

Caracterización estructural y morfogenética de una colección de poblaciones naturalizadas de *Panicum maximum* Jacq. en Argentina

ORTEGA MASAGUÉ, M.F.¹; ERAZZÚ, L.²; ANDRÉS, A.³

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estimar la variabilidad genética presente entre seis poblaciones naturalizadas de *Panicum maximum* Jacq. (= *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon y S.W.L. Jacobs) en el noroeste argentino. Los caracteres estudiados fueron hábito de crecimiento, vigor de rebrote, pilosidad, largo y ancho de hoja, largo de inflorescencia, número de macollos vegetativos y reproductivos y tasa de elongación foliar. Por medio de análisis de variancia, regresión y técnicas multivariadas se determinó la existencia de variabilidad entre las poblaciones. Las plantas de las localidades de Quebrachal y Frías presentaron un porte más erecto y, junto con las de Chamental, mayor pilosidad en hojas. El menor vigor de rebrote fue observado en los materiales de Isca Yacu y Leales. Las plantas originarias de Quimilí y Chamental fueron las de mayor ancho y largo de hoja, largo de inflorescencia y número de macollos vegetativos y reproductivos; características de gran interés forrajero. Los valores obtenidos en la estimación de los parámetros genéticos sugieren la posibilidad de obtener ganancias por selección al incorporar estos materiales a un programa de mejoramiento genético tendiente a lograr progresos de intensificación ganadera.

Palabras clave: variabilidad, Gatton Panic, forrajera megatérmica, noroeste argentino, mejoramiento genético.

ABSTRACT

*The aim of this work was to collect and estimate the genetic variability among naturalized populations of *Panicum maximum* Jacq. (= *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon and S.W.L. Jacobs) in the Argentine Northwest. The studied traits were growth habit, regrowth vigour, pilosity, length and width of leaf, length of inflorescence, number of vegetative and reproductive tillers, and foliar elongation rate. Through the analysis of variance, regression and multivariate techniques, the existence of variability between populations was determined. The plants of the localities of Quebrachal and Frías presented an erect portage and, together to Chamental ones, greater pilosity in leaves. The lower regrowth vigour was observed in the materials of Isca Yacu and Leales. The plants originating from Quimilí and Chamental were the ones with the greatest width and length of leaves, length of inflorescence and number of vegetative and reproductive tillers; characteristics of great forage interest. The values obtained in the estimation of the genetic parameters suggest the possibility to obtain gains by selection when incorporating these materials to a program of genetic improvement tending to progress of livestock intensification.*

Keywords: variability, Gatton Panic, megathermic forage, Argentine Northwest, genetic improvement.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS, INTA Leales), Chañar Pozo s/n (T4113), Tucumán, Argentina. Correo electrónico: ortegamasague.maria@inta.gob.ar

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Famaillá, Ruta Provincial 301, km 32 (T4132), Famaillá, Tucumán, Argentina.

³Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Pergamino, Av. Frondizi Km 4,5, Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El avance de la agricultura en la región Pampeana argentina relegó la actividad ganadera a zonas con mayores restricciones climáticas y edáficas. En este sentido se avanzó en la búsqueda de especies forrajeras megatérmicas que presenten una mayor productividad, persistencia y calidad como base para la alimentación del ganado.

Panicum maximum Jacq. (= *Megathyrus maximum* (Jacq.) B.K. Simon y S.W.L. Jacobs) es una gramínea nativa del trópico y subtropico africano (Duke, 1983). La biología de *Panicum maximum* ha sido ampliamente estudiada por varios autores (Warmke, 1954; Combes y Pernés, 1970; Savidan, 1982), quienes indicaron que muchos biotipos de la especie son tetraploides ($2n=4x=32$) con reproducción de tipo apomítica facultativa.

El cultivar de *Panicum maximum*, "Gatton Panic", es un material que deriva de la selección de una muestra de semillas de poblaciones introducidas por el Consejo para la Investigación Científica e Industrial (CSIR) en 1936 desde Zimbabue (África). Este fue luego seleccionado entre diferentes genotipos en Australia, entre 1956 y 1964, demostrando un adecuado comportamiento agronómico; lo que derivó en su liberación por parte del Comité de Pasturas de Queensland (Barnard, 1972).

Este cultivar, que representaría una población fenotípica estable, fue introducido en Argentina en la década de 1970 y demostró gran adaptación a los diferentes ambientes del semiárido argentino. Fue ampliamente difundido, constituyéndose como monocultivo en una extensa región para sostener la alimentación del ganado.

