proporción de la varianza total explicada por las tres primeras variables canónicas para el primer corte  | 21     |
| 3      | Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 1 para el estado vegetativo   | 22     |
| 4      | Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 2 para el estado vegetativo   | 25     |
| 5      | Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 3 para el estado vegetativo   | 26     |
| 6      | Grupos formados por el análisis de conglomerados, con los 99 genotipos analizados para el estado vegetativo   | 29     |
| 7      | Estructura canónica total, eigenvalores y proporción de la varianza total explicada por las dos primeras variables canónicas para los diez grupos de genotipos formados en el estado vegetativo | 30     |
| 8      | Puntajes canónicos de los diez grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 1 en el estado vegetativo   | 31     |
| 9      | Puntajes canónicos de los diez grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 2 en el estado vegetativo   | 34     |

| Cuadro |  | Página |
|--------|--|--------|
| 10     | Estructura canónica total, eigenvalores y proporción de la varianza total explicada por las tres primeras variables canónicas para el tercer corte   | 36     |
| 11     | Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 1 para el estado de grano maduro   | 37     |
| 12     | Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 2 para el estado de grano maduro   | 41     |
| 13     | Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 3 para el estado de grano maduro   | 42     |
| 14     | Grupos formados por el análisis de conglomerados, con los 98 genotipos analizados para el estado de grano maduro   | 45     |
| 15     | Estructura canónica total, eigenvalores y proporción de la varianza total explicada por las tres primeras variables canónicas para los nueve grupos de genotipos formados en el estado de grano maduro | 46     |
| 16     | Puntajes canónicos de los nueve grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 1 en el estado de grano maduro  | 49     |
| 17     | Puntajes canónicos de los nueve grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 2 en el estado de grano maduro  | 50     |
| 18     | Puntajes canónicos de los nueve grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 3 en el estado de grano maduro  | 51     |



**INDICE DE FIGURAS**

| Figura |  | Página |
|--------|--|--------|
| 1      | Estructura canónica total para los genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado vegetativo  | 23     |
| 2      | Puntajes canónicos de los genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado vegetativo   | 24     |
| 3      | Agrupación de genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado vegetativo, según análisis de conglomerados, y grupos resultantes      | 28     |
| 4      | Estructura canónica total de los diez grupos de genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado vegetativo                           | 32     |
| 5      | Puntajes canónicos de los diez grupos de genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado vegetativo                                  | 33     |
| 6      | Estructura canónica total para los genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado de grano maduro                                   | 39     |
| 7      | Puntajes canónicos de los genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado de grano maduro  | 40     |
| 8      | Agrupación de genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado de grano maduro, según análisis de conglomerados, y grupos resultantes | 44     |
| 9      | Estructura canónica total de los nueve grupos de genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado de grano maduro                     | 47     |
| 10     | Puntajes canónicos de los nueve grupos de genotipos de <i>A. capillaris</i> en estado de grano maduro                            | 48     |

**INDICE DE ANEXOS**

| Anexo |  | Página |
|-------|--|--------|
| 1     | Puntajes canónicos de los 99 genotipos de <i>A. capillaris</i> , ordenados de mayor a menor para las primeras dos variables canónicas para el estado vegetativo      | 70     |
| 2     | Puntajes canónicos de los 98 genotipos de <i>A. capillaris</i> , ordenados de mayor a menor para las primeras dos variables canónicas para el estado de grano maduro | 73     |

## 1 INTRODUCCION

Las condiciones climáticas de la zona sur de Chile permiten la existencia de praderas compuestas por especies perennes nativas y naturalizadas. Estas praderas son la base de alimentación de los sistemas pecuarios de leche y carne bovina.

El VI Censo Nacional Agropecuario del año 1997 reporta que la superficie de praderas en la Décima Región de Los Lagos alcanza a 1.351.351 ha, de las cuales el 50% corresponden a praderas naturalizadas (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS (INE), 1997).

Dentro de las praderas naturalizadas de la zona sur destaca *Agrostis capillaris* L. (chépica), especie gramínea introducida a Chile desde Europa. En sectores de precordillera constituye entre 60 a 70% de la composición botánica de la pradera, es decir, aporta entre 2,4 a 2,8 t MS/ha/año en este tipo de praderas (DEMANET y CONTRERAS, 1988).

En Gran Bretaña y Nueva Zelanda diversas investigaciones han mostrado que *A. capillaris* posee una alta capacidad de adaptación, donde ha logrado colonizar diversos ambientes. En Chile se la puede encontrar en diversas zonas agroclimáticas, como son el Llano Longitudinal, la Precordillera Andina y la Precordillera de la Costa.

Estudios realizados en Nueva Zelanda señalan que *A. capillaris* colonizó ambientes contrastantes en base a su plasticidad fenotípica. En Noruega, en tanto, se llegó a la conclusión que la adaptación de esta especie fue producto del desarrollo de ecotipos.

En Chile, estudios relacionados con este tema en especies de praderas naturalizadas de la zona sur son muy escasos. RIQUELME (2003), por ejemplo, sugiere que *A. capillaris* ha colonizado suelos con niveles contrastantes de fósforo por medio de la plasticidad fenotípica.

Considerando estos antecedentes, se plantea la siguiente hipótesis:

*A. capillaris* es una especie pratense naturalizada, que posee una alta variabilidad fenotípica y que ha colonizado los ambientes de la zona sur de Chile mediante ecotipos.

El objetivo de este estudio es analizar la variabilidad fenotípica existente en accesiones de *A. capillaris* colectadas en diferentes ambientes de la Décima Región y determinar la presencia de ecotipos, en base a la medición de caracteres morfológicos.

## 2 REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Características edafoclimáticas de la Décima Región.

En la zona sur de Chile se distinguen cuatro macrounidades con características particulares de suelo y clima, siendo éstas: Zona de Precordillera Andina, Zona del Llano Central, Zona de Ñadis y Zona de Precordillera de la Costa (BALOCCHI, 1998).

**2.1.1 Zona de Precordillera Andina.** Ubicada en los faldeos de la Precordillera de los Andes entre 300 y 500 m de altitud (BALOCCHI, 1998), con una topografía de lomajes y colinas en posición intermedia, con extensiones de lomaje suave de pendientes uniformes y disectados (GOIC y TEUBER, 1996).

Presenta suelos derivados de cenizas volcánicas (trumaos), generalmente profundos y ricos en materia orgánica (18 a 20 % en los primeros 15 cm de profundidad). Sus características físicas le confieren muy buenas aptitudes para el laboreo, con buena capacidad de retención de agua (BALOCCHI, 1998), aunque presenta serias limitaciones de fertilidad, especialmente de fósforo y cuando son utilizados más intensivamente las deficiencias de potasio, azufre y nitrógeno se pueden reflejar en los rendimientos (Sierra, 1982, citado por GOIC y TEUBER, 1996).

La mayor caída de agua lluvia (alrededor de 2000 mm) se concentra en los meses de otoño e invierno y las temperaturas medias, mínimas y máximas, son inferiores a las medias de la región (4° C y 11° C, respectivamente) (BALOCCHI, 1998).

**2.1.2 Zona del Llano Central.** Se ubica entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, con topografía de lomajes suaves y una altitud no mayor a 300 m, con exposiciones diversas (BALOCCHI, 1998). Se extiende aproximadamente desde la ciudad de Los Lagos por el norte (39° 55' L.S.) hasta la parte sur de Ancud (41° 52' L.S.) (TEUBER, 1996a).

Con suelos derivados de cenizas volcánicas recientes (trumaos), que están depositados sobre substratos de diversos tipos como morrenas, materiales micaesquísticos, areniscas, etc. Son suelos en general profundos, de textura media, con buen contenido de materia orgánica (10 a 15% en los primeros 15 cm), capacidad de retención de agua muy alta y buena permeabilidad. Son suelos más fértiles que en las otras zonas, probablemente por el mejor manejo de fertilización a que han sido sometidos. La deficiencia nutritiva más generalizada es el fósforo, le siguen en importancia el nitrógeno, potasio, calcio y magnesio (BALOCCHI, 1998).

Las precipitaciones promedio aumentan desde 1348 mm en Paillaco, provincia de Valdivia, hasta sobrepasar los 2000 mm anuales en Ancud, provincia de Chiloé. En el período de verano ocurren dos a tres meses en que la evapotranspiración excede ampliamente a la precipitación. Las temperaturas medias mínimas fluctúan entre 4° C y 11° C (TEUBER, 1996a; BALOCCHI, 1998).

**2.1.3 Zona de Ñadis.** O “pantano de temporada” en lengua mapuche. Es una unidad edafoclimática ubicada dentro del área del Llano Central. Aparecen cerca de Pitrufquén (39° L.S.) y terminan cerca de Quellón (43° L.S.), en Chiloé (TEUBER, 1996b).

Estos suelos derivan de cenizas volcánicas depositadas sobre una capa delgada de un substrato endurecido en su parte superior debido a la

acumulación de materiales cementantes, conocido localmente como “fierrillo”, que corresponde a una estrata de muy baja permeabilidad que se ubica entre 20 y 80 cm de profundidad. Presentan una topografía plana con sectores levemente ondulados (BALOCCHI, 1998).

Húmedos en invierno, lo que hace que su manejo sea muy difícil y su uso sea principalmente con praderas permanentes. Presentan un alto contenido de materia orgánica (alrededor de 30% en el horizonte superficial), baja fertilidad en general, donde el fósforo y el potasio muestran las mayores deficiencias. Sin embargo, deficiencias de nitrógeno, azufre, magnesio y calcio son comunes. El nivel de pH del suelo, en muchos casos es una limitante para el adecuado desarrollo de especies prateras de alta producción y calidad (BALOCCHI, 1998).

**2.1.4 Zona de Precordillera de la Costa.** Se ubica al lado occidental del llano longitudinal. Comprende una franja que varía entre 20 y 30 km de ancho aproximado y se extiende desde la localidad de Mariquina (30° 31' L.S.), hasta Los Muermos (41° 17' L.S.) (TEUBER, 1996c).

La topografía en la mayor parte de los suelos es de lomajes y colinas (BALOCCHI, 1998). Corresponden a los suelos rojos arcillosos con un contenido de 6 a 10% de materia orgánica. Tienen baja disponibilidad de fósforo, nitrógeno y azufre. El pH es fuertemente ácido (5.1 o menor, medido al agua) (TEUBER, 1996c).

## **2.2 Praderas naturalizadas de la Décima Región.**

La pradera naturalizada corresponde a una comunidad de especies que se han establecido y desarrollado en forma espontánea (LOPEZ *et al.*, 1997). Estas especies nativas y naturalizadas sirven de alimento a los rumiantes, aunque algunas de ellas sean de bajo valor forrajero (GOIC, 1979).

La Décima Región de Los Lagos posee 1.351.351 ha de praderas, de las cuales 50% corresponden a praderas naturalizadas, 40% a praderas mejoradas y 10% a praderas sembradas (CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE), 1997). Especies que crecen en forma frecuente en ellas son: *Agrostis capillaris* L. (chépica), *Holcus lanatus* L. (pasto miel), *Bromus valdivianus* Phil. (bromo), entre otras.

**2.2.1 Composición botánica.** El principal componente de las praderas naturalizadas es el grupo de las gramíneas, que varían entre 50 y 70 %. Las siguen las especies de hoja ancha con un aporte de entre 30 y 40 %, mientras que las leguminosas contribuyen con un porcentaje inferior al 10% de la producción de forraje (DEMANET y CONTRERAS, 1988).

Destacan entre las especies pratenses nativas de la Décima Región las gramíneas *Bromus valdivianus* Phil. (bromo) y *Paspalum dasypleurum* Kunze (pasto quila), y entre las gramíneas naturalizadas dominan *Agrostis capillaris* L. (chépica); *Anthoxanthum odoratum* L. (pasto oloroso); *Arrhenatherum elatius* L. spp *bulbosus* (pasto cebolla); *Holcus lanatus* L. (pasto dulce); *Poa annua* L. (pasto piojillo) y *Poa pratensis* L. (poa) (BALOCCHI y LOPEZ, 2001).

Entre las leguminosas figuran *Lotus uliginosus* Schkuhr (alfalfa chilota); *Trifolium repens* L. (trébol blanco) y *Trifolium dubium* Sibth. (trébol enano) y entre las especies de hoja ancha *Hypochaeris radicata* L. (hierba del chancho) y *Plantago lanceolata* L. (siete venas) (TEUBER, 1988).

**2.2.2 Rendimiento.** Debido a las condiciones climáticas de la zona, las praderas se caracterizan por una gran estacionalidad en su producción. Durante la primavera, la tasa de crecimiento es máxima entre los meses de octubre y noviembre y a medida que se acerca el verano, la tasa de crecimiento de las praderas disminuye como consecuencia del déficit hídrico, las altas



temperaturas y la entrada de las especies a su fase de madurez. A finales de verano e inicios de otoño, la pradera perenne experimenta un nuevo crecimiento, por existir condiciones favorables de temperatura y humedad, y por último durante el invierno el crecimiento de las praderas se hace mínimo debido a las bajas temperaturas (BALOCCHI, 1998).

Las praderas naturales de la zona Centro Sur con un adecuado manejo producen alrededor de 7 toneladas de MS/ha/año, elevándose a 12,6 toneladas de MS/ha/año al ser fertilizadas y produciéndose un cambio en su composición botánica, disminuyendo el porcentaje de especies de hoja ancha (SIEBALD *et al.*, 1983).

### **2.3 *Agrostis capillaris* L.**

Conocida comúnmente como chépica. Se encuentra ampliamente distribuida en la Región y es el principal componente de las praderas naturalizadas junto con *B. valdivianus* y *H. lanatus* (DEMANET y CONTRERAS, 1988; ROMERO, 1980).

**2.3.1 Origen y distribución.** Es una especie originaria de Europa. Su hábitat actual abarca casi toda Europa, norte de Asia, norte de África, y norte y sur América, lo que evidencia su alta capacidad de invasión y adaptación (BEHRENDT y HANF, 1979).

En Chile esta especie coloniza entre las provincias de Santiago y Aysén, creciendo desde el nivel del mar hasta los 1500 m.s.n.m., a orillas de lagos, caminos o en praderas (RUGOLO DE AGRASAR y MOLINA, 1990).

**2.3.2 Morfología.** Posee hojas puntiagudas de color verde azuladas, con lígulas membranosas, más cortas que anchas, de 0,5 a 2 mm y desprovista de aurículas. Las láminas son suaves a ásperas, planas a enrolladas de

aproximadamente 15 cm de longitud y 4 mm de ancho. Posee rizomas bien desarrollados. El tallo es glabro y liso, rastrero y enraíza en las nudosidades. Tiene entre 10 y 70 cm de alto y produce rizomas (DUTHIL, 1976; SILVA y LOZANO, 1984).

La inflorescencia es una panoja con muchas ramificaciones en los escalafones inferiores, formando un ángulo obtuso con el raquis. Se presenta abierta antes y después de la floración. Las espiguillas son pequeñas y numerosas, a veces violetas y unifloras, sin aristas en las glumillas. La panícula tiene entre 10 a 20 cm de largo y las espiguillas de 2 a 3,5 mm (BEHRENDT y HANF, 1979).

El fruto es una cariósida de forma elíptica de 1,2 mm de longitud (ESPINOZA, 1988).

**2.3.3 Reproducción y fenología.** Se propaga mediante rizomas cortos o también mediante estolones. En zonas agroecológicas donde existe falta de agua en verano, como es el secano interior de la Novena Región, su principal forma de propagación es a través de semillas. Puede germinar entre primavera y otoño (BEHRENDT y HANF, 1979; DEMANET y CONTRERAS, 1988; ESPINOZA, 1988).

En la zona sur de Chile presenta un período reproductivo breve, floreciendo entre principios de enero y principios de febrero y finaliza su reproducción en abril (RAMIREZ y RIVEROS, 1975; RAMIREZ *et al.*, 1989a).

Es una especie de alta agresividad en el sur de Chile, con altos porcentajes de frecuencia y cobertura a través de todo el año. Alcanza su mayor porcentaje de frecuencia y cobertura en agosto, después comienza a descender hasta abril para volver a brotar en mayo, creciendo mejor que otras

gramíneas hemicriptófitas en los meses fríos y húmedos del invierno (RAMIREZ *et al.*, 1989a, 1989b).

**2.3.4 Rendimiento y valor nutritivo.** Se encuentra en un mayor porcentaje entre los meses de marzo y enero, contribuyendo durante los meses de otoño e invierno con aproximadamente 20% de la materia seca. Logra su máxima contribución en septiembre con 36,5%, decreciendo luego hasta enero con 21,2% (JORQUERA, 1979).

En sectores de precordillera aporta entre 2,4 a 2,8 t MS/ha/año en praderas con producciones de 4 t MS/ha, constituyendo entre 60 a 70% de la composición botánica de la pradera. En suelos rojo arcillosos del secano interior el aporte a la producción total de forraje alcanza entre un 30 a 40% y el período en que permanece verde y disponible para el animal se reduce a 120 días aproximadamente (DEMANET y CONTRERAS, 1988).

En relación a la calidad del forraje, este se deteriora a medida que avanza el estado de madurez de la planta. El contenido proteico presenta un máximo de 26,1% en el mes de agosto y un mínimo de 7,9% en enero. Para pared celular entre 60,6% en enero y 46,3% en junio (CUEVAS *et al.*, 1982), alcanzando su mejor calidad a fines de invierno e inicios de primavera, siendo un recurso forrajero interesante en este período, dado que logra valores superiores al 20% de proteína (DEMANET y CONTRERAS, 1988).

**2.3.5 Adaptación.** *A. capillaris* es una especie introducida, cuyo valor ecológico la define como una especie de media luz, de climas moderados pero con oscilaciones térmicas, que soporta las heladas. Se le caracteriza como una especie muy resistente a condiciones de estrés ambiental, pudiendo crecer inclusive bajo las condiciones de anegamiento y salinidad de las marismas de

los estuarios de los ríos del sur de Chile y de los mares interiores de Chiloé (RAMIREZ *et al.*, 1991).

Tiene su hábitat en suelos arenosos, ácidos, secos y de baja fertilidad (KLISCH, 1965; SILVA y LOZANO, 1984; LOPEZ *et al.*, 1997), así como en extensas áreas de praderas, colinas y montañas. Posee un valor agrícola relativamente bajo excepto en situaciones en que especies de mejor valor forrajero no pueden adaptarse (HUBBARD, 1984).

En la zona sur de Chile, esta especie domina sitios inclinados a suavemente ondulados, de profundidad media (45 cm), textura pesada (arcillofrancosa a arcilloarenosa), drenaje lento, pH fuertemente ácido (5,2) y con baja suma de bases (LOPEZ *et al.*, 1994; LOPEZ *et al.*, 1997; LAILHACAR, 1994).

#### **2.4 Estrategias de adaptación de *A. capillaris*.**

El organismo inmóvil debe adecuarse a su medio ambiente mediante ajustes que le permiten escapar a muchas fuerzas de selección natural, siempre y cuando la intensidad de los factores de selección esté entre los límites de tolerancia del individuo (BEGON *et al.*, 1999; GASTO, 1979).

Las especies pratenses tienen como objetivo común sobrevivir y perdurar, y para ello exhiben mecanismos de adaptación al medio como son la generación de ecotipos o la presencia de plasticidad (SULTAN, 1987).

Este es el caso de *A. capillaris*, para la cual se postula que ha logrado colonizar diversos ambientes y adaptarse a las distintas condiciones edafoclimáticas de la Décima Región a través de la combinación de la generación de ecotipos y la plasticidad fenotípica.

**2.4.1 Ecotipo.** BEGON *et al.* (1999), define ecotipo como un grupo de plantas individuales dentro de una especie, con diferencias en características de crecimiento o tolerancia al estrés ambiental genéticamente determinadas, respecto de otras poblaciones de la misma especie.