El modo reproductivo de *Panicum maximum* representa una herramienta valiosa para el mantenimiento de los genotipos adaptados a determinadas condiciones ambientales. La apomixis facultativa permite generar nuevas combinaciones genéticas que posibilitan la adaptación de nuevos individuos en condiciones ambientales dinámicas. Esta característica en la especie facilita la formación de ecotipos (Daubenmire, 1979).

En la región del noroeste argentino (NOA) se evidencia un proceso de naturalización del germoplasma derivado del cultivar introducido en la década de 1970, teniendo en cuenta que el establecimiento de las poblaciones está asociado a ambientes con características favorables que permitieron su supervivencia generando plantas autosuficientes en vida libre. El proceso requirió que hayan sido superadas algunas barreras bióticas y abióticas para que la especie sobreviva y se reproduzca regularmente en el ambiente (Richardson *et al.*, 2000).

Ante la ausencia de estudios que informen la existencia de variabilidad genética en materiales de *Panicum maximum* adaptados y naturalizados en los ambientes del NOA, se genera el desafío de realizar evaluaciones en estas poblaciones que indiquen posibilidades de desarrollo y obtención de nuevos cultivares en la especie, con la finalidad de incrementar la oferta forrajera, la producción y la estabilidad de los sistemas ganaderos en un marco de sustentabilidad.

El objetivo del presente estudio fue realizar la caracterización de poblaciones naturalizadas de *Panicum maximum* del NOA y obtener información a nivel interpoblacional sobre los procesos morfogenéticos básicos que definen la estructura de los genotipos que integran la pastura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colección de germoplasma

Entre diciembre de 2008 y abril de 2009 se realizaron seis viajes de colección de germoplasma de *Panicum maximum* "Gatton Panic" en base a lo establecido por Sackville Hamilton y Chorlton (1995). Las poblaciones se localizaron en campos de productores que realizaron la implantación del cultivar hace más de 20 años, sin resiembras posteriores, en diferentes provincias del NOA.

Los sitios de colección fueron seleccionados y caracterizados en función de su ubicación geográfica, precipitación media anual y temperatura media anual. De esta manera se seleccionaron seis sitios en las provincias de Tucumán, Santiago del Estero, Salta y La Rioja (tabla 1).

Provincia	Localidad (Identificación)	Precipitación media anual (mm)	T° media anual (°C)	Altura s. n. m. (m)	Latitud sur	Longitud sur	Fecha de colección
La Rioja	Chamical (C)	350	20,3	466	30,3	66,3	09/12/2008
Sgo del Estero	Isca Yacu (I)	560	20,5	266	27,1	64,5	16/12/2008
Tucumán	Leales (L)	880	19,8	335	27,1	65,2	06/01/2009
Salta	Quebrachal (S)	550	20,8	339	25,3	64,1	12/02/2009
Sgo del Estero	Quimilí (Q)	660	20,9	134	27,6	62,4	24/03/2009
Sgo del Estero	Frías (F)	600	19,7	330	28,6	65,1	13/04/2009

Tabla 1. Caracterización de los sitios de colección de las poblaciones naturalizadas de *Panicum maximum* evaluadas.

Dentro de cada zona se trazaron transectas y se muestrearon plantas cada 10 m, logrando coleccionar 150 genotipos en cada sitio. Si bien no se seleccionaron plantas por tamaño y vigor, se evitaron aquellas que mostraban daños severos causados por plagas o enfermedades. Cada planta fue identificada y trasladada al campo experimental perteneciente al Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (IIACS), Leales, Tucumán.

Caracterización estructural y morfogenética

Las plantas de cada población fueron dispuestas en un diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA), con tres repeticiones (bloques) de 50 plantas cada una. Las plantas se ubicaron distanciadas a 1 m, de acuerdo a Turesson (1922). El análisis de los datos se realizó considerando la media poblacional.

Debido a que las colecciones se realizaron en diferentes momentos, en febrero de 2010 se unificaron los genotipos trasplantando 10 macollos por planta en igual diseño y realizando sobre estos un corte de uniformidad a una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo. Este corte permitió promover un crecimiento uniforme en todas las plantas y fue considerado el momento de inicio para las mediciones de los caracteres. Por población, un total de 75 plantas (25 plantas por bloque) se tomaron para evaluar caracteres morfológicos y 75 plantas para caracteres reproductivos (tabla 2). El ensayo se mantuvo libre de malezas, se fertilizó a comienzos del período de precipitaciones con

50 kg/ha de nitrógeno y se regó a fin de lograr condiciones potenciales en el material.