El concepto de ecotipo fue originalmente empleado en poblaciones vegetales por Turesson en 1922, para describir las diferencias, determinadas genéticamente, entre las poblaciones de una especie, que reflejan el ajuste local entre los organismos y su medio ambiente (BOUGHEY, 1973)

Especies de amplia distribución geográfica tienen una importante diversidad genética a causa de las diferentes condiciones ecológicas de su hábitat (clima y suelo) (ARBONES y OLIVEIRA, 1995). Así, las especies que ocupan distintos hábitat pueden ser ligeramente diferentes en cada uno. Cada grupo de fenotipos distintos es conocido como un ecotipo (RAVEN *et al.*, 1999).

Los ecotipos no sólo pueden diferenciarse por factores bióticos, edáficos o microclimáticos, sino que donde quiera que una especie se extienda a lo largo de varias zonas climáticas puede desarrollar distintos ecotipos climáticos en cada una. En algunas especies, las poblaciones que se encuentran a lo largo de un gradiente climático están restringidas a hábitats especiales en cada sector; de esta forma la especie está compuesta de una cadena de sectores de poblaciones contiguas pero diferentes y homogéneas, las cuales forman los ecotipos (DAUBENMIRE, 2001).

Para el caso de *A. capillaris*, se ha podido constatar la capacidad de sobrevivencia de la especie en respuesta a condiciones adversas del medio. KARLSEN (1988), sugiere que la áspera topografía del norte de Noruega, sus relativamente altas montañas y largos fiordo marinos proveen las condiciones para el desarrollo de poblaciones de *A. capillaris* genéticamente distintas.

**2.4.2 Plasticidad fenotípica.** Es la capacidad de un genotipo de producir diferentes fenotipos en respuesta a diferentes condiciones ambientales (Bradshaw, 1965, citado por FOX *et al.*, 2001), por lo que se trata del mismo material genético capaz de adaptarse a un rango amplio de situaciones ecoambientales (GASTO, 1979).

El concepto de plasticidad fenotípica se visualiza a partir de la confección de la norma de reacción. Así, la norma de reacción de un genotipo dado es su rango de respuestas fenotípicas a lo largo de un gradiente ambiental (GIANOLI, 2004, citando a Woltereck, 1909)

Las respuestas plásticas son un mecanismo de adaptación particularmente importante en las plantas, que involucran la percepción de estímulos medioambientales y la generación de respuestas que les da la capacidad potencial de evolución o bien la capacidad de aclimatación al medio (Bradshaw, 1965, citado por RASPON y WILSON, 1992; GASTO, 1979).

RASPON y WILSON (1992), comparando la respuesta a la luz, fertilidad de suelo y absorción de agua en poblaciones de *A. capillaris* provenientes de diversos sitios de Nueva Zelanda, encontraron que esta especie tiene como estrategia predominante de adaptación la plasticidad fenotípica y no un cambio genotípico.

### 3 MATERIAL Y METODO

Este estudio correspondió a un tercer año de evaluación y fue parte del proyecto FONDECYT 1000429: “Estudio de la variabilidad y plasticidad de las gramíneas pratenses nativas y naturalizadas del sur de Chile: *Bromus valdivianus* Phil., *Agrostis capillaris* L. y *Holcus lanatus* L.”

#### 3.1 Localización y duración del ensayo.

El estudio se realizó en la Estación Experimental Santa Rosa, propiedad de la Universidad Austral de Chile, ubicada a 6 km de la ciudad de Valdivia, Décima Región, situada en el paralelo 39° 45' Latitud Sur y meridiano 73° 14' Longitud Oeste (NISSEN, 1974). La evaluación se extendió entre agosto de 2002 y febrero de 2003.

#### 3.2 Características del sitio.

El suelo en el cual se ubicó el estudio pertenece a la serie Valdivia (Typic Hapludand), con material componente limoso e inconsolidado superficialmente y arenoso consolidado en profundidad, siendo ambas depositaciones de composición mixta (NISSEN, 1974).

El sitio del ensayo se encuentra a 12 m.s.n.m., con topografía levemente ondulada y una pendiente de 1 a 5%, con clasificación II – III de capacidad de uso potencial (NISSEN, 1974).

El análisis químico del suelo donde se realizó el estudio se muestra en el Cuadro 1.

**CUADRO 1 Análisis químico del suelo donde se realizó el estudio.**

|  |      |
|--|------|
| Profundidad muestreo (cm)                      | 20   |
| pH al agua (1:2,5)                             | 6.2  |
| pH Ca Cl <sub>2</sub> (1:2,5)                  | 5.4  |
| Materia orgánica (%)                           | 13.9 |
| Nitrógeno mineral (ppm N-NO <sub>3</sub> )     | 12.6 |
| Fósforo Olsen (ppm)                            | 16.5 |
| Potasio intercambiable (ppm)                   | 152  |
| Sodio intercambiable (meq/100 g.s.s.)          | 0.08 |
| Calcio intercambiable (meq/100 g.s.s.)         | 4.96 |
| Magnesio intercambiable (meq/100 g.s.s.)       | 0.37 |
| Suma de bases intercambiables (meq/100 g.s.s.) | 5.8  |
| Aluminio intercambiable (meq/100 g.s.s.)       | 0.04 |
| Saturación de Al (%)                           | 0.78 |

FUENTE: Laboratorio de Suelos. Instituto de Ingeniería Agraria y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Austral de Chile (2002).

### 3.3 Clima.

La Provincia de Valdivia presenta un clima clasificado como Templado Húmedo de Verano Fresco, con una temperatura media anual de 12,1° C, registrándose los valores extremos en enero con 16,9° C y en julio con 7,6° C (HUBER, 1970).

Con respecto a las precipitaciones, el mismo autor indica valores de entre 2.200 y 2.700 mm anuales, con una distribución bastante marcada. Aproximadamente un 75% de la precipitación promedio anual cae durante el transcurso de los meses del período lluvioso, abril a septiembre. El período libre de heladas es de 90 a 100 días entre los meses de diciembre a marzo.



### **3.4 Material experimental.**

El material experimental correspondió a plantas de *A. capillaris* colectadas de praderas pertenecientes a las provincias de Valdivia, Osorno y Llanquihue (Décima Región) y transplantadas a la Estación Experimental Santa Rosa en invierno del año 2000 para efectos de una primera evaluación. Se colectaron 100 accesiones desde cuatro zonas edafoclimáticas, las cuales corresponden a: Precordillera Andina, Ñadis, Llano Central Norte y Llano Central Sur, teniendo como límite para estas dos últimas zonas, la ciudad de Osorno. De cada zona se colectaron 25 accesiones (MORALES, 2003).

### **3.5 Diseño experimental.**

El diseño fue de bloques completos al azar con 100 tratamientos (25 accesiones de cada zona agroclimática) correspondientes a cada genotipo colectado y cuatro bloques. El terreno del ensayo tenía una superficie de 100 m<sup>2</sup> (4m X 25m).

No fue posible contar con todas las repeticiones de las accesiones transplantadas originalmente en el año 2000, debido a que no todas lograron mantenerse vivas hasta la fecha de esta evaluación, ya sea por su baja capacidad de adaptación al terreno, plagas, enfermedades o por invasión de otras especies más agresivas. Por lo tanto, el número de accesiones varió entre los bloques del ensayo.

**3.6 Extracción de macollos.** Esta tarea se realizó entre los meses de noviembre de 2002 y febrero de 2003. Se realizó un muestreo al azar de tres macollos en tres estados fenológicos: estado vegetativo con cuatro hojas, estado de bota y estado de grano maduro. La fecha de extracción se definió cuando el genotipo local (CN 15 Estación Experimental Santa Rosa) alcanzara el estado fenológico específico.

**3.6.1 Almacenamiento.** Una vez extraídos los macollos e identificados debidamente (Nº de accesión y fecha de corte), se procedió a su almacenamiento en congelación en bolsas plásticas para el posterior trabajo de medición en laboratorio.

### **3.7 Labores culturales.**

A continuación se describen las labores culturales practicadas previo al período de evaluación de las accesiones.

**3.7.1 Control de malezas.** Fue la primera labor realizada y consistió en un desmalezamiento manual. Esta labor comenzó en agosto de 2002 y se extendió periódicamente hasta el fin del ensayo.

**3.7.2 Corte de homogenización.** Esta labor se dividió en dos etapas.

La primera etapa se realizó el día 9 de septiembre de 2002 y consistió en un corte a todas las plantas del ensayo a 10 cm de altura desde la base, con los macollos extendidos, para que todas las plantas tuvieran un mismo punto de partida de crecimiento.

Se realizó la segunda etapa el día 16 de septiembre y consistió en homogenizar el área de crecimiento de las plantas a un área común de 78,54 cm<sup>2</sup>, con el fin de obtener un tamaño de plantas homogéneo.

**3.7.3 Fertilización.** Se realizó una fertilización el día 24 de septiembre que consistió en la aplicación homogénea de fertilizante a toda el área del estudio, para estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se aplicó un equivalente a 40 unidades de N, 120 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 40 de K<sub>2</sub>O por ha. Las fuentes minerales fueron Nitromag para el N (27%), Superfosfato Triple para el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (46%) y Muriato de Potasio para el K<sub>2</sub>O (60%).

### **3.8 Atributos evaluados.**

La medición de las características evaluadas a los macollos extraídos se realizó en el Laboratorio de Forrajeras del Instituto de Producción Animal. Los atributos evaluados fueron:

- a) Largo y ancho de la lámina de cada macollo. Se midió el largo y ancho de la hoja más nueva, totalmente expandida en su parte más ancha.
- b) Largo del macollo. Se midió el macollo completamente extendido desde su base hasta el ápice de la hoja más nueva o emergente, o hasta el extremo distal de la inflorescencia, en el caso de que el macollo estuviese en estado reproductivo.
- c) Largo de la inflorescencia. Se midió el largo desde su base hasta el extremo distal.
- d) Número de hojas totales. Se contaron las hojas presentes en el macollo.
- e) Número de hojas vivas. Se contaron las hojas vivas presentes en el macollo al momento del muestreo. Se consideró como hoja viva aquella que tenía a lo menos un 50% de su superficie de color verde.
- f) Peso de los componentes del macollo. Se separaron los componentes del macollo: tallo, láminas, vaina e inflorescencia. Se secaron en un horno de aire forzado a 60°C durante 48 h o hasta obtener peso constante, para ser pesados posteriormente en una balanza analítica.
- g) Estado fenológico del macollo. Se determinó al momento del corte mediante estimación visual, para establecer el estado de desarrollo del macollo.

### 3.9 Análisis de datos.

Se usaron métodos estadísticos multivariados para el procesamiento de los datos. Éstos métodos se usan para el análisis de mediciones múltiples que se realizan sobre un grupo de objetos o individuos en una o más muestras simultáneas y donde las variables medidas están correlacionadas entre sí (DILLON y GOLDSTEIN, 1984).

En cada corte se aplicó un Análisis de Variables Canónicas (CVA, sigla en inglés). El CVA es una técnica de análisis multivariado que determina funciones lineales de las variables originales y determina la mejor manera de maximizar la separación entre grupos de individuos manteniendo la variación dentro del grupo tan mínima como sea posible. En otras palabras, se determinan las variables que mejor explican las diferencias entre individuos (JOBSON, 1992).

La combinación de variables originales, que genera nuevas variables compuestas, son llamadas *variables canónicas*. Dichas variables canónicas no están correlacionadas entre sí y explican las diferencias entre los grupos. Así, las primeras una o dos variables canónicas facilitan la representación gráfica de las relaciones entre los distintos grupos. Al graficar los valores de las variables canónicas, llamados *puntajes canónicos*, los que representan a cada individuo en la muestra, se observa la asociación positiva o negativa de los individuos respecto a las respectivas variables canónicas. Así, la razón maximizada de la variación entre grupos y la variación dentro de grupos para una variable canónica se conoce como *raíz canónica* o *eigenvalor* (SHARMA, 1996).

Posteriormente se aplicó un Análisis de Conglomerados (Cluster Analysis), para formar grupos homogéneos con los genotipos estudiados, basándose en las características fenotípicas medidas.

El Análisis de Conglomerados es una técnica analítica para desarrollar subgrupos significativos de individuos u objetos. El objetivo es clasificar una muestra de entidades (individuos u objetos) en un pequeño número de grupos mutuamente excluyentes basándose en similitudes entre estas entidades (HAIR *et al.*, 1999).

Para la separación de grupos se utilizó el método jerárquico de agrupación, en el cual se hacen sucesivas fusiones o divisiones de los datos, lo que finalmente se ve representado en un árbol jerárquico ó dendrograma (DILLON y GOLDSTEIN, 1984).

Por último se realizó un segundo CVA para determinar si los grupos formados en el Análisis de Conglomerados eran estadísticamente diferentes.

Para la realización de los análisis estadísticos se usaron los programas computacionales SAS versión 6.12 (1997) y STATISTICA versión 5.5 (2000).

## 4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 4.1 Primer corte: Estado vegetativo (99 genotipos).

Este corte se realizó el día 16 de noviembre de 2002, estando el genotipo local (CN 15 Estación Experimental Santa Rosa) en estado vegetativo con cuatro hojas. Al momento del corte, todos los genotipos restantes se encontraban en estado vegetativo, sin evidencia de elongación del tallo floral. RAMIREZ *et al.* (1989b), señala que la floración de *Agrostis* comenzaría en enero.

**4.1.1 Análisis de Variables Canónicas (CVA).** Para este corte, el estadístico multivariado Wilk's Lambda fue significativo ( $p < 0,05$ ), indicando que existieron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos de *A. capillaris* en estado vegetativo. El CVA indicó que, del total de variables medidas, las variables de largo de lámina, ancho de lámina, peso de vainas y peso de láminas explicaron en mayor grado las diferencias entre los genotipos de *A. capillaris*.

El Cuadro 2, muestra la estructura canónica total, la que refleja la asociación entre las variables originales y las nuevas variables, representadas en este caso, por CAN 1, CAN 2 y CAN 3. El aumento del valor del coeficiente entre la variable original (por ejemplo, largo de lámina) y una variable canónica, evidencia un mayor grado de asociación entre ellas. Esta asociación puede ser positiva o negativa, la que se indica con el signo + o -.

Los resultados obtenidos en el CVA para las primeras tres variables canónicas para el estado vegetativo, indican que CAN 1 explica el 35,7% de las

diferencias entre los genotipos, CAN 2 explica el 26,6% y CAN 3 el 20,2%. En conjunto las tres variables canónicas explican el 82,5% de las diferencias.

**CUADRO 2 Estructura canónica total, eigenvalores y proporción de la varianza total explicada por las tres primeras variables canónicas para el primer corte.**

| VARIABLES ORIGINALES SELECCIONADAS | CAN 1   | CAN 2   | CAN 3  |
|------------------------------------|---------|---------|--------|
| Largo lámina                       | -0.3129 | -0.4011 | 0,6807 |
| Ancho lámina                       | 0,3217  | -0.5089 | 0,7181 |
| Peso vainas                        | -0.2990 | 0,2047  | 0,8411 |
| Peso láminas                       | 0,0396  | 0,1391  | 0,9819 |
| Eigenvalores                       | 0,8409  | 0,6265  | 0,4749 |
| Proporción explicada (%)           | 35,7    | 26,6    | 20,2   |
| Proporción acumulada (%)           | 35,7    | 62,3    | 82,5   |

En el Cuadro 2, se observa que asociada positivamente a CAN 1 se encuentra el ancho de lámina y negativamente el largo de lámina y el peso de vainas, manteniéndose el peso de láminas casi neutro. Esto sugiere que existe una compensación que mantiene el peso de las láminas con poca variación, debido al contraste entre el largo y el ancho de láminas. CAN 2, discrimina los genotipos a través del contraste entre el peso de vainas y el largo y ancho de las láminas. Se sugiere entonces que, hojas más pequeñas poseían vainas pesadas, manteniéndose así el peso de las hojas. CAN 3 está asociada positivamente con genotipos que presentaron un mayor crecimiento de hojas.

Lo anterior puede visualizarse mejor en el gráfico de la Figura 1, donde se muestra la estructura canónica (CAN 1 v/s CAN 2) para el estado vegetativo. El eigenvalor mide la importancia de cada uno de los componentes en términos de varianza absoluta, siendo 0,84 para CAN 1 y 0,63 para CAN 2, explicando en conjunto el 62,3% de la variación total.

El gráfico de la Figura 2, muestra los puntajes canónicos para los genotipos de *A. capillaris*, identificados por zona de colección para las variables CAN 1 y CAN 2, donde se observa que plantas que se ubicaron en los extremos correspondieron a genotipos con características fenotípicas contrastantes para este estado vegetativo. El Anexo 1, muestra los puntajes canónicos de los genotipos ordenados de mayor a menor para las tres primeras variables canónicas para este corte.

El Cuadro 3, presenta los promedios de las variables evaluadas de los cinco genotipos con puntajes canónicos más altos (positivos y negativos) destacados para CAN 1.

**CUADRO 3 Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 1 para el estado vegetativo.**

| Genotipo | Zona colecta | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Peso vainas (mg) | Peso láminas (mg) |
|----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 12       | CN           | 2,65             | 59,2              | 3,1               | 5,4              | 17,3              |
| 62       | Ñ            | 1,82             | 65,7              | 3                 | 15,5             | 33,7              |
| 66       | CS           | 1,81             | 58,1              | 3,1               | 14,7             | 32,6              |
| 45       | P            | 1,77             | 63,2              | 2,6               | 7,7              | 23,3              |
| 41       | CS           | 1,38             | 72,3              | 2,8               | 16,9             | 37,1              |
| 72       | P            | -1,40            | 55                | 2                 | 12,2             | 17,9              |
| 9        | CN           | -1,42            | 98,7              | 2,6               | 21,4             | 33,9              |
| 70       | P            | -1,59            | 68,8              | 2,8               | 22               | 27,4              |
| 85       | P            | -1,72            | 92                | 2,8               | 17,3             | 26,8              |
| 36       | P            | -2,24            | 83,7              | 2,3               | 36,9             | 39,3              |

Claves: CN = Llano Central Norte, CS = Llano Central Sur, P = Precordillera Andina, Ñ = Ñadis.

En el Cuadro 3, se aprecia que los cinco genotipos con los puntajes canónicos positivos más altos para CAN 1 correspondieron a CN<sub>12</sub>, Ñ<sub>62</sub>, CS<sub>66</sub>, P<sub>45</sub> y CS<sub>41</sub>, con puntajes canónicos de 2,65; 1,82; 1,81; 1,77 y 1,38, respectivamente. Estos genotipos presentaron láminas más cortas y más anchas, y aparentemente menor peso de las mismas, y vainas notoriamente más livianas. Destacó en este grupo el genotipo CN<sub>12</sub>, con el mayor puntaje canónico positivo.



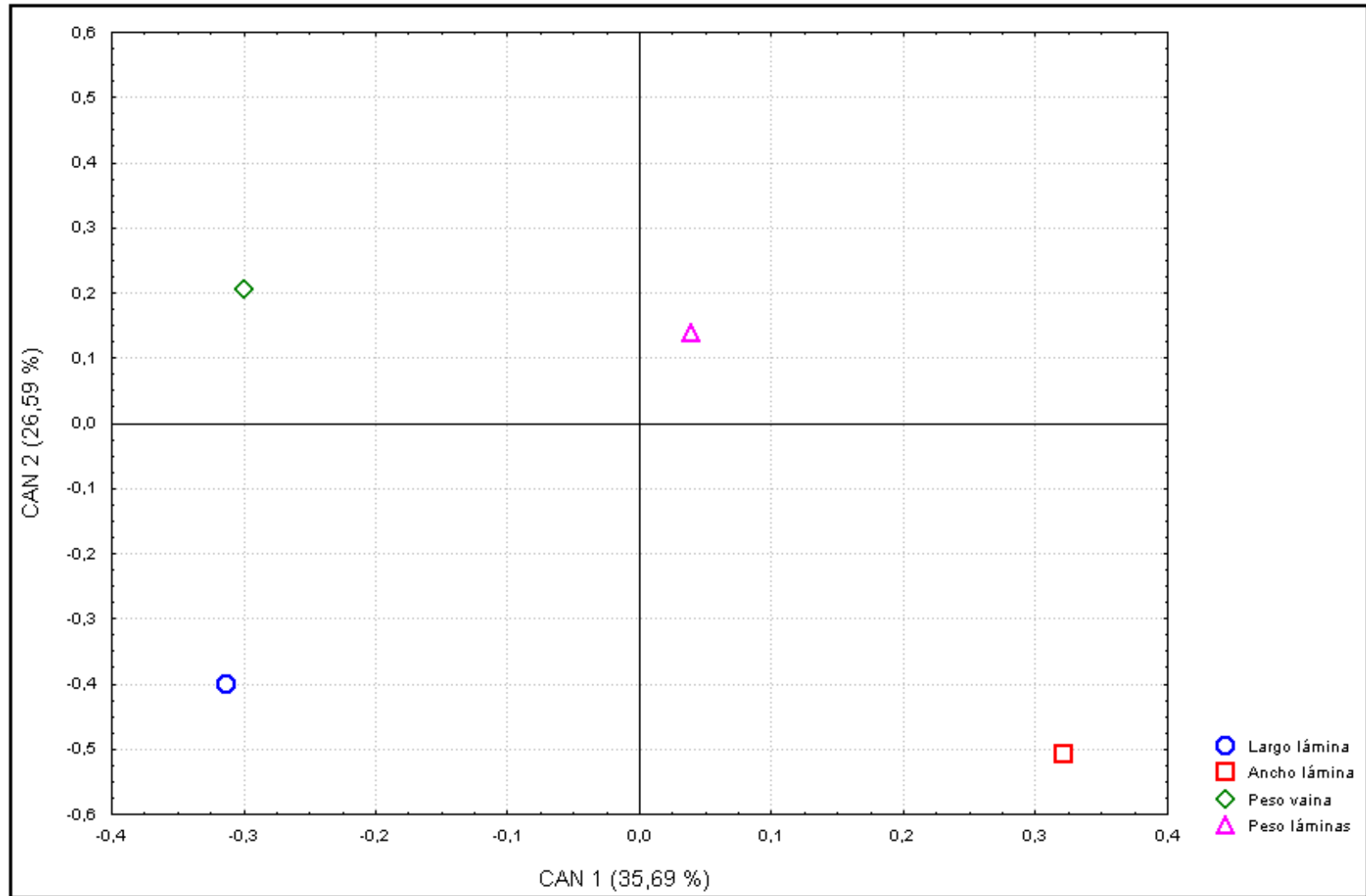
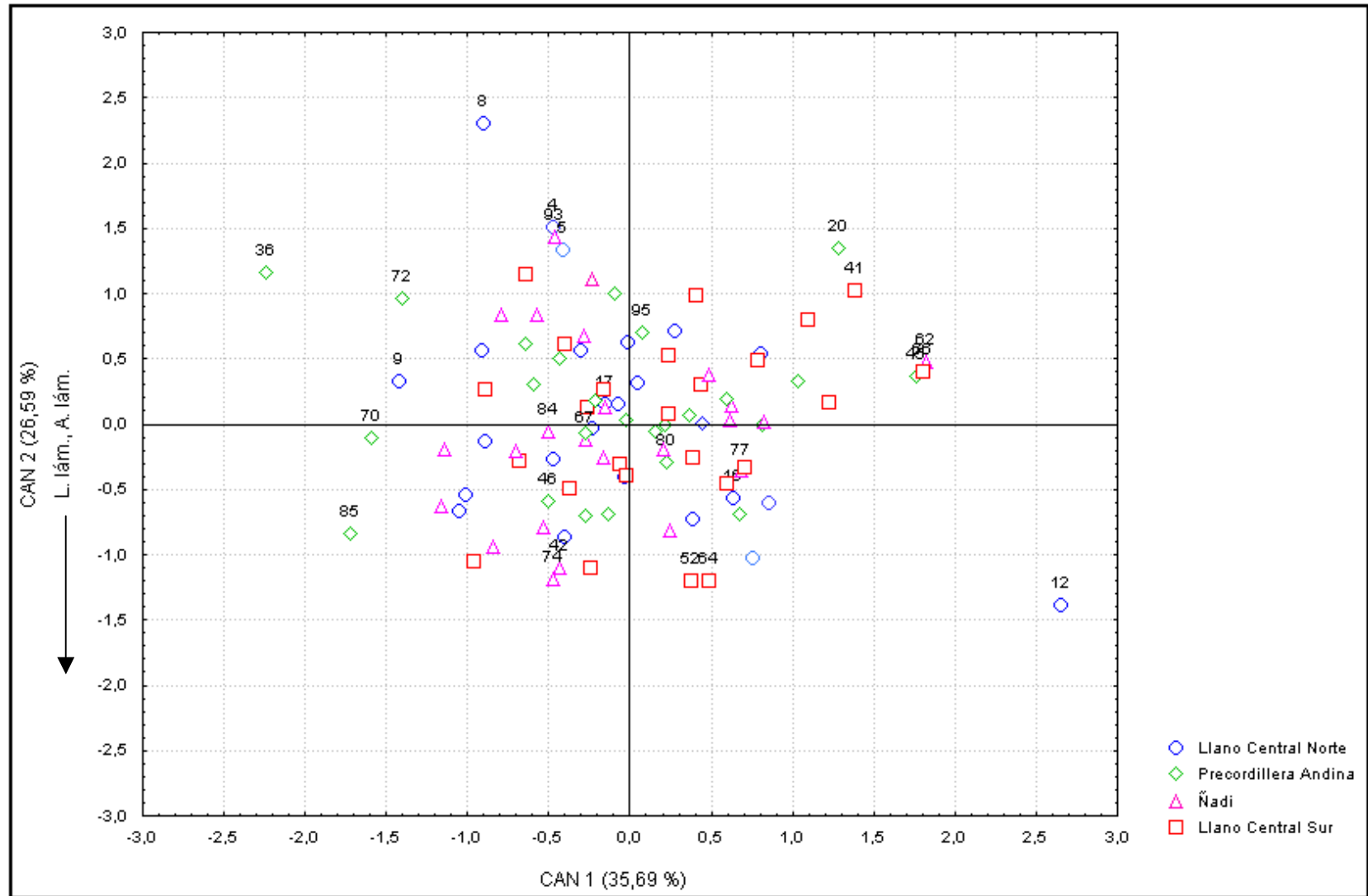


FIGURA 1 Estructura canónica total para los genotipos de *A. capillaris* en estado vegetativo.



**FIGURA 2** Puntajes canónicos de los genotipos de *A. capillaris* en estado vegetativo.

En cuanto a los cinco genotipos con los puntajes canónicos negativos más altos para CAN 1, estos correspondieron a macollos con láminas más largas y más angostas, mayor peso de vainas y similar peso de láminas, en comparación con los genotipos con puntajes positivos. Estos genotipos fueron P<sub>72</sub>, CN<sub>9</sub>, P<sub>70</sub>, P<sub>85</sub> y P<sub>36</sub>, con puntajes canónicos de -1,40; -1,42; -1,59; -1,72 y -2,24, respectivamente. El genotipo P<sub>36</sub> se destacó en este grupo con el mayor puntaje canónico negativo.

Para CAN 2, los cinco genotipos con los puntajes canónicos positivos más altos fueron CN<sub>8</sub>, CN<sub>4</sub>, Ñ<sub>93</sub>, P<sub>20</sub> y CN<sub>5</sub>, con puntajes canónicos de 2,30; 1,51; 1,43; 1,35 y 1,34, respectivamente. Mientras que los cinco genotipos con los puntajes canónicos negativos más altos fueron Ñ<sub>42</sub>, Ñ<sub>74</sub>, CS<sub>52</sub>, CS<sub>64</sub> y CN<sub>12</sub>, con puntajes de -1,10; -1,19; -1,20; -1,20 y -1,39, respectivamente. El Cuadro 4 muestra los promedios de las variables evaluadas de los cinco genotipos con puntajes canónicos más altos destacados para CAN 2 (positivos y negativos).

**CUADRO 4 Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 2 para el estado vegetativo.**

| Genotipo | Zona colecta | Puntaje canónico | Largo Lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Peso vainas (mg) | Peso láminas (mg) |
|----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 8        | CN           | 2,30             | 64,7              | 2                 | 17,9             | 29,3              |
| 4        | CN           | 1,51             | 62,7              | 2,2               | 14               | 25,2              |
| 93       | Ñ            | 1,43             | 80                | 2,7               | 27,6             | 47,7              |
| 20       | P            | 1,35             | 57,3              | 2,9               | 20,2             | 36,7              |
| 5        | CN           | 1,34             | 57,3              | 2,2               | 13,5             | 23,3              |
| 42       | Ñ            | -1,10            | 81                | 3,2               | 18,8             | 32,2              |
| 74       | Ñ            | -1,19            | 94                | 2,9               | 13,1             | 28,6              |
| 52       | CS           | -1,20            | 88,8              | 3,3               | 14,2             | 31,4              |
| 64       | CS           | -1,20            | 89,4              | 3,3               | 16,8             | 33,5              |
| 12       | CN           | -1,39            | 59,2              | 3,1               | 5,4              | 17,3              |

Claves: CN = Llano Central Norte, CS = Llano Central Sur, P = Precordillera Andina, Ñ = Nadis.

Los cinco puntajes canónicos positivos más altos en CAN 2 (Cuadro 4) correspondieron a genotipos con láminas más cortas y angostas, y vainas más

pesadas. El genotipo CN<sub>8</sub> destacó en este grupo con el mayor puntaje canónico positivo.

Los cinco puntajes canónicos negativos más altos correspondieron a genotipos con láminas más largas y más anchas, además de vainas más livianas. Destaca el genotipo CN<sub>12</sub> que alcanzó el mayor puntaje canónico negativo.

En el Cuadro 5, se presentan los promedios de las variables evaluadas de los cinco genotipos con los puntajes canónicos más altos destacados para CAN 3 (positivos y negativos).

**CUADRO 5 Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 3 para el estado vegetativo.**

| Genotipo | Zona colecta | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Peso vainas (mg) | Peso láminas (mg) |
|----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 80       | P            | 1,32             | 100,8             | 3,4               | 26,3             | 51,6              |
| 46       | P            | 1,30             | 102,2             | 3,4               | 28,5             | 48,4              |
| 17       | CN           | 1,13             | 97,2              | 3,1               | 25,9             | 47,7              |
| 84       | Ñ            | 1,01             | 104,2             | 3                 | 24,8             | 42,7              |
| 77       | Ñ            | 0,98             | 90,6              | 3,3               | 21,1             | 44                |
| 95       | P            | -1,09            | 56,5              | 2,3               | 11,3             | 21,1              |
| 67       | Ñ            | -1,10            | 61,7              | 2,5               | 10,8             | 20,5              |
| 16       | CN           | -1,30            | 64,1              | 2,6               | 10               | 21,1              |
| 12       | CN           | -1,41            | 59,2              | 3,1               | 5,4              | 17,3              |
| 72       | P            | -1,43            | 55                | 2                 | 12,2             | 17,9              |

Claves: CN = Llano Central Norte, CS = Llano Central Sur, P = Precordillera Andina, Ñ = Ñadis.

Se observa en el Cuadro 5 que, los cinco genotipos con los puntajes canónicos positivos más altos para CAN 3 fueron P<sub>80</sub>, P<sub>46</sub>, CN<sub>17</sub>, Ñ<sub>84</sub> y Ñ<sub>77</sub> con puntajes canónicos de 1,32; 1,30; 1,13; 1,01 y 0,98, respectivamente. Estos genotipos presentaron láminas más largas y más anchas, y vainas y láminas más pesadas que los genotipos del extremo opuesto. Destacó el genotipo P<sub>80</sub> con el puntaje canónico positivo más alto.

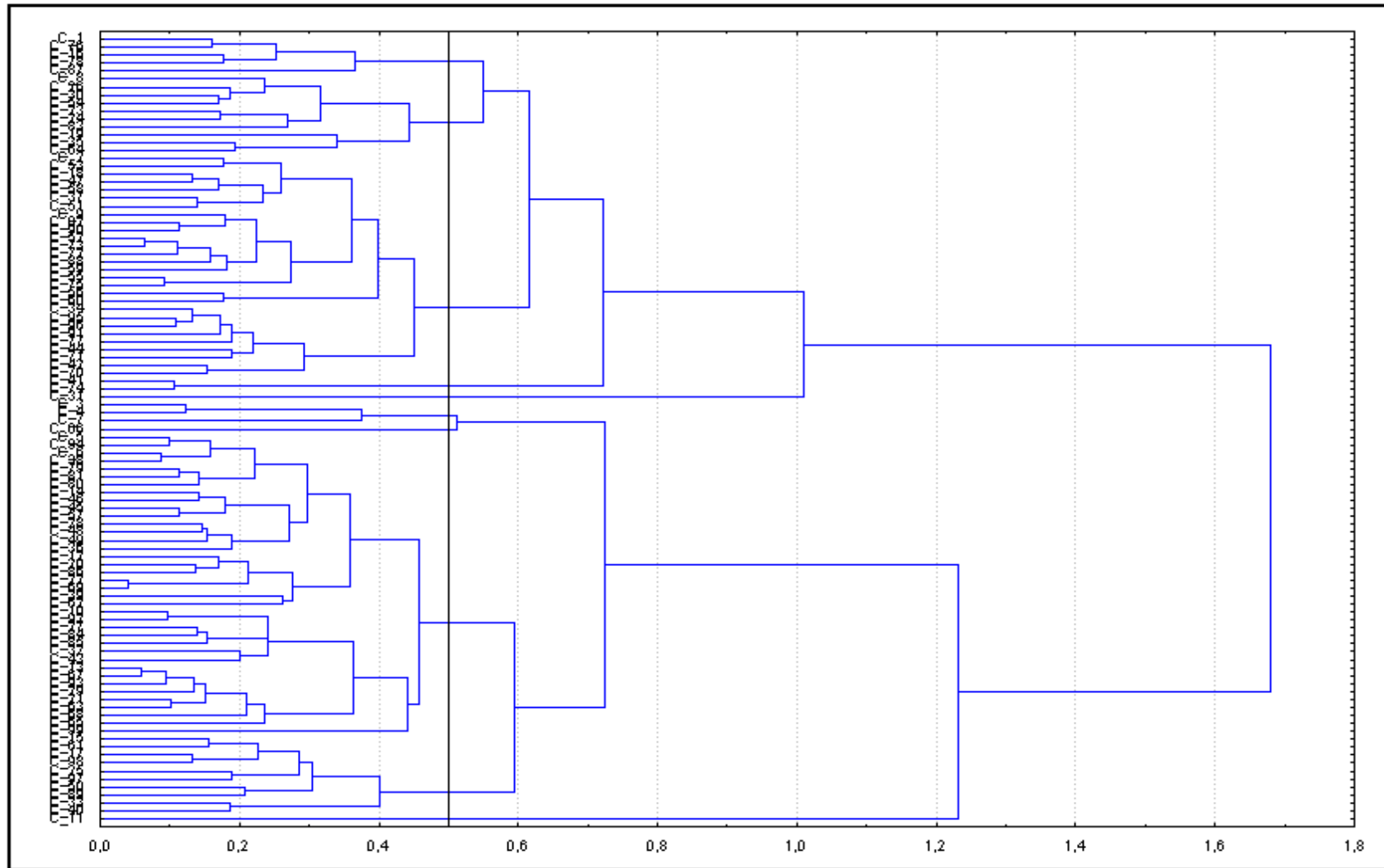
Con los cinco puntajes canónicos negativos más altos se ubicaron los genotipos P<sub>95</sub>, Ñ<sub>67</sub>, CN<sub>16</sub>, CN<sub>12</sub> y P<sub>72</sub>, con puntajes canónicos de -1,09; -1,10; -1,30; -1,41 y -1,43, respectivamente. Ellos presentaron láminas largas y angostas, y vainas y hojas más livianas. Destacó el genotipo P<sub>72</sub> con el puntaje canónico negativo más alto.

**4.1.2 Análisis de Conglomerados.** A través del análisis de conglomerados realizado al primer corte se determinaron diez grupos, considerando los 99 genotipos de *A. capillaris* estudiados. En el dendrograma de la Figura 3, se observan los grupos obtenidos para el estado vegetativo y la línea de corte.

A los diez grupos se les realizó un CVA para determinar como se distribuían respecto de las variables evaluadas. El estadístico multivariado Wilk's Lambda arrojó diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre los diez grupos.

En el Cuadro 6, se detalla el ordenamiento de los genotipos de acuerdo al grupo que conformaron para el estado vegetativo.

Los resultados del CVA para las dos primeras variables canónicas, realizado sobre los diez grupos de genotipos de *A. capillaris* para el estado vegetativo, se muestran en el Cuadro 7.



**FIGURA 3** Agrupación de genotipos de *A. capillaris* en estado vegetativo, según análisis de conglomerados, y grupos resultantes.

**CUADRO 6 Grupos formados por el análisis de conglomerados, con los 99 genotipos analizados para el estado vegetativo.**

| Grupos  |         |         |        |        |        |        |          |         |         |
|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|---------|
| 1       | 2       | 3       | 4      | 5      | 6      | 7      | 8        | 9       | 10      |
| 2 (CN)  | 9 (CN)  | 3 (CN)  | 46 (P) | 36 (P) | 4 (CN) | 72 (P) | 6 (CN)   | 16 (CN) | 12 (CN) |
| 17 (CN) | 20 (P)  | 10 (CN) | 80 (P) |        | 5 (CN) |        | 7 (CN)   | 18 (CN) |         |
| 82 (CS) | 24 (Ñ)  | 19 (CN) |        |        | 8 (CN) |        | 11 (CN)  | 27 (CN) |         |
| 84 (Ñ)  | 25 (Ñ)  | 39 (CS) |        |        |        |        | 13 (CN)  | 38 (P)  |         |
| 93 (Ñ)  | 28 (CN) | 42 (Ñ)  |        |        |        |        | 14 (CN)  | 45 (P)  |         |
|         | 33 (CN) | 47 (P)  |        |        |        |        | 15 (CN)  | 55 (CS) |         |
|         | 40 (CN) | 49 (CS) |        |        |        |        | 21 (P)   | 67 (Ñ)  |         |
|         | 60 (Ñ)  | 52 (CS) |        |        |        |        | 22 (P)   | 95 (P)  |         |
|         | 70 (P)  | 57 (CS) |        |        |        |        | 23 (P)   | 103 (Ñ) |         |
|         | 89 (CS) | 58 (Ñ)  |        |        |        |        | 29 (CN)  | 104 (P) |         |
|         |         | 59 (Ñ)  |        |        |        |        | 30 (CN)  |         |         |
|         |         | 61 (Ñ)  |        |        |        |        | 31 (CN)  |         |         |
|         |         | 62 (Ñ)  |        |        |        |        | 37 (P)   |         |         |
|         |         | 64 (CS) |        |        |        |        | 41 (CS)  |         |         |
|         |         | 65 (CS) |        |        |        |        | 43 (P)   |         |         |
|         |         | 66 (CS) |        |        |        |        | 44 (CS)  |         |         |
|         |         | 76 (P)  |        |        |        |        | 48 (Ñ)   |         |         |
|         |         | 77 (Ñ)  |        |        |        |        | 50 (CS)  |         |         |
|         |         | 78 (P)  |        |        |        |        | 51 (CS)  |         |         |
|         |         | 79 (P)  |        |        |        |        | 53 (CS)  |         |         |
|         |         | 81 (CS) |        |        |        |        | 54 (CS)  |         |         |
|         |         | 83 (Ñ)  |        |        |        |        | 63 (CS)  |         |         |
|         |         | 88 (Ñ)  |        |        |        |        | 68 (P)   |         |         |
|         |         | 94 (CS) |        |        |        |        | 69 (P)   |         |         |
|         |         | 96 (P)  |        |        |        |        | 71 (P)   |         |         |
|         |         | 97 (Ñ)  |        |        |        |        | 73 (P)   |         |         |
|         |         | 101 (Ñ) |        |        |        |        | 74 (Ñ)   |         |         |
|         |         | 102 (Ñ) |        |        |        |        | 75 (Ñ)   |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 85 (P)   |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 86 (Ñ)   |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 87 (Ñ)   |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 90 (CS)  |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 91 (CS)  |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 92 (Ñ)   |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 98 (CS)  |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 99 (CS)  |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 100 (CS) |         |         |
|         |         |         |        |        |        |        | 105 (CS) |         |         |

Claves: CN = Llano Central Norte, CS = Llano Central Sur, P = Precordillera Andina, Ñ = Nadis.