Análisis estadístico

Se determinó el promedio para las variables ancho y largo de hoja, largo de inflorescencia, número de macollos vegetativos y reproductivos y tasa de elongación foliar y su distribución utilizando la prueba Shapiro-Wilks modificada del paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008). El modelo estadístico respondió a la siguiente expresión:

$$Y_{ij} = m + a_i + b_j + e_{ijk}$$

Donde m es la media general

a_i = componente de la variancia debido a las poblaciones

b_j = componente de la variancia debido a los bloques

e_{ijk} = error experimental

Los componentes de la variancia para cada variable se estimaron a partir de las esperanzas de los cuadrados medios (E(CM)) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\delta^2g = (CMp - CMe)/r$$

Donde δ^2g es la variancia genotípica

CMp = cuadrado medio de la población

CMe = cuadrado medio del error

r = n.º de repeticiones

Identificación	Carácter evaluado (escala/unidades)	Descripción
Pi	Pilosidad en hoja (escala de 3 puntos)	Longitud y densidad de pelos en hojas de igual edad, asignados a escala. 1= sin pelos; 2= entre la escala de grado 1 y 3; 3= con pelos abundantes
Ha	Hábito de crecimiento (°sexagesimales)	Ángulo formado entre el canopeo de cada planta y la superficie del suelo. Erecto = cuando el ángulo establecido por los macollos y la perpendicular a la superficie del suelo es mayor a 60°, Semierecto = ángulo entre 50° y 60°, Semiprostrado = ángulo menor a 50°
Vi	Vigor de rebrote (escala de 3 puntos)	Visualmente teniendo en cuenta la aparición de macollos nuevos luego de 14 días de realizado corte de uniformidad. 1 = Regular; 2 = Bueno; 3 = Muy bueno
A	Ancho de hoja (mm)	Ancho foliar medio de la penúltima hoja de la caña florífera. Promedio de 5 lecturas/planta
La	Largo de hoja (mm)	Longitud total foliar de la penúltima hoja de la caña florífera. Promedio de 5 lecturas/planta
Pa	Largo de inflorescencia (mm)	Longitud de panícula desde su inserción. Promedio de 5 panículas panículas/planta
N.º mv	Número de macollos vegetativos	Número de macollos en estado vegetativo luego de 47 días de realizado corte de uniformidad
N.º mr	Número de macollos reproductivos	Número de macollos en estado reproductivo luego de 47 días de realizado corte de uniformidad
TEF	Tasa de elongación foliar (mm/GDC)	Incremento en el largo foliar de láminas de dos macollos/planta en un intervalo de suma térmica (Grados días de crecimiento GDC)

Tabla 2. Caracteres evaluados en las poblaciones de *Panicum maximum* Jacq. y metodología de muestreo.

$$\delta^2e = CMe$$

δ^2e = variancia ambiental

$$\delta^2f = \delta^2g + \delta^2e$$

δ^2f = variancia fenotípica

Los coeficientes de variación genético, fenotípico y ambiental se calcularon según las siguientes expresiones (Pistorale, 2008):

$$\text{Coeficiente de variación genético (CVG)} = \frac{\sqrt{\delta^2g} \times 100}{\mu}$$

$$\text{Coeficiente de variación fenotípico (CVF)} = \frac{\sqrt{\delta^2f} \times 100}{\mu}$$

$$\text{Coeficiente de variación ambiental (CVA)} = \frac{\sqrt{\delta^2e} \times 100}{\mu}$$

Se calculó la relación CVG/CVA para estimar la ganancia genética por selección de cada carácter (Pistorale, 2008). Además, se estimó la heredabilidad en sentido amplio (grado de determinación genético GDG) (Shing *et al.*, 1993; Burton y De Vane, 1953) a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Heredabilidad (H}^2\text{), GDG} = \delta^2g / \delta^2f$$

Para las determinaciones de pilosidad, hábito de crecimiento y vigor de rebrote se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para más de dos pruebas independientes. Se realizó análisis de la variancia y comparaciones interpopulacionales a través del test de Di Renzo *et al.* (2002).

Para el modelado y relación entre las variables de la tasa de elongación foliar se realizó análisis de regresión.