Se aprecia en el Cuadro 7 que, CAN 1 explica el 49,6% de las diferencias entre los grupos formados y CAN 2 explica el 39,8% de las diferencias. En conjunto, las dos variables canónicas explican el 89,4% de las diferencias entre los diez grupos formados en el estado vegetativo.

**CUADRO 7 Estructura canónica total, eigenvalores y proporción de la varianza total, explicada por las dos primeras variables canónicas para los diez grupos de genotipos formados en el estado vegetativo.**

| VARIABLES ORIGINALES SELECCIONADAS | CAN 1  | CAN 2   |
|------------------------------------|--------|---------|
| Largo lámina                       | 0,4922 | 0,3176  |
| Ancho lámina                       | 0,9813 | -0,1851 |
| Peso vainas                        | 0,6712 | 0,6885  |
| Peso láminas                       | 0,8141 | 0,5388  |
| Eigenvalores                       | 0,3795 | 0,3045  |
| Proporción explicada (%)           | 49,6   | 39,8    |
| Proporción acumulada (%)           | 49,6   | 89,4    |

Para CAN 1, las variables que influenciaron mayormente en la separación de grupos fueron ancho de lámina y peso de láminas, asociadas positivamente, mientras que las variables de largo de lámina y peso de vainas presentaron un menor grado de asociación positiva a CAN 1. Para CAN 2, las variables que explicaron en mayor medida las diferencias entre los grupos fueron peso de vainas y peso de láminas. La Figura 4, presenta la estructura canónica total de los diez grupos para el estado vegetativo. En la Figura 5, se muestra el gráfico de puntajes canónicos para los diez grupos de genotipos de *A. capillaris* para el estado vegetativo, donde a mayor distanciamiento entre los grupos, mayor serán las diferencias fenotípicas entre ellos.

Los Cuadros 8 y 9, muestran los puntajes canónicos para los diez grupos formados y sus características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 1 y CAN 2 respectivamente.



**CUADRO 8 Puntajes canónicos de los diez grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 1 en el estado vegetativo.**

| Grupo | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Peso vainas (mg) | Peso láminas (mg) |
|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 4     | 1,47             | 101,5             | 3,4               | 27,4             | 50                |
| 3     | 0,70             | 80,6              | 3,1               | 19,2             | 36                |
| 1     | 0,47             | 92,4              | 2,9               | 25,7             | 46,2              |
| 10    | 0,02             | 59,2              | 3,1               | 5,4              | 17,3              |
| 8     | -0,25            | 79                | 2,7               | 14,4             | 28,9              |
| 2     | -0,26            | 76,6              | 2,7               | 21,2             | 34,1              |
| 5     | -0,79            | 83,7              | 2,3               | 36,9             | 39,3              |
| 9     | -0,91            | 66,4              | 2,5               | 10,6             | 21,5              |
| 6     | -1,48            | 61,6              | 2,1               | 15,1             | 25,9              |
| 7     | -1,94            | 55                | 2                 | 12,2             | 17,9              |

En el Cuadro 8, se observa que para CAN 1, los grupos con puntajes canónicos positivos fueron los grupos 4, 3, 1 y 10, con puntajes de 1,47; 0,70; 0,47; y 0,02, respectivamente. En tanto que los grupos con puntajes canónicos negativos fueron los grupos 8, 2, 5, 9, 6 y 7, con puntajes de -0,25; -0,26; -0,79; -0,91; -1,48 y -1,94, respectivamente.

Los grupos con puntajes canónicos positivos en CAN1, están conformados esencialmente por genotipos con láminas más cortas y anchas, con vainas y láminas más pesadas. Los grupos del extremo negativo correspondieron a genotipos con láminas más largas y angostas, y con menor peso de vainas y láminas.

En tanto que para CAN 2 (Cuadro 9), los grupos con puntajes canónicos positivos fueron los grupos 5, 1, 6, 2, 7 y 4, con puntajes de 2,25; 1,08; 1,05; 0,76; 0,63 y 0,50, respectivamente. Mientras que los grupos con puntajes canónicos negativos fueron los grupos 8, 3, 9 y 10, con puntajes de -0,06; -0,21; -0,58; y -3,37, respectivamente.

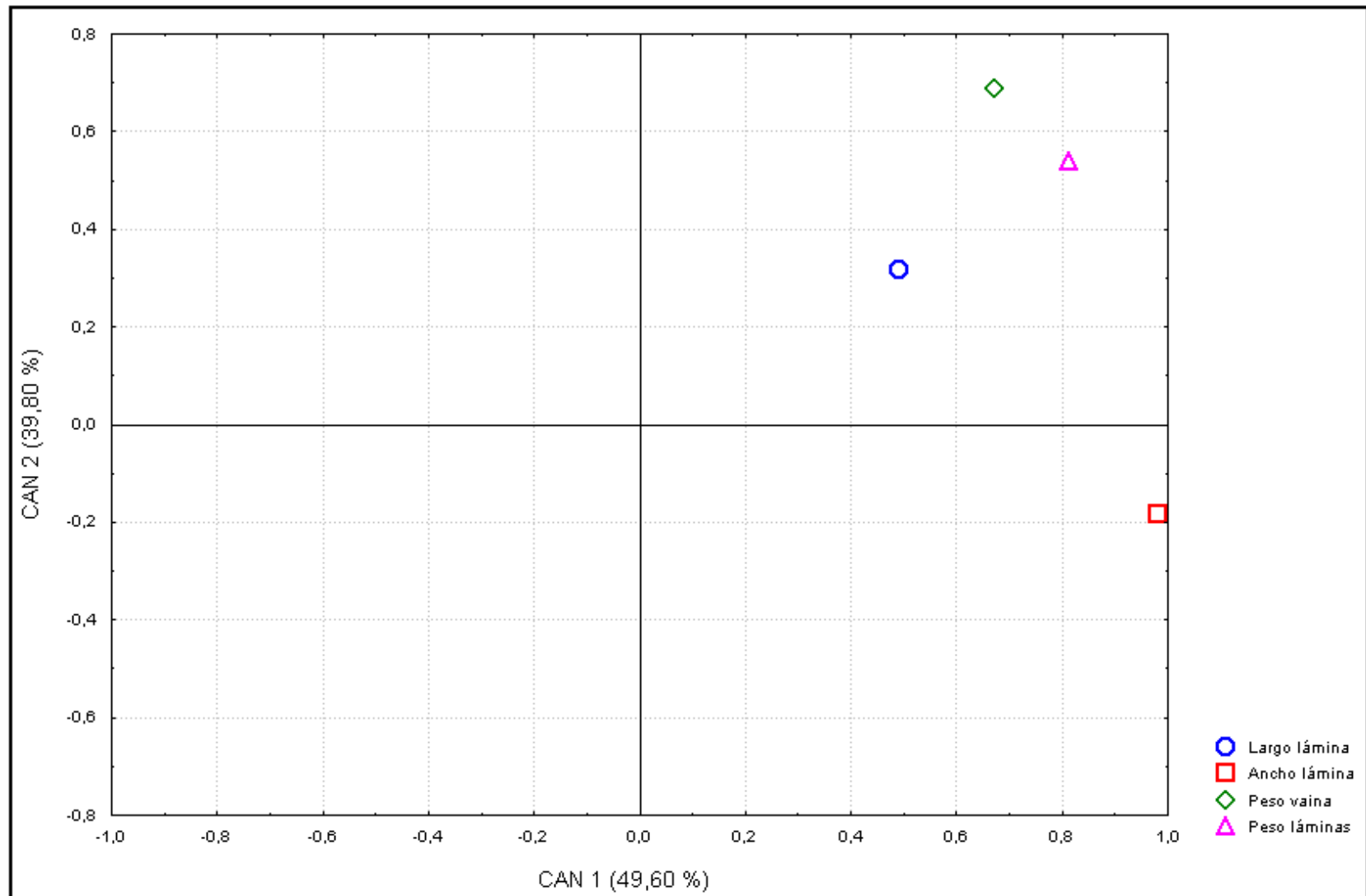


FIGURA 4 Estructura canónica total de los diez grupos de genotipos de *A. capillaris* en estado vegetativo.

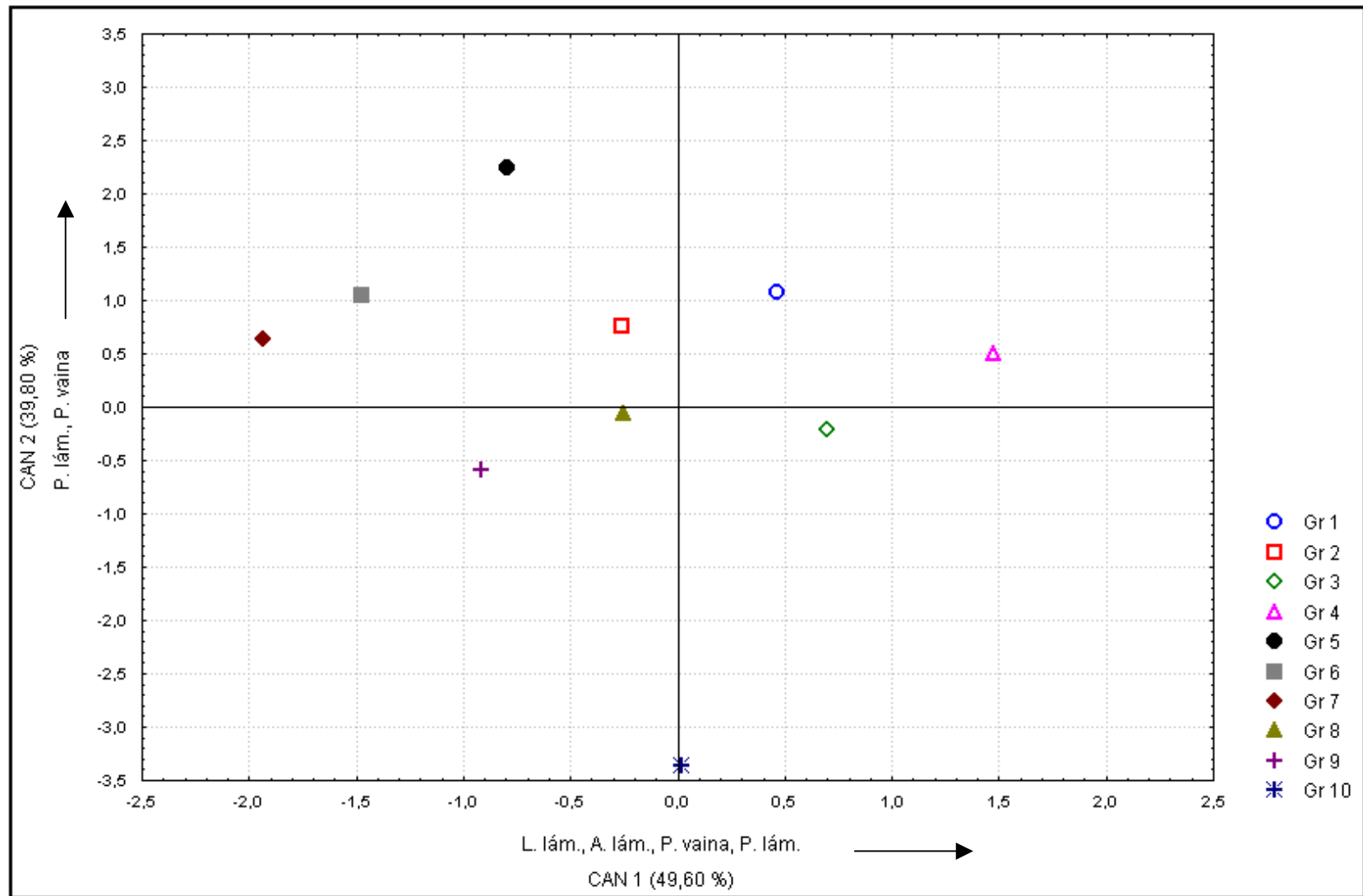


FIGURA 5 Puntajes canónicos de los diez grupos de genotipos de *A. capillaris* en estado vegetativo.

**CUADRO 9 Puntajes canónicos de los diez grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 2 en el estado vegetativo.**

| Grupo | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Peso vainas (mg) | Peso láminas (mg) |
|-------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 5     | 2.25             | 83,7              | 2,3               | 36,9             | 39,3              |
| 1     | 1.08             | 92,4              | 2,9               | 25,7             | 46,2              |
| 6     | 1.05             | 61,6              | 2,1               | 15,1             | 25,9              |
| 2     | 0.76             | 76,6              | 2,7               | 21,2             | 34,1              |
| 7     | 0.63             | 55                | 2                 | 12,2             | 17,9              |
| 4     | 0.50             | 101,5             | 3,4               | 27,4             | 50                |
| 8     | -0.06            | 79                | 2,7               | 14,4             | 28,9              |
| 3     | -0.21            | 80,6              | 3,1               | 19,2             | 36                |
| 9     | -0.58            | 66,4              | 2,5               | 20               | 21,5              |
| 10    | -3.37            | 59,2              | 3,1               | 5,4              | 17,3              |

El Cuadro 9, muestra que los grupos con puntajes canónicos positivos en CAN 2, están conformados esencialmente por genotipos con láminas largas y angostas, y vainas y hojas pesadas. Los grupos del extremo negativo correspondieron a genotipos con láminas más cortas pero más anchas, y vainas y hojas más livianas.

En este corte, los dos grupos con mayor peso seco total fueron los grupos 4 y 5, con 77,58 mg y 76,12 mg, respectivamente. Mientras que los dos grupos con menor peso seco total fueron los grupos 7 y 10, con 30,10 mg y 22,70 mg, respectivamente.

#### **4.2 Segundo corte: Estado de bota (98 genotipos).**

Este corte se realizó los días 12 y 13 de diciembre de 2002, cuando el genotipo local (CN 15 Estación Experimental Santa Rosa) se encontraba en estado de bota. Al momento del corte, la mayor parte de los genotipos del ensayo se encontraban en estado de bota o embuchamiento, lo cual coincide con el estadio cuatro de la escala fenológica de Zadoks para plantas mono y dicotiledóneas, descrito por MEIER (2001).

**4.2.1 Análisis de Variables Canónicas (CVA).** Para este corte el estadístico multivariado Wilk's Lambda no fue significativo ( $p>0,05$ ), no existiendo diferencias estadísticas significativas entre los genotipos de *A. capillaris* en este estado fenológico. Esto puede atribuirse a la homogeneidad de las plantas cuando se encuentran en este estado, sin presentar diferencias morfológicas marcadas y estadísticamente significativas entre genotipos.

MORALES (2003), no encontró diferencias significativas entre plantas de *A. capillaris* en este estado, concluyendo que no era posible diferenciar grupos.

En este caso, al no encontrarse diferencias, debido al comportamiento homogéneo que presentaron las plantas, no se realizó un Análisis de Conglomerados.

#### **4.3 Tercer corte: Estado de grano maduro (98 genotipos).**

Este corte se realizó los días 15 y 16 de febrero de 2003. En ese momento, el genotipo local (Nº 15 Estación Experimental Santa Rosa) se encontraba en estado de grano maduro.

La mayoría de los genotipos se encontraban en la fase de grano maduro al momento del corte, coincidiendo con el estadio ocho de la escala fenológica de Zadoks para plantas mono y dicotiledóneas, descrito por MEIER (2001). Sin embargo, otros genotipos no presentaron inflorescencia.

**4.3.1 Análisis de Variables Canónicas (CVA).** El estadístico multivariado Wilk's Lambda fue significativo para este corte ( $P<0,05$ ), indicando que existieron diferencias estadísticas significativas entre los genotipos de *A. capillaris*. Las variables que mejor explicaron estas diferencias fueron largo de lámina, ancho de lámina, largo de inflorescencia, peso de láminas y peso de inflorescencia.

El Cuadro 10, muestra los resultados obtenidos en el CVA para las primeras tres variables canónicas de este corte, donde se aprecia que CAN 1 explica el 29,4% de las diferencias entre los genotipos, CAN 2 explica el 21,8% y CAN 3 el 20,5%. En conjunto las tres variables canónicas explican el 71,7% de las diferencias.

**CUADRO 10 Estructura canónica total, eigenvalores y proporción de la varianza total explicada por las tres primeras variables canónicas para el tercer corte.**

| Variables originales seleccionadas | CAN 1   | CAN 2   | CAN 3   |
|------------------------------------|---------|---------|---------|
| Largo lámina                       | 0,4079  | 0,7876  | 0,4208  |
| Ancho lámina                       | 0,3902  | 0,2836  | 0,0155  |
| Largo inflorescencia               | -0.5732 | -0.3037 | 0,4439  |
| Peso láminas                       | 0,3575  | 0,6039  | -0.6457 |
| Peso inflorescencia                | -0.3268 | -0.3487 | 0,5040  |
| Eigenvalores                       | 1,1118  | 0,8264  | 0,7758  |
| Proporción explicada (%)           | 29,4    | 21,8    | 20,5    |
| Proporción acumulada (%)           | 29,4    | 51,2    | 71,7    |

En el Cuadro 10, se aprecia también que CAN 1 es influenciada positivamente y en mayor grado por el largo de lámina y ancho de lámina, y negativamente por el largo de inflorescencia. De esto se desprende que CAN 1 está relacionada con macollos que presentaron láminas pesadas e inflorescencias cortas. CAN 2 es influenciada positivamente y en mayor grado por el largo de lámina y peso de láminas, y negativamente por largo y peso de inflorescencia, sugiriendo que esta variable canónica está relacionada con macollos con láminas largas y pesadas, e inflorescencias cortas y más livianas. Por su parte, CAN 3 está influenciada positivamente por el largo de lámina, largo de inflorescencia y materia seca de inflorescencia, y negativamente por peso de láminas. Esto sugiere la relación de CAN 3 con macollos con láminas livianas y con inflorescencias largas y pesadas.

La Figura 6 muestra el gráfico de la estructura canónica (CAN 1 v/s CAN 2) para el estado de grano maduro. En el gráfico de la Figura 7, se presentan los puntajes canónicos para los genotipos de *A. capillaris*, identificados por zona de colección para las variables CAN 1 y CAN 2, donde se observa que plantas que se ubicaron en los extremos correspondieron a genotipos con características fenotípicas contrastantes.

El Anexo 2, muestra los puntajes canónicos de los genotipos ordenados de mayor a menor para las tres primeras variables canónicas para este corte.

En el Cuadro 11, se presentan los promedios de las variables evaluadas de los cinco genotipos con puntajes canónicos más altos (positivos y negativos) destacados para CAN 1.

**CUADRO 11 Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 1 para el estado de grano maduro.**

| Genotipo | Zona colecta | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Largo infloresc. (mm) | Peso láminas (mg) | Peso infloresc. (mg) |
|----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| 52       | CS           | 1,78             | 65,3              | 3,3               | -                     | 41,9              | -                    |
| 97       | Ñ            | 1,76             | 83,2              | 3,5               | -                     | 67,6              | -                    |
| 36       | P            | 1,58             | 54,3              | 2,7               | -                     | 51,8              | -                    |
| 23       | P            | 1,58             | 89,4              | 3                 | -                     | 63,6              | -                    |
| 29       | CN           | 1,56             | 104,3             | 3                 | -                     | 61                | -                    |
| 75       | Ñ            | -1,64            | 54,8              | 2,3               | 81,3                  | 36,1              | 19,1                 |
| 70       | P            | -1,72            | 43,7              | 1,9               | 102                   | 18,5              | 21,1                 |
| 21       | P            | -2,25            | 80,8              | 2,4               | 89,9                  | 37,2              | 25,4                 |
| 39       | CS           | -2,77            | 56,7              | 2,4               | 75,8                  | 32,1              | 12,4                 |
| 4        | CN           | -2,89            | 50,6              | 2,2               | 130,4                 | 22,1              | 13,8                 |

Claves: CN = Llano Central Norte, CS = Llano Central Sur, P = Precordillera Andina, Ñ = Nadis.

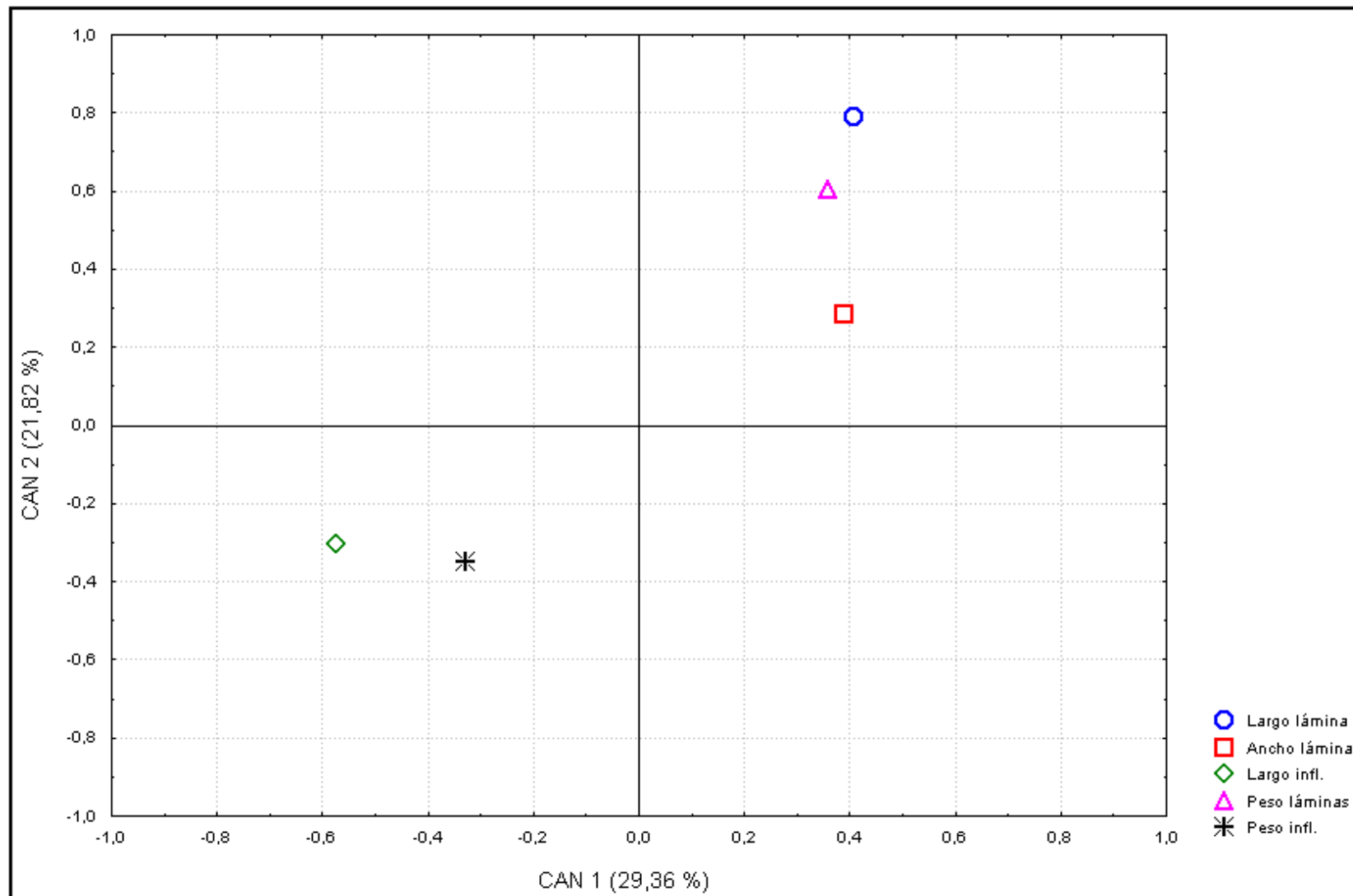
Se observa en el Cuadro 11 que, los cinco genotipos con los puntajes canónicos positivos más altos para CAN 1 correspondieron a CS<sub>52</sub>, Ñ<sub>97</sub>, P<sub>36</sub>, P<sub>23</sub> y CN<sub>29</sub>, con puntajes canónicos de 1,78; 1,76; 1,58; 1,58 y 1,56,

respectivamente. Estos genotipos presentaron láminas largas y anchas y mayor peso de láminas, y no presentaron inflorescencia al momento del corte. En este grupo destacó el genotipo CS<sub>52</sub>, con el mayor puntaje canónico positivo.

Los cinco genotipos con los puntajes canónicos negativos más altos para CAN 1 correspondieron a macollos con láminas más cortas y angostas, menor peso de láminas, e inflorescencias largas y pesadas, así contrastaron con los cinco genotipos del extremo opuesto. Estos genotipos fueron Ñ<sub>75</sub>, P<sub>70</sub>, P<sub>21</sub>, CS<sub>39</sub> y CN<sub>4</sub>, con puntajes canónicos de -1,64; -1,72; -2,25; -2,77; y -2,89, respectivamente. El genotipo CN<sub>4</sub> se destacó en este grupo con el mayor puntaje canónico negativo y largo de lámina de 50,58 mm, ancho de lámina de 2,21 mm, peso de láminas de 22,11 mg, y largo y peso de inflorescencia de 130,42 mm y 13,79 mg, respectivamente. Por lo tanto, CAN 1 explicó diferencias entre genotipos principalmente en el largo y ancho de lámina, materia seca de hojas y en mayor grado largo de inflorescencia y materia seca de inflorescencia.

Para CAN 2 (Cuadro 12), los cinco genotipos con los puntajes canónicos positivos más altos fueron Ñ<sub>102</sub>, P<sub>21</sub>, CN<sub>29</sub>, CS<sub>105</sub> y P<sub>23</sub> con puntajes canónicos de 2,25; 2,14; 1,94; 1,50 y 1,26, respectivamente. Mientras que los cinco genotipos con los puntajes canónicos negativos más altos fueron Ñ<sub>42</sub>, Ñ<sub>48</sub>, CS<sub>94</sub>, Ñ<sub>24</sub> y P<sub>22</sub>, con puntajes de -1,27; -1,41; -1,42; -1,60 y -1,66, respectivamente.





**FIGURA 6** Estructura canónica total para los genotipos de *A. capillaris* en estado de grano maduro.

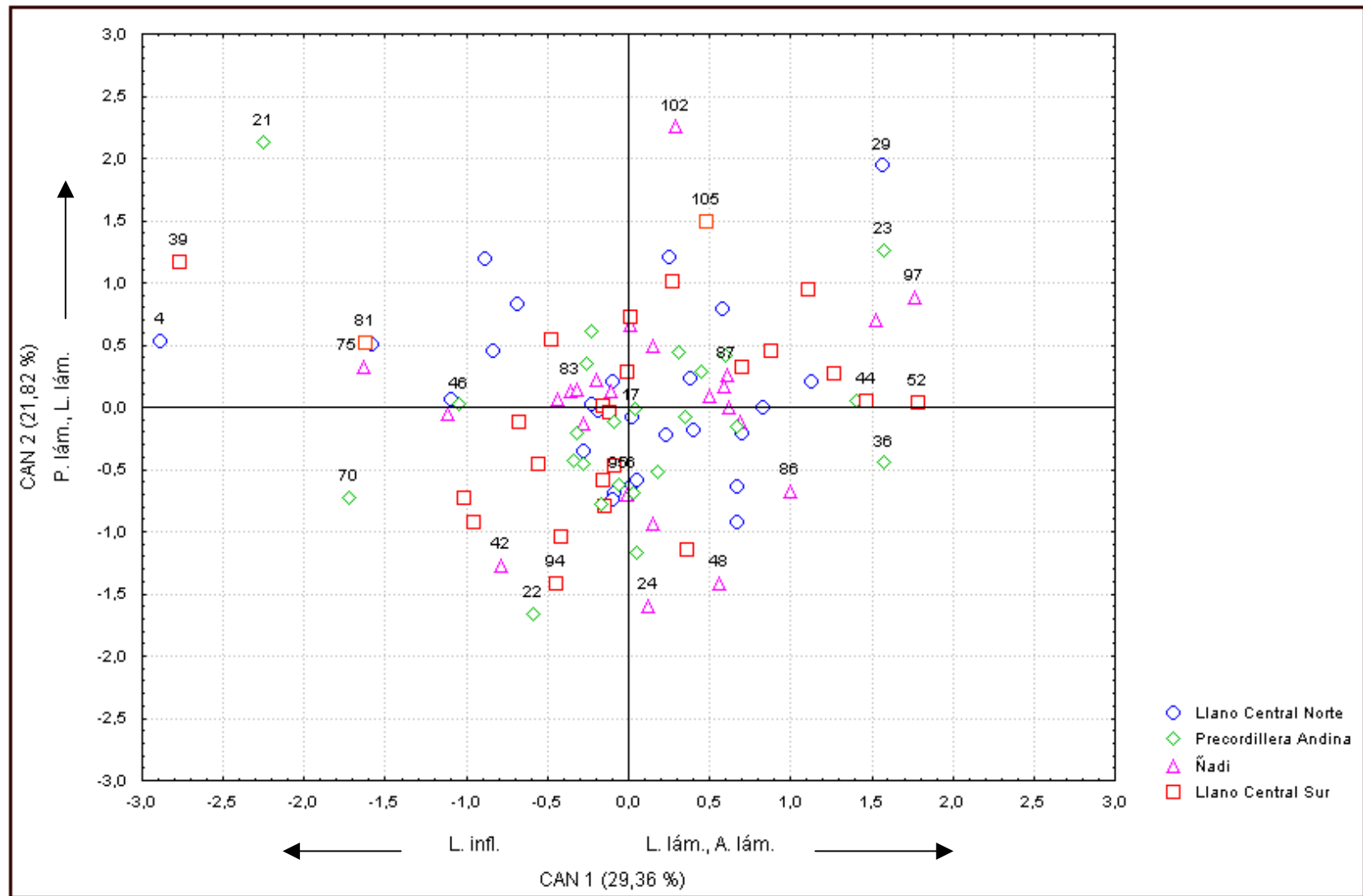


FIGURA 7 Puntajes canónicos de los genotipos de *A. capillaris* en estado de grano maduro.

**CUADRO 12 Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 2 para el estado de grano maduro.**

| Genotipo | Zona colecta | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Largo infloresc. (mm) | Peso láminas (mg) | Peso infloresc. (mg) |
|----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| 102      | Ñ            | 2,25             | 94,2              | 3,5               | 61,7                  | 113,4             | 17                   |
| 21       | P            | 2,14             | 80,8              | 2,4               | 89,9                  | 37,2              | 25,4                 |
| 29       | CN           | 1,94             | 104,3             | 3                 | -                     | 61                | -                    |
| 105      | CS           | 1,50             | 84,5              | 3,5               | 75                    | 74,5              | 22,5                 |
| 23       | P            | 1,26             | 89,4              | 3                 | -                     | 63,6              | -                    |
| 42       | Ñ            | -1,27            | 46                | 2,6               | 131,3                 | 19,9              | 39,5                 |
| 48       | Ñ            | -1,41            | 54,7              | 2,4               | 118,5                 | 20,7              | 79,4                 |
| 94       | CS           | -1,42            | 42,5              | 2,5               | 102,5                 | 27,1              | 36,7                 |
| 24       | Ñ            | -1,60            | 44,3              | 2,1               | 92,3                  | 16,3              | 30,2                 |
| 22       | P            | -1,66            | 45,5              | 2,6               | 133,3                 | 12,6              | 46,1                 |

Claves: CN = Llano Central Norte, CS = Llano Central Sur, P = Precordillera Andina, Ñ = Ñadis.

En el Cuadro 12, se aprecia que los cinco puntajes canónicos positivos más altos en CAN 2, correspondieron a genotipos con láminas más largas y anchas, con mayor peso láminas, e inflorescencias cortas y livianas. Los genotipos CN<sub>29</sub> y P<sub>23</sub> no presentaron inflorescencias. El genotipo Ñ<sub>102</sub> destacó con el mayor puntaje canónico positivo.

Los cinco puntajes canónicos negativos más altos correspondieron a genotipos con láminas más cortas y angostas, menor peso de láminas, y mayor largo y mayor peso de inflorescencia. Destaca el genotipo P<sub>22</sub>, que alcanzó el mayor puntaje canónico negativo.

En el Cuadro 13, se presentan los promedios de las variables evaluadas de los cinco genotipos con los puntajes canónicos más altos destacados para CAN 3 (positivos y negativos). En este cuadro se observa que, los cinco genotipos con los puntajes canónicos positivos más altos para CAN 3 fueron P<sub>46</sub>, P<sub>95</sub>, CN<sub>17</sub>, Ñ<sub>87</sub> y CN<sub>6</sub>, con puntajes canónicos de 2,00; 1,70; 1,66; 1,57 y

1,22, respectivamente. Estos genotipos presentaron láminas más largas que los genotipos ubicados en el otro extremo, además de menor peso láminas, e inflorescencias más largas y pesadas. Destacó el genotipo P<sub>46</sub> con el puntaje canónico positivo más.

**CUADRO 13 Características de los genotipos con puntajes canónicos más altos destacados en CAN 3 para el estado de grano maduro.**

| Genotipo | Zona colecta | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Largo infloresc. (mm) | Peso láminas (mg) | Peso infloresc. (mg) |
|----------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| 46       | P            | 2,00             | 68                | 2,6               | 124,8                 | 9,7               | 30,8                 |
| 95       | P            | 1,70             | 69,1              | 2,7               | 111,1                 | 11,6              | 44,9                 |
| 17       | CN           | 1,66             | 75,8              | 2,8               | 143,2                 | 15,9              | 63,1                 |
| 87       | Ñ            | 1,57             | 89,4              | 3                 | 130,3                 | 26,7              | 77,1                 |
| 6        | CN           | 1,22             | 65,4              | 2,3               | 124                   | 17,7              | 56,6                 |
| 86       | Ñ            | -1,15            | 53,4              | 2,6               | 107,5                 | 42,6              | 44,9                 |
| 81       | CS           | -1,16            | 55,6              | 2,8               | 87,7                  | 48                | 20,9                 |
| 44       | CS           | -1,25            | 62,3              | 2,3               | -                     | 51,2              | -                    |
| 83       | Ñ            | -1,28            | 62,5              | 2,8               | 128,4                 | 112,8             | 57                   |
| 36       | P            | -1,65            | 54,3              | 2,7               | -                     | 51,8              | -                    |

Claves: CN = Llano Central Norte, CS = Llano Central Sur, P = Precordillera Andina, Ñ = Ñadis.

Con los cinco puntajes canónicos negativos más altos se ubicaron los genotipos Ñ<sub>86</sub>, CS<sub>81</sub>, CS<sub>44</sub>, Ñ<sub>83</sub> y P<sub>36</sub> con puntajes canónicos de -1,15; -1,16; -1,25; -1,28 y -1,65, respectivamente. Ellos presentaron láminas con largo menor que los genotipos del otro extremo, y mayor peso de láminas. Los genotipos CS<sub>44</sub> y P<sub>36</sub> no presentaron inflorescencia, donde el genotipo P<sub>36</sub> fue el que alcanzó el puntaje canónico negativo más alto.

**4.3.2 Análisis de Conglomerados.** Del análisis de conglomerados realizado al tercer corte se determinaron nueve grupos, considerando los 98 genotipos de *A. capillaris* estudiados. En el dendrograma de la Figura 8, se observan los grupos obtenidos para este estado de grano maduro y la línea de corte.

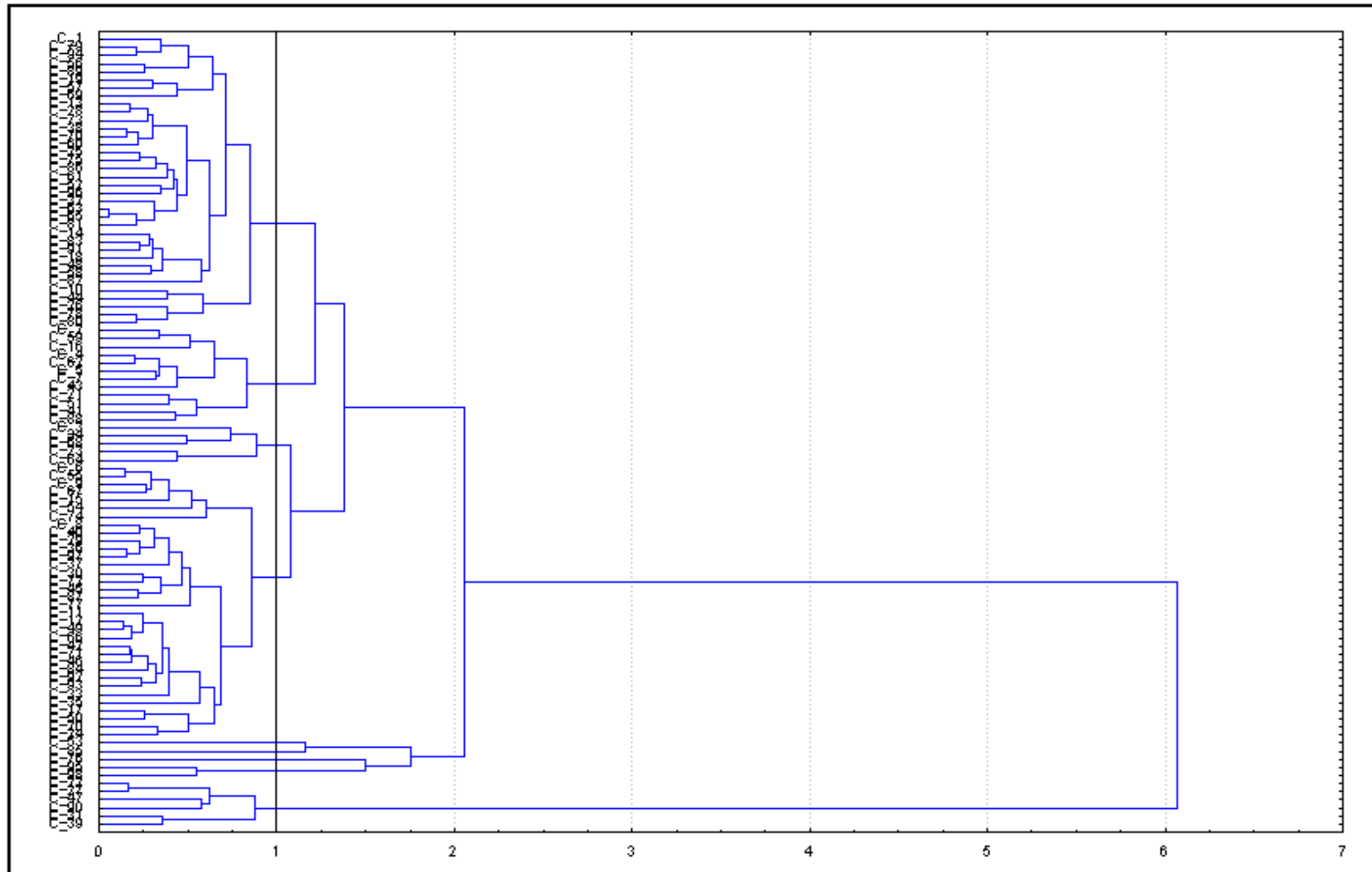
Posteriormente, a estos nueve grupos se les realizó un CVA con el objetivo de determinar su relación con las variables evaluadas. El estadístico multivariado Wilk's Lambda arrojó diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre los nueve grupos.

En el Cuadro 14, se detalla el ordenamiento de los genotipos de acuerdo al grupo que conformaron para el estado de grano maduro.

La estructura canónica total está conformada por cinco variables canónicas, las que a su vez están compuestas por las variables originales de largo de lámina, ancho de lámina, largo de inflorescencia, peso de láminas y peso de inflorescencia.

El Cuadro 15, muestra los resultados obtenidos en el CVA de los nueve grupos para las primeras tres variables canónicas para el estado de grano maduro.

En el Cuadro 15, se aprecia que CAN 1 explica el 48,6% de las diferencias entre los grupos formados, CAN 2 explica el 21,4% de las diferencias y CAN 3 explica el 16,1%. En conjunto, las tres variables canónicas explican el 86,1% de las diferencias entre los nueve grupos formados en el estado de grano maduro.