Se utilizó el análisis de componentes principales (PCA) como método multivariado exploratorio y se emplearon técnicas de agrupamiento (cluster) utilizando la medida de

distancia Manhattan y aplicando el método de centroide no ponderado Ward.

RESULTADOS

Los valores medios de las variables cualitativas hábito de crecimiento, vigor de rebrote y pilosidad en hoja presentaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en las seis poblaciones evaluadas, demostrando la variabilidad existente entre ellas (tabla 3). Asimismo, las variables cuantitativas largo y ancho de hoja, largo de inflorescencia, y número de macollos vegetativos y reproductivos evidenciaron también diferencias significativas entre las poblaciones. No hubo diferencias significativas al considerar la tasa de elongación foliar (tabla 4).

La media general del ángulo formado entre el canopeo de cada planta y la superficie del suelo, determinante del hábito de crecimiento en plantas, fue de $50,59^\circ$ sexagesimales, con valores que oscilaron entre $47,78^\circ$ y $52,56^\circ$. La población originaria de Quebrachal mostró los valores más elevados de ángulo y la población de Isca Yacu los valores más bajos, correspondiéndose esta última a un tipo de planta más postrada.

Con respecto al vigor de rebrote promedio, considerando todas las poblaciones, fue calificado como bueno. El mayor vigor de rebrote fue observado en la población de Chamental (2,18), mientras que el menor vigor de rebrote correspondió a la población de Isca Yacu (1,82), evidenciándose en esta última un valor elevado en el coeficiente de variabilidad (37,53).

El valor medio de escala de pilosidad para las poblaciones en estudio fue de 2,42 correspondiéndose con plantas que presentan una mediana densidad y longitud de pelos en sus hojas. Los extremos en presencia de pilosidad pertenecieron a las poblaciones de menor y mayor altura sobre el nivel del mar, ej. Quimilí y Chamental, con valor medio de escala de pilosidad de 1,98 y 2,56 respectivamente.

El largo promedio de la hoja para todas las poblaciones fue de 261,08 mm evidenciándose diferencias significativas

Hábito de crecimiento (° sexagesimales)		Vigor de rebrote (escala de 3 puntos; 1= regular, 2= bueno, 3= muy bueno)		Pilosidad en hoja (escala de 3 puntos; 1= sin pelos, 2= entre escala 1 y 3, 3= con pelos abundantes)	
Población		Población		Población	
Isca Yacu	47,78 a	Isca Yacu	1,82 a	Quimilí	1,98 a
Chamental	49,30 ab	Quebrachal	2,16 ab	Isca Yacu	2,33 ab
Leales	50,89 abc	Leales	1,89 ab	Leales	2,51 b
Quimilí	51,11 bc	Frías	2,09 ab	Quebrachal	2,56 b
Frías	51,89 c	Quimilí	2,16 b	Frías	2,58 b
Quebrachal	52,56 c	Chamental	2,18 b	Chamental	2,56 b

Tabla 3. Prueba de Kruskal Wallis para las variables hábito de crecimiento, vigor de rebrote y pilosidad en hoja de las 6 poblaciones de *Panicum maximum* Jacq. evaluadas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Población	Largo hoja (mm)	Ancho hoja (mm)	Largo de infloresc. (mm)	N.º macollos vegetativos	N.º macollos reproductivos	TEF (mm/GDC)
Frías	260,84 b	12,53 b	219,59 a	49,60 a	21,92 a	7,71 a
Leales	248,45 a	11,36 b	216,54 a	50,74 a	24,67 a	7,10 a
Quebrachal	259,89 b	12,82 a	217,05 a	48,56 a	23,08 a	7,86 a
Isca Yacu	256,84 b	12,22 b	214,96 a	51,09 a	25,95 a	7,27 a
Quimilí	267,89 b	13,08 b	230,40 b	63,98 b	35,48 b	7,97 a
Chemical	271,84 b	13,85 c	225,90 b	66,00 b	30,79 b	8,30 a

Tabla 4. Análisis de la varianza de poblaciones de *Panicum maximum* Jacq. evaluadas. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Población	Regresión	R ²
Frías	3,64 x + 20,48	0,47
Leales	3,69 x + 51,62	0,48
Quebrachal	4,02 x + 26,00	0,46
Isca Yacu	3,82 x + 37,38	0,40
Quimilí	3,54 x + 28,52	0,42
Chemical	4,57 x + 39,72	0,63

Tabla 5. Regresión entre milímetros de hoja elongados acumulados y grados días acumulados (mm/GDC) de las diferentes poblaciones de *Panicum maximum* y su ajuste (R²).

entre las poblaciones. En cuanto al ancho de hoja el valor promedio fue de 12,63 mm. Las plantas con hojas más largas y anchas correspondieron a la población de Chemical, con valores de 271,84 y 13,85 mm respectivamente.