**FIGURA 8** Agrupación de genotipos de *A. capillaris* en estado de grano maduro, según análisis de conglomerados, y grupos resultantes.

**CUADRO 14 Grupos formados por el análisis de conglomerados, con los 98 genotipos analizados para el estado de grano maduro.**

| Grupos  |         |         |          |        |        |        |          |         |
|---------|---------|---------|----------|--------|--------|--------|----------|---------|
| 1       | 2       | 3       | 4        | 5      | 6      | 7      | 8        | 9       |
| 2 (CN)  | 3 (CN)  | 4 (CN)  | 7 (CN)   | 59 (Ñ) | 92 (Ñ) | 83 (Ñ) | 38 (P)   | 23 (P)  |
| 11 (CN) | 5 (CN)  | 24 (Ñ)  | 9 (CN)   |        |        |        | 102 (Ñ)  | 29 (CN) |
| 14 (CN) | 6 (CN)  | 39 (CS) | 10 (CN)  |        |        |        | 105 (CS) | 36 (P)  |
| 15 (CN) | 8 (CN)  | 70 (P)  | 12 (CN)  |        |        |        |          | 44 (CS) |
| 19 (CN) | 17 (CN) | 75 (Ñ)  | 13 (CN)  |        |        |        |          | 52 (CS) |
| 20 (P)  | 22 (P)  |         | 16 (CN)  |        |        |        |          | 97 (Ñ)  |
| 27 (CN) | 46 (P)  |         | 18 (CN)  |        |        |        |          |         |
| 28 (CN) | 48 (Ñ)  |         | 21 (P)   |        |        |        |          |         |
| 30 (CN) | 57 (CS) |         | 25 (Ñ)   |        |        |        |          |         |
| 37 (P)  | 65 (CS) |         | 31 (CN)  |        |        |        |          |         |
| 43 (P)  | 68 (P)  |         | 33 (CN)  |        |        |        |          |         |
| 49 (CS) | 95 (P)  |         | 40 (CN)  |        |        |        |          |         |
| 53 (CS) |         |         | 41 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 58 (Ñ)  |         |         | 42 (Ñ)   |        |        |        |          |         |
| 62 (Ñ)  |         |         | 45 (P)   |        |        |        |          |         |
| 63 (CS) |         |         | 47 (P)   |        |        |        |          |         |
| 64 (CS) |         |         | 50 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 66 (CS) |         |         | 51 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 67 (Ñ)  |         |         | 54 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 69 (P)  |         |         | 55 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 71 (P)  |         |         | 60 (Ñ)   |        |        |        |          |         |
| 76 (P)  |         |         | 61 (Ñ)   |        |        |        |          |         |
| 77 (Ñ)  |         |         | 73 (P)   |        |        |        |          |         |
| 80 (P)  |         |         | 74 (Ñ)   |        |        |        |          |         |
| 82 (CS) |         |         | 78 (P)   |        |        |        |          |         |
| 85 (P)  |         |         | 79 (P)   |        |        |        |          |         |
| 86 (Ñ)  |         |         | 81 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 87 (Ñ)  |         |         | 84 (Ñ)   |        |        |        |          |         |
| 88 (Ñ)  |         |         | 91 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 89 (CS) |         |         | 94 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 90 (CS) |         |         | 99 (CS)  |        |        |        |          |         |
| 93 (Ñ)  |         |         | 100 (CS) |        |        |        |          |         |
| 96 (P)  |         |         | 104 (P)  |        |        |        |          |         |
| 98 (CS) |         |         |          |        |        |        |          |         |
| 101 (Ñ) |         |         |          |        |        |        |          |         |
| 103 (Ñ) |         |         |          |        |        |        |          |         |

Claves: CN = Llano Central Norte, CS = Llano Central Sur, P = Precordillera Andina, Ñ = Ñadis.

**CUADRO 15 Estructura canónica total, eigenvalores y proporción de la varianza total, explicada por las tres primeras variables canónicas para los nueve grupos de genotipos formados en el estado de grano maduro.**

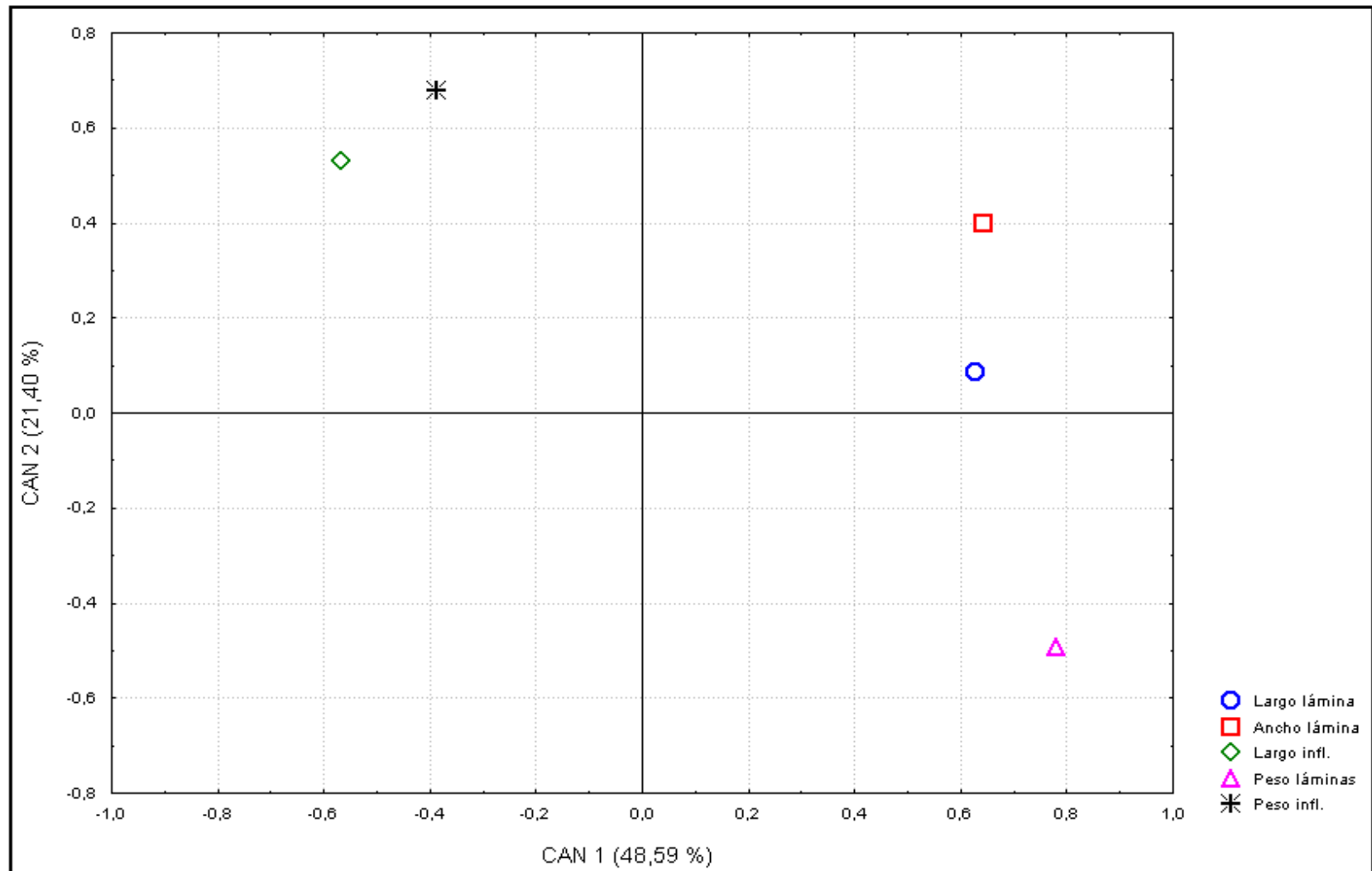
| VARIABLES ORIGINALES SELECCIONADAS | CAN 1   | CAN 2   | CAN 3   |
|------------------------------------|---------|---------|---------|
| Largo lámina                       | 0,6295  | 0,0850  | -0.2343 |
| Ancho lámina                       | 0,6440  | 0,3986  | 0,5258  |
| Largo inflorescencia               | -0.5662 | 0,5312  | 0,3620  |
| Peso láminas                       | 0,7817  | -0.4952 | 0,2972  |
| Peso inflorescencia                | -0.3856 | 0,6783  | 0,2439  |
| Eigenvalores                       | 0,5922  | 0,2608  | 0,1962  |
| Proporción explicada (%)           | 48,6    | 21,4    | 16,1    |
| Proporción acumulada (%)           | 48,6    | 70      | 86,1    |

Para CAN 1, las variables que influenciaron mayormente en las diferencias entre los grupos fueron largo de lámina, ancho de lámina y peso de láminas; todas asociadas positivamente, y largo y peso de inflorescencia, asociadas negativamente. Para CAN 2, las variables de mayor influencia positiva fueron ancho de lámina, largo de inflorescencia y peso de inflorescencia, mientras que el peso de láminas influencia negativamente. Esto se aprecia en la Figura 9, con la estructura canónica total de los nueve grupos para el estado de grano maduro.

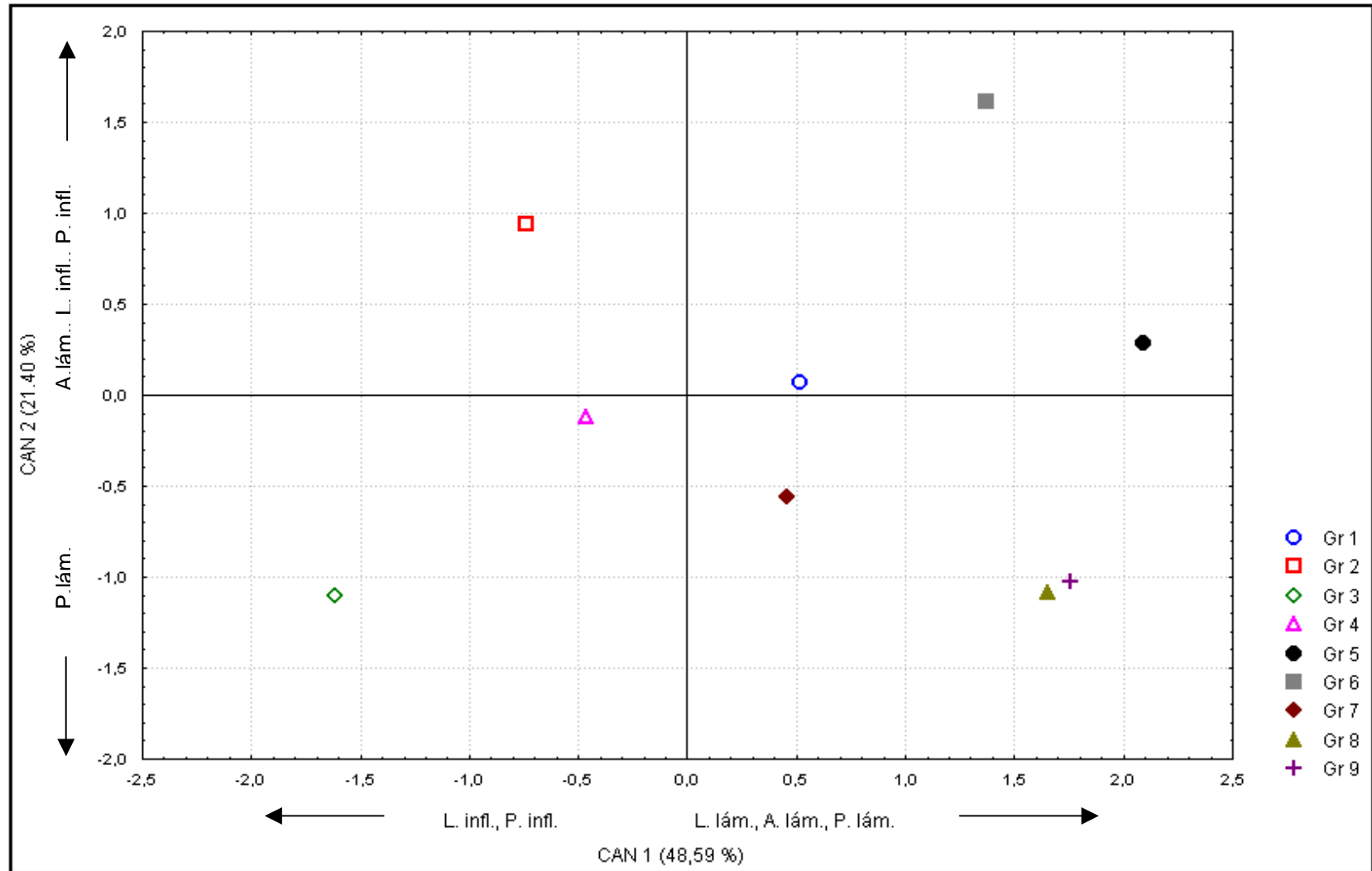
En la Figura 10, se muestra el gráfico de puntajes canónicos para los nueve grupos de genotipos de *A. capillaris* para el estado de grano maduro, donde en la medida que los grupos estaban más distantes unos de otros, presentaban características fenotípicas más contrastantes.

Los Cuadros 16, 17 y 18, muestran los puntajes canónicos para los nueve grupos formados y sus características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 1, CAN 2 y CAN 3, respectivamente para el estado de grano maduro.





**FIGURA 9** Estructura canónica total de los nueve grupos de genotipos de *A. capillaris* en estado de grano maduro.



**FIGURA 10** Puntajes canónicos de los nueve grupos de genotipos de *A. capillaris* en estado de grano maduro.

**CUADRO 16 Puntajes canónicos de los nueve grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 1 en el estado de grano maduro.**

| Grupo | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Largo infloresc. (mm) | Peso láminas (mg) | Peso infloresc. (mg) |
|-------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| 5     | 2,10             | 83,7              | 4                 | 82,5                  | 67,9              | 58,4                 |
| 9     | 1,76             | 76,5              | 3                 | -                     | 56,2              | -                    |
| 8     | 1,65             | 86,4              | 3,3               | 80,7                  | 71,7              | 28,5                 |
| 6     | 1,37             | 70                | 5                 | 101,4                 | 44,5              | 50,9                 |
| 1     | 0,51             | 71,6              | 2,9               | 121,5                 | 42,3              | 59,5                 |
| 7     | 0,46             | 62,5              | 2,8               | 128,4                 | 112,8             | 57                   |
| 4     | -0,47            | 60,8              | 2,6               | 105,7                 | 29,5              | 38,7                 |
| 2     | -0,74            | 63,7              | 2,7               | 122,6                 | 17,2              | 54,5                 |
| 3     | -1,62            | 50                | 2,2               | 96,7                  | 25                | 19,3                 |

En el Cuadro 16, se observa que para CAN 1, los grupos con puntajes canónicos positivos fueron los grupos 5, 9, 8, 6, 1 y 7, con puntajes de 2,10; 1,76; 1,65; 1,37; 0,51 y 0,46, respectivamente. En tanto que los grupos con puntajes canónicos negativos fueron los grupos 4, 2 y 3, con puntajes de -0,47; -0,74 y -1,62, respectivamente.

Los grupos con puntajes canónicos positivos en CAN1, están conformados esencialmente por genotipos con láminas más largas y anchas, con mayor peso de láminas. Los grupos del extremo negativo correspondieron a genotipos con láminas más cortas y angostas, con inflorescencias más cortas y livianas. El grupo 5 destacó con el mayor puntaje canónico y el segundo lugar en mayor contenido de peso seco total.

Para CAN 2, los grupos con puntajes canónicos positivos fueron los grupos 6, 2, 5 y 1, con puntajes de 1,61; 0,94; 0,29 y 0,07, respectivamente. Mientras que los grupos con puntajes canónicos negativos fueron los grupos 4, 7, 9, 8 y 3, con puntajes de -0,12; -0,56; -1,02; -1,09 y -1,10, respectivamente.

**CUADRO 17 Puntajes canónicos de los nueve grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 2 en el estado de grano maduro.**

| Grupo | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Largo infloresc. (mm) | Peso láminas (mg) | Peso infloresc. (mg) |
|-------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| 6     | 1,61             | 70                | 5                 | 101,4                 | 44,5              | 50,9                 |
| 2     | 0,94             | 63,7              | 2,7               | 122,6                 | 17,2              | 54,5                 |
| 5     | 0,29             | 83,7              | 3,9               | 82,5                  | 67,9              | 58,4                 |
| 1     | 0,07             | 71,6              | 2,9               | 121,5                 | 42,3              | 59,5                 |
| 4     | -0,12            | 60,8              | 2,6               | 105,7                 | 29,5              | 38,7                 |
| 7     | -0,56            | 62,5              | 2,8               | 128,4                 | 112,8             | 57                   |
| 9     | -1,02            | 76,5              | 3                 | -                     | 56,2              | -                    |
| 8     | -1,09            | 86,4              | 3,3               | 80,7                  | 71,7              | 28,5                 |
| 3     | -1,10            | 50                | 2,2               | 96,4                  | 25                | 19,3                 |

El Cuadro 17, muestra que los grupos con puntajes canónicos positivos en CAN 2, están conformados esencialmente por genotipos con láminas anchas, pero con peso de láminas menor. Los grupos del extremo negativo correspondieron a genotipos con láminas angostas, con menor aporte de inflorescencias (ausencia total de ella en el grupo 9). El grupo 6 destacó con el mayor puntaje canónico.

En el Cuadro 18, se observa que para CAN 3, los grupos con puntajes canónicos positivos fueron los grupos 6, 7, 8, 3, 5 y 4, con puntajes de 2,40; 1,22; 0,59; 0,49; 0,39 y 0,05, respectivamente. En tanto que los grupos con puntajes canónicos negativos fueron los grupos 1, 2 y 9, con puntajes de -0,06; -0,50 y -1,06, respectivamente.

**CUADRO 18 Puntajes canónicos de los nueve grupos y características promedio, ordenados de mayor a menor para CAN 3 en el estado de grano maduro.**

| Grupo | Puntaje canónico | Largo lámina (mm) | Ancho lámina (mm) | Largo infloresc. (mm) | Peso láminas (mg) | Peso infloresc. (mg) |
|-------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|
| 6     | 2,40             | 70                | 5                 | 101,4                 | 44,5              | 50,9                 |
| 7     | 1,22             | 62,5              | 2,8               | 128,4                 | 112,8             | 57                   |
| 8     | 0,59             | 86,4              | 3,3               | 80,7                  | 71,7              | 28,5                 |
| 3     | 0,49             | 50                | 2,2               | 96,4                  | 25                | 19,3                 |
| 5     | 0,39             | 83,7              | 3,9               | 82,5                  | 67,9              | 58,4                 |
| 4     | 0,05             | 60,8              | 2,6               | 105,7                 | 29,5              | 38,7                 |
| 1     | -0,06            | 71,6              | 2,9               | 121,4                 | 42,3              | 59,5                 |
| 2     | -0,50            | 63,7              | 2,7               | 122,6                 | 17,2              | 54,5                 |
| 9     | -1,06            | 76,5              | 3                 | -                     | 56,2              | -                    |

El Cuadro 18, muestra que los grupos que presentaron el mayor puntaje positivo canónico en CAN 3, corresponden principalmente a genotipos con láminas anchas , mientras que los grupos del extremo negativo correspondieron a genotipos con láminas más angostas. El grupo 6 destacó nuevamente con el mayor puntaje canónico.

En este corte, los dos grupos con mayor peso seco total fueron los grupos 7 y 5, con 169,77 mg y 126,33 mg, respectivamente. Mientras que los dos grupos con menor peso seco total fueron los grupos 9 y 3, con 56,17 mg y 44,32 mg, respectivamente.

#### **4.4 Metodología para la determinación de ecotipos.**

La existencia de diferentes ecotipos en una especie ha sido puesto a prueba mediante el transplante de plantas procedentes de diversos hábitats naturales a un hábitat común (jardín de introducción), dejando que se desarrollen a lo largo de una o varias estaciones de crecimiento (BEGON *et al.*, 1999). Esta metodología fue utilizada en este estudio, ya que permite detectar diferencias morfológicas y fisiológicas en accesiones de *A. capillaris*, colectadas

de diferentes zonas edafoclimáticas, al crecer en un ambiente similar (GASTO, 1979).