El número de macollos en estado vegetativo medio producido por cada planta fue de 54,87, y aquellos que alcanzaron el estado reproductivo fueron 26,94. La población

con mayor número de macollos vegetativos fue Chemical (66,00), y la de menor valor fue Quebrachal (48,56). Con respecto a número de macollos reproductivos Quimilí presentó el mayor número (35,48) mientras que Frías presentó el valor más bajo (21,92).

El valor medio para el largo de inflorescencia en las poblaciones estudiadas fue de 220,73 mm, con valores que oscilaron entre 214,96 y 230,40 mm. Las inflorescencias de mayor longitud fueron observadas en la población de Quimilí y no se diferenciaron significativamente de las inflorescencias de las plantas de Chemical.

Los valores obtenidos de tasa de elongación foliar en este trabajo, que en parte definen el índice de área foliar y el potencial de crecimiento, no permitieron encontrar diferencias significativas entre las poblaciones. La población de Chemical presentó el valor más elevado (8,30 mm de hoja/GDC). El modelado y la relación entre las variables de la tasa de elongación foliar para cada población se presentan en la tabla 5.

Los valores obtenidos de coeficiente de variación ambiental y genética fueron elevados en el caso de número

	Largo hoja (mm)	Ancho hoja (mm)	Largo de infloresc (mm)	N.º macollos vegetativos	N.º macollos reproductivos	TEF (mm/GDC)
$\delta^2 g$	703,57	8,38	439,27	504,6	320,27	0,9
$\delta^2 e$	851,01	2,75	317,47	1043,39	223,21	15,91
$\delta^2 f$	1554,59	11,13	756,74	1547,99	543,48	16,81
GDG	0,45	0,75	0,58	0,32	0,59	0,05
CVG%	10,16	22,92	9,49	40,94	66,43	12,8
CVF%	15,1	26,41	12,46	71,7	86,53	55,4
CVA%	11,12	13,13	8,07	58,87	55,45	53,9
CVG/CVA	0,91	1,74	1,17	0,7	1,2	0,23

Tabla 6. Variancia genética (δ^2g), ambiental (δ^2e) y fenotípica (δ^2f), heredabilidad en sentido amplio (GDG) y coeficientes de variación genético (CVG %), fenotípico (CVF %) y ambiental (CVA %) para diferentes caracteres en *Panicum maximum* Jacq.

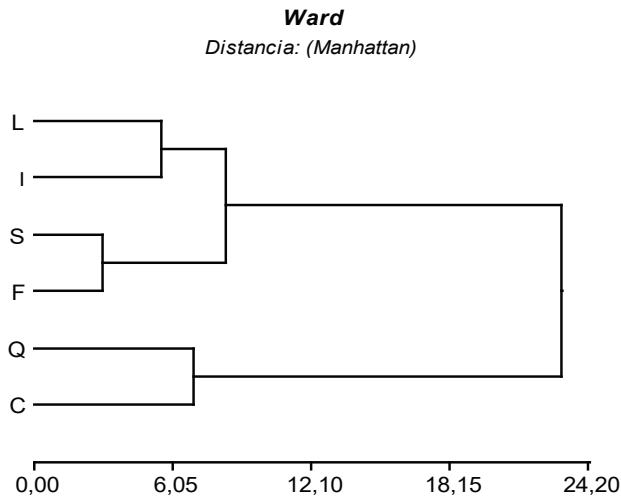


Figura 1. Dendrograma de clasificación multivariada de poblaciones de *Panicum maximum* Jacq. L: Leales, I: Isca Yacu, S: Quebrachal, F: Frías, Q: Quimilí, C: Chemical.