#### **4.5 Diferencias fenotípicas entre accesiones.**

Los resultados obtenidos muestran la existencia de diferencias fenotípicas entre accesiones, medidas a través de caracteres morfológicos, lo que constituye una evidencia de que *A. capillaris* presentaría ecotipos, capaces de colonizar una variedad de ambientes en la Décima Región. Estos resultados estarían respondiendo a la hipótesis planteada en este estudio. LEE *et al.* (1983), citando a Goodman (1969); McNeilly y Bradshaw (1968) y Antonovics (1972), reconocen a *Agrostis* como un género con facilidad para desarrollar ecotipos, en respuesta a diversas condiciones edáficas.

Por su parte, TERCEK *et al.* (2003), observaron que dos taxas de *Agrostis* en hábitats geotermalmente influenciadas del Yellowstone National Park, Wyoming, USA, tenían distribuciones geográficas que sugerían la formación de ecotipos, en respuesta a condiciones químicas y temperaturas extremas de suelo.

En otro estudio realizado en Escocia, OXBROW y MOFFAT (1979), analizaron la frecuencia y distribución de especies (entre ellas *A. capillaris*) en suelos con alto contenido de plomo. Tras realizar experimentos con plantas provenientes de este suelo y de praderas cercanas, haciéndolas crecer juntas en ambos tipos de suelos, observaron que las plantas provenientes de los suelos con alto contenido de plomo, crecieron lentamente en suelo normal sin problema de plomo y resultaron ser más pequeñas que las plantas provenientes de praderas. En tanto que en el suelo con alto contenido de plomo, estas mismas plantas crecieron normalmente y las plantas provenientes de praderas crecieron poco o murieron. Estos autores sugieren entonces, la adaptación y

tolerancia de *A. capillaris* a suelos con alto contenido de plomo a través de ecotipos.

En tanto que en Nueva Zelandia, LEE *et al.* (1983), analizaron la tolerancia de siete especies pratenses a suelos ultramáficos. Estos suelos están presentes en algunos distritos de la Isla Sur de ese país y están formados por rocas ricas en Fe y Mg y tienen altas concentraciones de Mg, Ni, y en menor cantidad, Cr y Co. La vegetación que allí crece es generalmente poco densa y pobre desde el punto de vista floral. Comparando poblaciones de *A. capillaris* provenientes de suelos ultramáficos y no ultramáficos, y haciéndolas crecer en suelos ultramáficos y suelo de sustrato de compost, encontraron que las plantas ultramáficas crecieron 14 veces más rápido en suelo ultramáfico que plantas no ultramáficas y produjeron más materia seca total. Concluyeron que las poblaciones ultramáficas de *A. capillaris* estaban claramente adaptadas para crecer en este tipo de suelo mediante ecotipos.

En el presente estudio, los grupos formados por las accesiones de *A. capillaris* no tuvieron asociación con la zona de procedencia. MORALES (2003); VALDEZ (2002) y WITTWER (2003), tampoco encontraron relación entre zona geográfica de origen y agrupación de genotipos de *A. capillaris*, *H. lanatus* y *B. valdivianus*, respectivamente, lo que sugiere la acción de variables ambientales más específicas, distintas a la diferencia climática entre las zonas geográficas de origen de los genotipos, las que habrían ejercido presión de selección sobre los genotipos, provocando diferenciación entre ellos. Estas variables podrían ser de manejo, o como lo reporta WU *et al.* (1975), aquellas relacionadas al edafotopo. Esta variación existente dentro de los grupos sugeriría la acción de la plasticidad fenotípica en esta especie.

Respecto a la plasticidad, SULTAN (2003), indica que todos los organismos expresan algún grado de respuesta fenotípica al ambiente, y

citando a Bradshaw (1965); Travis (1994) y Schmitt *et al.* (1999), señala que respuestas fenotípicas a diversos ambientes puede también incluir un desarrollo altamente específico, fisiológico y ajustes reproductivos que realzan funciones en aquellos ambientes.

El mismo autor presenta un estudio de caso de plasticidad fenotípica en cuatro especies del género *Polygonum*, en respuesta a la reducción de la disponibilidad de luz, entre otros factores. Este género fue introducido en norte América y ha ocupado una extensión geográfica común por muchas generaciones. Dentro de esta área común, *Polygonum persicaria* L. se encuentra en un amplio rango de habitats, mientras que *Polygonum lapathifolium* L., *Polygonum cespitosum* L. y *Polygonum hydropiper* L. habitan lugares más restringidos de luz, suelo, humedad y macronutrientes. Tras una serie de experimentos de crecimiento controlado, SULTAN (2003), encontró que en respuesta a una reducida disponibilidad de luz, *P. persicaria* incrementó notoriamente la proporción de tejido en las hojas, maximizando efectivamente el área foliar para captación de luz en condiciones de bajo flujo de fotones. En contraste, *P. hydropiper*, especie restringida a sitios con poca luz, mostró limitaciones plásticas de adaptación a este tratamiento. Por consiguiente, se concluyó que *P. persicaria* presentó plasticidad “localizada” y que esta capacidad le permite habitar en un amplio rango de habitats con luminosidad diversa.

Sin embargo, en este ámbito son pocos los estudios realizados con *A. capillaris*. Uno de ellos fue el efectuado en Nueva Zelandia por RAPSON y WILSON (1992), quienes tras analizar la respuesta a la disponibilidad de luz, fertilidad de suelo y absorción de agua de numerosas poblaciones de *A. capillaris*, provenientes de diversos sitios y condiciones, encontraron una alta proporción de variación fenotípica que atribuyeron a una alta plasticidad en las poblaciones. Concluyeron entonces que la estrategia predominante de



adaptación *A. capillaris* en Nueva Zelandia ha sido la plasticidad fenotípica, y no la generación de ecotipos. En Chile, RIQUELME (2003), concluyó que *A. capillaris* basa su presencia en suelos con niveles de fósforo contrastantes de la zona sur de Chile, a través de plasticidad y no por la generación de ecotipos adaptados a los diversos niveles de fósforo del suelo.

Cabe mencionar que el número de grupos formados, al igual que sus constituyentes, fue distinto en el primer y tercer corte, debido a los cambios fenológicos que sucedían. Así, diferentes variables explicaron la diferencia entre genotipos. Sin embargo, las variables más importantes en esta diferenciación fueron largo de lámina, ancho de lámina y peso de láminas.

En consecuencia, la variabilidad fenotípica detectada en este estudio, primero con la formación de grupos distintos y luego por la diferencia dentro de grupos, pone en evidencia que *A. capillaris* es una especie que presenta una combinación entre generación de ecotipos y plasticidad fenotípica como estrategia de adaptación a una variedad de ambientes en la Décima Región.

## 5 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que fue realizado este experimento y a partir de los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- Existió variabilidad fenotípica entre las accesiones de *A. capillaris* colectadas en praderas de la Décima Región.
- Esta variabilidad sugiere que *A. capillaris* ha generado ecotipos, debido a la formación de grupos de accesiones con características fenotípicas similares, sin embargo los grupos, en cuanto al número y a sus componentes, no fueron consistentes entre cortes.
- Las variables que explicaron en mayor grado las diferencias entre genotipos variaron a lo largo del estudio, sin embargo las variables más consistentes en diferenciar los genotipos fueron largo de lámina, ancho de lámina y peso de láminas.

## 6 RESUMEN

*Agrostis capillaris* L. (chépica), es una gramínea pratense naturalizada presente en la mayoría de las praderas del sur de Chile, donde puede llegar a constituir hasta un 70% de la composición botánica. El objetivo de este estudio fue analizar, en base a mediciones morfológicas y fenológicas, la variabilidad en accesiones de *A. capillaris* colectadas en diferentes ambientes de la Décima Región para determinar grupos de genotipos con características fenotípicas homogéneas. La hipótesis planteada fue que *A. capillaris* ha colonizado los ambientes de la zona sur de Chile mediante ecotipos, debido a la alta variabilidad fenotípica que posee.

Se estudiaron accesiones provenientes de praderas de cuatro zonas edafoclimáticas correspondientes a la Precordillera Andina, Ñadis, Llano Central Norte y Llano Central Sur, las que fueron transplantadas a un sitio de ensayo en la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 100 tratamientos.

Se realizó un muestreo al azar de tres macollos en tres estados fenológicos: estado vegetativo con cuatro hojas, estado de bota y estado de grano maduro. Las variables evaluadas fueron: largo y ancho de lámina, largo del macollo, largo de inflorescencia, número de hojas totales presentes en el macollo, número de hojas vivas presentes en el macollo, peso de los componentes del macollo y estado fenológico del macollo. Estas variables se procesaron utilizando métodos de análisis multivariado. Se realizó un Análisis de Variables Canónicas (CVA), luego se aplicó un Análisis de Conglomerados (Cluster) para formar grupos homogéneos con los genotipos estudiados.

Finalmente, se aplicó un CVA a los grupos formados, el que arrojó diferencias estadísticas significativas entre ellos. No se encontró relación entre los grupos formados y la zona de procedencia de las accesiones que conformaron cada grupo.

Las diferencias significativas arrojadas por el análisis estadístico indican que *A. capillaris* ha colonizado diversos ambientes en la zona sur de Chile mediante ecotipos. Sin embargo, la diversidad de accesiones dentro de grupos, respecto de la zona de origen, sugeriría la plasticidad fenotípica como estrategia de colonización. Por lo tanto, *A. capillaris* poseería una combinación entre generación de ecotipos y plasticidad fenotípica como estrategia de colonización.

## SUMMARY

*Agrostis capillaris* L. (browntop), is a naturalized grass species that grows in the majority of pastures in the south of Chile, where it can contribute with almost 70% of the botanical composition. The main objective of this study was to analyze, through morphological and phenological measures, the variability in genotypes of *A. capillaris* collected from different environments of the X Region and determine groups of genotypes with homogeneous phenotypic characteristics. The hypothesis was that *A. capillaris* has colonized environments of southern Chile through ecotypes, due to its high phenotypic variability.

The genotypes studied were collected from pastures of four edaphoclimatic zones: Cordillera Andina, Ñadis, Llano Central Norte y Llano Central Sur. These genotypes were transplanted to a test site in Santa Rosa Experimental Station at Universidad Austral de Chile. A complete randomized experimental block design was performed with four blocks and one hundred treatments.

A randomized extraction of three tillers was made, on three phenological stages: vegetative, boot and mature grain. The evaluated variables were: lamina length, lamina width, tiller length, inflorescence length, total leaves number, live leaves number, sheath weight, lamina weight, stem weight, inflorescence weight and phenological stages. Those variables were analyzed using multivariate analysis methods. A Canonical Variate Analysis (CVA) was performed, then a Cluster Analysis was used to form homogeneous groups of genotypes and finally a CVA over those groups was performed, which showed significant

statistical differences between the groups. No relationship between groups and genotypes origin zone was found.

The significant differences showed by statistical analysis indicate that *A. capillaris* has colonized a wide range of environments in the South of Chile through ecotypes. However, the diversity of genotypes within the groups, due to the origin zone, suggest phenotypic plasticity as an strategy of colonization. Therefore, *A. capillaris* possesses a combination of developed ecotypes and phenotypic plasticity as an strategy of colonization.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- ARBONES, E. y OLIVEIRA, J. 1995. Relaciones entre características agronómicas y factores ecogeográficos en poblaciones naturales de raigras inglés del norte de España. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales*. 10 (3): 325 – 340.
- BALOCCHI, O. 1998. Praderas y recursos forrajeros en la zona sur de Chile. In: Amtmann, C., Mujica, F. y Vera, B. (eds.). *Pequeña Agricultura en la Región de los Lagos, Chile*. Universidad Austral de Chile. pp 59 – 73.
- BALOCCHI, O. y LOPEZ, I. 2001. Rol de las especies pratenses nativas y naturalizadas en las praderas permanentes del Sur de Chile. In: Sociedad Chilena de Producción Animal. *Simposio Internacional en producción animal y medio ambiente*. 26: 285 – 289.
- BEGON, M., HARPER, J. L. y TOWNSEND, C. R. 1999. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. 3ª ed. Barcelona, España. Omega. 1148 p.
- BEHRENDT, S. y HANF, M. 1979. Malezas gramíneas en los cultivos agrícolas. Su determinación en estado de no floración. BASF. Alemania. 159 p.
- BOUGHEY, A. 1973. *Ecology of populations*. 2ª ed. USA. Macmillan Publishing Co., Inc. 182 p.

- CHILE, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS, INE. 1997. IV Censo Nacional Agropecuario. <http://www.ine.cl/censo/index.htm> (24 ago. 2004).
- CUEVAS, E., BALOCCHI, O., ANRIQUE, R. y JORQUERA, M. 1982. Valor Nutritivo de las principales especies de una pradera permanente de la Décima Región. II. Contenido de minerales. *Agro Sur (Chile)* 10 (2): 2 – 6.
- DAUBENMIRE, R. 2001. *Ecología vegetal: tratado de autoecología de plantas*. México. Ed. Noriega. 496 p.
- DEMANET, R. y CONTRERAS, R. 1988. Especies de la pradera naturalizada. INIA. *Investigación y progreso agropecuario*. Carillanca (Chile) 7 (2): 79-83.
- DILLON, W. y GOLDSTEIN, M. 1984. *Multivariate Analysis. Methods and applications*. USA. Wiley. 587 p.
- DONOSO, C. 1993. *Bosques templados de Chile y Argentina, variación estructura y dinámica*. Santiago. Chile. Universitaria. 483p.
- DUTHIL, J. 1976. *Producción de forrajes*. Madrid, España. Mundi Prensa. 413 p.
- ESPINOZA, N. 1988. *Malezas del Sur de Chile*. INIA Carillanca. Boletín Técnico nº 117. 115p.
- FOX, C., ROFF, D. y FAIRBAIRN, D. 2001. *Evolutionary Ecology. Concepts and Case Studies*. USA. Oxford University Press. 424 p.



- GASTO, J. 1979. Ecología, el hombre y la transformación de la naturaleza. Santiago, Chile. Universitaria. 573 p.
- GIANOLI, E. 2004. Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. Fisiología ecológica en plantas. Mecanismos y Respuestas a Estrés en los Ecosistemas. Chile. Universidad de Concepción. pp. 13 - 25.
- GOIC, L. 1979. Potencialidad de las praderas naturales de la región sur en zonas de baja producción forrajera. *Simiente (Chile)* 39 (1-3): 12-16.
- GOIC, L. y TEUBER, N. 1996. La pradera en la precordillera andina de la Décima Región (Valdivia – Llanquihue). In: I. Ruiz (ed.). *Praderas para Chile*. INIA. Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura. pp 605 – 614.
- HAIR, J., ANDERSON, R., TATHAM, R. y BLACK, W. 1999. Análisis multivariante. 5ª ed. Traducido por Diego Cano. Madrid, España. Prentice Hall. 799 p.
- HUBBARD, C. 1984. *Grasses. A guide to their structure, identification, uses and distribution in the British isles*. London, England. Penguin books. 476 p.
- HUBER, A. 1970. Diez años de observaciones climáticas en la Estación Teja - Valdivia (Chile). 1960 – 1969. Valdivia. Universidad Austral de Chile. 46 p.
- JOBSON, J. 1992. *Applied multivariate data analysis. II: Categorical and multivariate methods*. New York, U.S.A. Springer-Verlag. 384 p.

- JORQUERA, I. 1979. Variación anual de calidad de las principales especies de una pradera permanente de la provincia de Valdivia. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 56 p.
- KARLSEN, A. 1988. Agronomic value of some North Norwegian populations of *Agrostis capillaris* L. Norwegian Journal of Agricultural Sciences 2: 79 – 95.
- KLISCH, C. 1965. Producción de forrajes. Zaragoza, España. Acribia. 335 p.
- LAILHACAR, P. 1994. Caracterización de los sitios de crecimiento para las especies naturalizadas del Dominio Húmedo de Chile, *Bromus valdivianus*, *Agrostis capillaris* y *Lotus uliginosus*. Tesis Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 86 p.
- LANGER, R. 1980. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay. Hemisferio Sur. 514 p.
- LEE, W., MARK, A. y WILSON, J. 1983. Ecotypic differentiation in the ultramafic flora of the South Island, New Zealand. New Zealand Journal of Botany 21: 141 – 156.
- LOPEZ, I., BALOCCHI, O., LAIHLACAR, P., OYRZÚN, C. y PESSOT, R. 1994. Caracterización de sitios de crecimiento de seis especies naturalizadas del dominio húmedo de Chile. In: R. Demanet, C. Barchiesi, J. Dumont (ed). Resúmenes XIX Reunión anual Sociedad Chilena de Producción Animal. Temuco. Universidad de la Frontera. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Chile. pp 17 – 18.

- LOPEZ, I., BALOCCHI, O., LAILHACAR, P. y OYARZÚN, C. 1997. Caracterización de sitios de crecimiento de seis especies pratenses nativas y naturalizadas del Dominio Húmedo de Chile. *Agro Sur (Chile)* 25(1): 62-80.
- MEIER, U. 2001. Estadios de las plantas mono y dicotiledóneas. Centro Federal de Investigaciones Biológicas para Agricultura y Silvicultura. 2ª Ed. <<http://www.bba.de/veroeff/bbch/bbchspa.pdf>> (16 nov. 2004).
- MORALES, E. 2003. Caracterización agronómica y variabilidad fenotípica de accesiones de *Agrostis capillaris* L., colectadas de cuatro unidades edafoclimáticas de la Décima Región de Chile. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 147 p.
- NISSEN, J. 1974. Estudio agroecológico del Predio Experimental Santa Rosa. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Ingeniería Agraria y suelos. 46 p.
- OXBROW, A. y MOFFAT, J. 1979. Plant frequency and distribution on high-lead soil near Leadhills, Lanarkshire. *Plant and soil* 52: 127-130.
- RAMIREZ, C. y RIVEROS, M. 1975. Contenido de semillas en el suelo y regeneración de la cubierta vegetal en una pradera de la Provincia de Valdivia, Chile. *Phyton (Chile)* 33(1):81 – 96.
- RAMIREZ, C., SAN MARTIN, C. y SEMPE, J. 1989a. Cambios estacionales de tamaño de plantas, biomasa y fenología, en una pradera antropogénica del centro sur de Chile. *Agro Sur (Chile)* 17: 19 – 28.

- RAMIREZ, C, FIGUEROA, H. y SAN MARTIN, C. 1989b. Cambios estacionales de frecuencia y cobertura en una pradera del Centro Sur de Chile. *Agro Sur (Chile)* 17: 105 – 115.
- RAMIREZ, C., SAN MARTIN, C., FIGUEROA, H., MAC DONALD, R. y FERRADA, V. 1991. Estudios ecosociológicos de los ñadís de la Décima Región de Chile. *Agro Sur (Chile)* 19: 34 – 44.
- RAPSON, G. y WILSON, B. 1992. Genecology of *Agrostis capillaris* L. (poaceae) – an invader into New Zealand: 2. Responses to light, soil fertility and water availability. *New Zealand Journal of Botany* 30:13-24.
- RAVEN, P., EVERT, R. y EICHHORN, S. 1999. *Biology in plants*. New York, USA. W.H. Freeman and Company. 944 p.
- RIQUELME, E. 2003. Presencia de ecotipos en accesiones de *Agrostis capillaris* L. (Chépica) en relación a niveles crecientes de fósforo en el suelo. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 83 p.
- ROMERO, O. 1980. Nuevas variedades forrajeras introducidas en la IX Región. INIA. Estación experimental Carillanca. Boletín divulgativo (Chile) N° 78. 11p.
- RUGOLO DE AGRASAR, Z. y MOLINA, A. 1990. Nota taxonómica sobre el género *Agrostis* (Gramineae). *Gayana Botánica (Chile)* 47 (1-2): 3-7.
- SHARMA, S. 1996. *Applied multivariate techniques*. New York, USA. Wiley. 512 p.

- SIEBALD, E., MATZNER, M y BECKER, F. 1983. Mejoramiento de praderas naturales del Llano Central de la Décima Región. Agricultura Técnica. Chile. 43 (4): 313 – 321.
- SILVA, M. y LOZANO, U. 1984. Descripción de las principales especies forrajeras entre la zona mediterránea árida y la zona de las lluvias. 3ª ed. Universidad de Chile. Departamento de Producción Animal. Serie Publicación Docente nº 9. 139 p.
- SULTAN, S. 1987. Evolutionary implications of phenotypic plasticity in plants. *Evolutionary Biology* 21: 127 – 178.
- SULTAN, S. 2003. Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. *Evolution & Development* 5 (1): 25 – 33.
- TERCEK, M., HAUBER, D. y DARWIN, S. 2003. Genetic and historical relationships among geothermally adapted *Agrostis* (bentgrass) of North America and Kamchatka: Evidence for a previously unrecognized, thermally adapted taxon. *American Journal of Botany* 90 (9): 1306-1312.
- TEUBER, N. 1988. La pradera en la costa de la Décima Región (Valdivia – Chiloé). In: I. Ruiz (ed). Praderas para Chile. INIA. Santiago, Chile: Ministerio de Agricultura. pp: 467\_478.
- TEUBER, N. 1996a. La pradera en el llano longitudinal de la Décima Región (Valdivia – Chiloé). In: I. Ruiz (ed). Praderas para Chile. INIA. Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura. pp: 535 – 544.

- TEUBER, N. 1996b. La pradera de los Ñadi de la Décima Región. In: I. Ruiz (ed). Praderas para Chile. INIA. Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura. pp: 545 – 554.
- TEUBER, N. 1996c. La pradera en la costa de la Décima Región (Valdivia – Llanquihue). In: I. Ruiz (ed). Praderas para Chile. INIA. Santiago, Chile. Ministerio de Agricultura. pp: 579 – 590.
- VALDES, C. 2002. Caracterización y variabilidad agronómica mediante atributos fenotípicos de accesiones de *Holcus lanatus* L. colectadas en la Décima Región, Chile. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 144 p.
- WITTWER, R. 2003. Variabilidad y caracterización agronómica de 100 accesiones de *Bromus valdivianus* Phil. de la Décima Región. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 130 p.
- WU, L., BRADSHAW, D. y THURMAN, D. 1975. The potential for evolution of heavy metal tolerance in plants. III. The rapid evolution of copper tolerance in *Agrostis stolonifera*. *Heredity*. 34 (2) : 165 - 187.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1 Puntajes canónicos de los 99 genotipos de *A. capillaris*, ordenados de mayor a menor para las primeras dos variables canónicas para el estado vegetativo.**

| GENOTIPO | CAN 1  | GENOTIPO | CAN 2  | GENOTIPO | CAN 3  |
|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 12       | 2.6544 | 8        | 2.3024 | 80       | 1.3216 |
| 62       | 1.8188 | 4        | 1.5150 | 46       | 1.3010 |
| 66       | 1.8071 | 93       | 1.4338 | 17       | 1.1268 |
| 45       | 1.7674 | 20       | 1.3464 | 84       | 1.0096 |
| 41       | 1.3843 | 5        | 1.3388 | 77       | 0.9840 |
| 20       | 1.2812 | 36       | 1.1658 | 82       | 0.9291 |
| 51       | 1.2187 | 89       | 1.1546 | 39       | 0.7937 |
| 105      | 1.0918 | 24       | 1.1058 | 93       | 0.7466 |
| 37       | 1.0353 | 41       | 1.0314 | 2        | 0.7283 |
| 3        | 0.8583 | 23       | 1.0048 | 101      | 0.7249 |
| 48       | 0.8270 | 54       | 0.9940 | 97       | 0.6512 |
| 38       | 0.8158 | 72       | 0.9583 | 49       | 0.6250 |
| 30       | 0.8027 | 75       | 0.8434 | 102      | 0.6197 |
| 94       | 0.7885 | 25       | 0.8370 | 83       | 0.5576 |
| 19       | 0.7544 | 105      | 0.8073 | 59       | 0.5501 |
| 91       | 0.7034 | 13       | 0.7140 | 88       | 0.4614 |
| 77       | 0.6885 | 95       | 0.7002 | 65       | 0.4608 |
| 71       | 0.6715 | 60       | 0.6767 | 41       | 0.4353 |
| 16       | 0.6320 | 2        | 0.6285 | 28       | 0.4278 |
| 58       | 0.6222 | 82       | 0.6139 | 94       | 0.4253 |
| 97       | 0.6093 | 68       | 0.6115 | 58       | 0.4141 |
| 76       | 0.5983 | 28       | 0.5657 | 64       | 0.4059 |
| 90       | 0.5934 | 40       | 0.5652 | 76       | 0.4001 |
| 64       | 0.4876 | 30       | 0.5448 | 79       | 0.3943 |
| 101      | 0.4855 | 50       | 0.5227 | 19       | 0.3684 |
| 14       | 0.4414 | 21       | 0.5011 | 9        | 0.3296 |
| 39       | 0.4361 | 94       | 0.4908 | 3        | 0.3252 |
| 54       | 0.4023 | 62       | 0.4832 | 60       | 0.2994 |
| 49       | 0.3876 | 66       | 0.4043 | 52       | 0.2976 |
| 29       | 0.3828 | 101      | 0.3843 | 73       | 0.2918 |
| 52       | 0.3791 | 45       | 0.3677 | 78       | 0.2865 |
| 69       | 0.3610 | 9        | 0.3312 | 14       | 0.2823 |



## Continuación Anexo 1

|     |         |     |         |     |         |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 13  | 0.2772  | 37  | 0.3279  | 10  | 0.2697  |
| 59  | 0.2446  | 18  | 0.3161  | 54  | 0.2289  |
| 50  | 0.2342  | 39  | 0.3082  | 36  | 0.2189  |
| 63  | 0.2309  | 43  | 0.3076  | 99  | 0.2050  |
| 80  | 0.2232  | 55  | 0.2631  | 22  | 0.1871  |
| 22  | 0.2129  | 100 | 0.2629  | 89  | 0.1670  |
| 88  | 0.2027  | 76  | 0.1933  | 20  | 0.1613  |
| 73  | 0.1574  | 104 | 0.1763  | 96  | 0.1489  |
| 95  | 0.0760  | 51  | 0.1742  | 69  | 0.1469  |
| 18  | 0.0416  | 15  | 0.1615  | 47  | 0.1304  |
| 2   | -0.0163 | 17  | 0.1612  | 30  | 0.1280  |
| 79  | -0.0210 | 58  | 0.1382  | 40  | 0.1259  |
| 99  | -0.0234 | 53  | 0.1330  | 57  | 0.1123  |
| 31  | -0.0346 | 102 | 0.1315  | 53  | 0.0936  |
| 65  | -0.0632 | 63  | 0.0814  | 42  | 0.0816  |
| 15  | -0.0723 | 69  | 0.0733  | 31  | 0.0567  |
| 23  | -0.0917 | 79  | 0.0293  | 62  | 0.0554  |
| 47  | -0.1334 | 97  | 0.0259  | 68  | 0.0550  |
| 102 | -0.1520 | 48  | 0.0157  | 33  | 0.0108  |
| 17  | -0.1593 | 14  | 0.0124  | 61  | 0.0103  |
| 100 | -0.1615 | 22  | -0.0095 | 90  | -0.0168 |
| 61  | -0.1650 | 38  | -0.0110 | 74  | -0.0268 |
| 104 | -0.2142 | 6   | -0.0350 | 24  | -0.0371 |
| 6   | -0.2357 | 84  | -0.0498 | 100 | -0.0620 |
| 24  | -0.2367 | 73  | -0.0531 | 66  | -0.0725 |
| 57  | -0.2454 | 78  | -0.0626 | 6   | -0.0800 |
| 53  | -0.2665 | 70  | -0.1015 | 85  | -0.0846 |
| 67  | -0.2725 | 67  | -0.1122 | 87  | -0.0960 |
| 78  | -0.2730 | 7   | -0.1284 | 43  | -0.1091 |
| 96  | -0.2768 | 92  | -0.1868 | 81  | -0.1860 |
| 60  | -0.2806 | 88  | -0.1873 | 29  | -0.2126 |
| 28  | -0.3074 | 103 | -0.2080 | 75  | -0.2229 |
| 81  | -0.3778 | 49  | -0.2505 | 23  | -0.2354 |
| 82  | -0.3998 | 61  | -0.2540 | 37  | -0.2356 |
| 11  | -0.4008 | 33  | -0.2689 | 15  | -0.2607 |
| 5   | -0.4177 | 44  | -0.2772 | 21  | -0.2616 |
| 42  | -0.4364 | 80  | -0.2889 | 8   | -0.2667 |

## Continuación Anexo 1

|     |         |    |         |     |         |
|-----|---------|----|---------|-----|---------|
| 21  | -0.4388 | 65 | -0.3046 | 86  | -0.2777 |
| 93  | -0.4602 | 91 | -0.3281 | 63  | -0.2786 |
| 4   | -0.4716 | 77 | -0.3591 | 50  | -0.2886 |
| 74  | -0.4759 | 99 | -0.3926 | 70  | -0.2919 |
| 33  | -0.4781 | 31 | -0.3981 | 91  | -0.2957 |
| 84  | -0.5015 | 90 | -0.4567 | 44  | -0.3131 |
| 46  | -0.5076 | 81 | -0.4878 | 71  | -0.3139 |
| 83  | -0.5382 | 10 | -0.5369 | 25  | -0.3323 |
| 25  | -0.5758 | 16 | -0.5690 | 92  | -0.4778 |
| 43  | -0.5968 | 46 | -0.5943 | 7   | -0.4795 |
| 89  | -0.6452 | 3  | -0.5971 | 11  | -0.5480 |
| 68  | -0.6456 | 86 | -0.6289 | 48  | -0.5777 |
| 44  | -0.6819 | 27 | -0.6639 | 4   | -0.5796 |
| 103 | -0.7069 | 47 | -0.6843 | 13  | -0.5860 |
| 75  | -0.7921 | 71 | -0.6893 | 105 | -0.5864 |
| 87  | -0.8436 | 96 | -0.7014 | 18  | -0.6941 |
| 7   | -0.8903 | 29 | -0.7258 | 104 | -0.7110 |
| 55  | -0.8943 | 83 | -0.7895 | 98  | -0.7292 |
| 8   | -0.9049 | 59 | -0.8081 | 103 | -0.7603 |
| 40  | -0.9114 | 85 | -0.8364 | 45  | -0.7611 |
| 98  | -0.9604 | 11 | -0.8639 | 51  | -0.7876 |
| 10  | -1.0121 | 87 | -0.9384 | 5   | -0.9159 |
| 27  | -1.0545 | 19 | -1.0234 | 38  | -1.0121 |
| 92  | -1.1451 | 98 | -1.0460 | 55  | -1.0460 |
| 86  | -1.1665 | 57 | -1.0946 | 27  | -1.0473 |
| 72  | -1.4030 | 42 | -1.0954 | 95  | -1.0888 |
| 9   | -1.4177 | 74 | -1.1854 | 67  | -1.1003 |
| 70  | -1.5926 | 52 | -1.1969 | 16  | -1.2986 |
| 85  | -1.7231 | 64 | -1.1994 | 12  | -1.4112 |
| 36  | -2.2432 | 12 | -1.3874 | 72  | -1.4292 |

Nota: El genotipo 56 no sobrevivió en terreno, por lo que este cálculo se efectuó con 99 genotipos.

**ANEXO 2 Puntajes canónicos de los 98 genotipos de *A. capillaris*, ordenados de mayor a menor para las primeras dos variables canónicas para el estado de grano maduro.**

| GENOTIPO | CAN 1  | GENOTIPO | CAN 2  | GENOTIPO | CAN 3  |
|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| 52       | 1.7803 | 102      | 2.2548 | 46       | 1.9952 |
| 97       | 1.7640 | 21       | 2.1361 | 95       | 1.6997 |
| 36       | 1.5752 | 29       | 1.9423 | 17       | 1.6556 |
| 23       | 1.5750 | 105      | 1.4964 | 87       | 1.5715 |
| 29       | 1.5649 | 23       | 1.2583 | 6        | 1.2232 |
| 59       | 1.5213 | 19       | 1.2110 | 40       | 1.1546 |
| 44       | 1.4669 | 10       | 1.2009 | 28       | 1.1278 |
| 43       | 1.4057 | 39       | 1.1696 | 85       | 1.1149 |
| 90       | 1.2617 | 89       | 1.0083 | 18       | 1.0343 |
| 30       | 1.1261 | 53       | 0.9509 | 65       | 0.9998 |
| 53       | 1.1054 | 97       | 0.8891 | 38       | 0.9850 |
| 86       | 0.9982 | 7        | 0.8256 | 8        | 0.9810 |
| 49       | 0.8744 | 15       | 0.7929 | 25       | 0.8901 |
| 28       | 0.8251 | 64       | 0.7298 | 5        | 0.8671 |
| 11       | 0.6948 | 59       | 0.7066 | 68       | 0.8472 |
| 98       | 0.6941 | 25       | 0.6662 | 57       | 0.8156 |
| 77       | 0.6899 | 38       | 0.6118 | 103      | 0.7740 |
| 31       | 0.6671 | 55       | 0.5439 | 3        | 0.7516 |
| 96       | 0.6654 | 4        | 0.5392 | 55       | 0.6895 |
| 8        | 0.6649 | 81       | 0.5175 | 14       | 0.6413 |
| 62       | 0.6226 | 61       | 0.4928 | 80       | 0.6101 |
| 87       | 0.6118 | 40       | 0.4508 | 30       | 0.5847 |
| 80       | 0.5941 | 49       | 0.4498 | 12       | 0.5580 |
| 88       | 0.5930 | 85       | 0.4436 | 76       | 0.5330 |
| 15       | 0.5754 | 80       | 0.4128 | 10       | 0.4318 |
| 48       | 0.5623 | 71       | 0.3447 | 13       | 0.3917 |
| 92       | 0.5018 | 75       | 0.3275 | 19       | 0.3791 |
| 105      | 0.4819 | 98       | 0.3213 | 54       | 0.3709 |
| 20       | 0.4447 | 20       | 0.2901 | 9        | 0.3637 |
| 27       | 0.3966 | 66       | 0.2823 | 21       | 0.3450 |
| 14       | 0.3791 | 90       | 0.2669 | 22       | 0.3441 |
| 91       | 0.3624 | 87       | 0.2650 | 48       | 0.2900 |
| 37       | 0.3508 | 14       | 0.2322 | 73       | 0.2313 |

## Continuación Anexo 2

|     |         |     |         |     |         |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 85  | 0.3072  | 103 | 0.2237  | 49  | 0.2300  |
| 102 | 0.2900  | 30  | 0.2067  | 11  | 0.2164  |
| 89  | 0.2641  | 16  | 0.2028  | 33  | 0.2160  |
| 19  | 0.2477  | 88  | 0.1712  | 45  | 0.1665  |
| 3   | 0.2279  | 101 | 0.1466  | 42  | 0.1169  |
| 47  | 0.1745  | 83  | 0.1291  | 63  | 0.0839  |
| 61  | 0.1473  | 74  | 0.1242  | 29  | 0.0770  |
| 60  | 0.1452  | 92  | 0.0874  | 53  | 0.0655  |
| 24  | 0.1220  | 33  | 0.0690  | 100 | 0.0651  |
| 45  | 0.0458  | 93  | 0.0677  | 20  | 0.0312  |
| 13  | 0.0454  | 43  | 0.0578  | 66  | 0.0022  |
| 69  | 0.0413  | 44  | 0.0475  | 15  | -0.0352 |
| 68  | 0.0308  | 52  | 0.0427  | 41  | -0.0485 |
| 6   | 0.0199  | 18  | 0.0215  | 91  | -0.0696 |
| 17  | 0.0167  | 46  | 0.0210  | 7   | -0.0717 |
| 64  | 0.0099  | 63  | 0.0107  | 92  | -0.0842 |
| 25  | 0.0096  | 62  | 0.0002  | 47  | -0.0955 |
| 66  | -0.0057 | 28  | -0.0014 | 37  | -0.0978 |
| 67  | -0.0116 | 69  | -0.0063 | 51  | -0.0992 |
| 95  | -0.0583 | 2   | -0.0225 | 99  | -0.1016 |
| 76  | -0.0863 | 65  | -0.0353 | 74  | -0.1087 |
| 5   | -0.0905 | 84  | -0.0455 | 58  | -0.1631 |
| 54  | -0.0923 | 37  | -0.0728 | 43  | -0.1670 |
| 9   | -0.1008 | 17  | -0.0755 | 93  | -0.1677 |
| 16  | -0.1024 | 76  | -0.1108 | 78  | -0.1893 |
| 74  | -0.1052 | 100 | -0.1194 | 89  | -0.1987 |
| 65  | -0.1226 | 77  | -0.1213 | 67  | -0.2302 |
| 82  | -0.1446 | 58  | -0.1250 | 24  | -0.2461 |
| 63  | -0.1612 | 96  | -0.1575 | 88  | -0.2563 |
| 51  | -0.1626 | 27  | -0.1758 | 31  | -0.2725 |
| 104 | -0.1663 | 11  | -0.2076 | 77  | -0.2833 |
| 2   | -0.1872 | 73  | -0.2095 | 84  | -0.2870 |
| 103 | -0.2032 | 3   | -0.2260 | 16  | -0.2934 |
| 18  | -0.2312 | 12  | -0.3440 | 69  | -0.3201 |
| 38  | -0.2337 | 79  | -0.4325 | 104 | -0.3503 |
| 71  | -0.2558 | 36  | -0.4472 | 98  | -0.3605 |
| 58  | -0.2759 | 99  | -0.4491 | 71  | -0.3694 |

## Continuación Anexo 2

|     |         |     |         |     |         |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 78  | -0.2800 | 78  | -0.4534 | 59  | -0.3699 |
| 12  | -0.2829 | 54  | -0.4706 | 4   | -0.4040 |
| 73  | -0.3190 | 47  | -0.5142 | 2   | -0.4118 |
| 101 | -0.3209 | 51  | -0.5843 | 105 | -0.4225 |
| 79  | -0.3356 | 13  | -0.5859 | 61  | -0.4419 |
| 83  | -0.3565 | 6   | -0.6168 | 90  | -0.4439 |
| 57  | -0.4144 | 95  | -0.6280 | 70  | -0.4979 |
| 93  | -0.4430 | 8   | -0.6312 | 79  | -0.5256 |
| 94  | -0.4450 | 86  | -0.6755 | 101 | -0.5426 |
| 55  | -0.4782 | 5   | -0.6896 | 23  | -0.5687 |
| 99  | -0.5602 | 68  | -0.6923 | 97  | -0.5774 |
| 22  | -0.5899 | 67  | -0.7063 | 75  | -0.6159 |
| 100 | -0.6782 | 41  | -0.7222 | 62  | -0.6221 |
| 7   | -0.6911 | 70  | -0.7307 | 27  | -0.6585 |
| 42  | -0.7882 | 9   | -0.7440 | 64  | -0.6731 |
| 40  | -0.8391 | 104 | -0.7790 | 52  | -0.6827 |
| 10  | -0.8892 | 82  | -0.7854 | 39  | -0.8069 |
| 50  | -0.9544 | 50  | -0.9186 | 50  | -0.8788 |
| 41  | -1.0139 | 31  | -0.9249 | 102 | -0.9861 |
| 46  | -1.0498 | 60  | -0.9324 | 94  | -1.0146 |
| 33  | -1.0952 | 57  | -1.0419 | 60  | -1.0533 |
| 84  | -1.1190 | 91  | -1.1423 | 82  | -1.0669 |
| 81  | -1.6251 | 45  | -1.1683 | 96  | -1.0911 |
| 75  | -1.6373 | 42  | -1.2703 | 86  | -1.1548 |
| 70  | -1.7193 | 48  | -1.4121 | 81  | -1.1649 |
| 21  | -2.2506 | 94  | -1.4186 | 44  | -1.2494 |
| 39  | -2.7743 | 24  | -1.5957 | 83  | -1.2840 |
| 4   | -2.8864 | 22  | -1.6575 | 36  | -1.6461 |

Nota: Los genotipos 56 y 72 no sobrevivieron en terreno, por lo que este cálculo se efectuó con 98 genotipos.