Correlación cofenética= 0,938

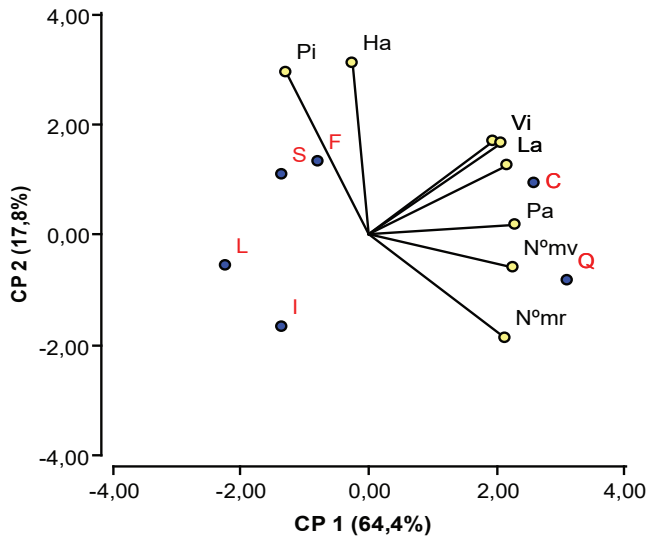


Figura 2. Análisis de componentes principales de 6 poblaciones de *Panicum maximum* Jacq. a partir de variables estructurales. Pi: pilosidad, Ha: hábito de crecimiento, A: ancho de hoja, La: largo de hoja, Vi: vigor de rebrote, Pa: largo de inflorescencia, N.º mv: número de macollos vegetativos, N.º mr: número de macollos reproductivos. L: Leales, I: Isca Yacu, S: Quebrachal, F: Frías, Q: Quimilí, C: Chemical.

de macollos en estado vegetativo y reproductivo. Para el resto de las variables los valores fueron bajos (tabla 6).

La relación entre el coeficiente de variación genético y ambiental (CVG/CVA) fue alta para las variables ancho de hoja, largo de inflorescencia y número de macollos en estado reproductivo.

La variabilidad observada entre los orígenes de las accesiones se vio reflejada en el dendrograma resultante del análisis de cluster (figura 1). En el análisis multivariado no fue considerada la variable TEF. Las poblaciones de Leales e Isca Yacu presentaron plantas con menor vigor de rebrote y hábito de crecimiento más postrado. Las poblaciones de Quebrachal y Frías se separaron del resto por presentar un porte más erecto y por la presencia de una mayor longitud y densidad de pelos en hojas. Las plantas correspondientes a las poblaciones de Quimilí y Chemical fueron las de mayor ancho y largo de hoja, largo de inflorescencia y número de macollos vegetativos y reproductivos; estos materiales presentaron características de gran interés forrajero para ser utilizados en programas de mejoramiento.

El análisis de componentes principales permitió identificar aquellas variables más relevantes para analizar las agrupaciones (figura 2). De esta manera, las poblaciones fueron separadas según el largo de inflorescencia, carácter que explicó la mayor variabilidad conjuntamente con el hábito de crecimiento, explicando un 82% de la variación morfológica total. Al construir la componente principal 1, las poblaciones de Quimilí y Chemical se ubicaron contrarias al resto por su mayor largo de inflorescencia. Al construir la segunda componente, las poblaciones de Quebrachal, Frías y Chemical, con plantas de porte más erecto, se ubicaron contrarias a las poblaciones restantes con plantas de porte más postrado.

DISCUSIÓN

Estudios realizados sobre poblaciones naturales demuestran que la apomixis no produce la uniformidad que frecuentemente se sugiere, manteniéndose una gran diversidad en estas poblaciones (Berthaud, 2001). La selección de nuevos ecotipos permite la exploración de la variabilidad existente en la especie. La mayoría de los cultivares de gramíneas forrajeras apomícticas se derivan de la selección de los mejores ecotipos disponibles (Dall'Agnol, 2005).

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican la presencia de variabilidad genética entre las poblaciones para la mayoría de los caracteres evaluados. Cabe aclarar que fue visualizada la existencia de una gran variabilidad dentro de las poblaciones, lo cual podría interferir en la interpretación de los datos obtenidos. Existen estudios realizados en especies apomícticas facultativas (Carino, 1999) que revelan variación significativa entre poblaciones, pero mayor nivel de variación dentro de estas.

Una colección de poblaciones mantenidas bajo las mismas condiciones ambientales conserva en forma significativa las diferencias fenotípicas, demostrándose por lo tanto diferencias ecotípicas (Wu y Jain, 1978).

Los datos de origen geográfico, ecológico o ambiental fueron buenos indicadores de la divergencia observada entre las poblaciones de acuerdo a lo establecido por Hodgkin (1997). De esta manera, las marcadas diferencias presentes en algunos ambientes considerados en este estudio podrían indicar adaptaciones específicas (Burle

et al., 1999). La diferencia en las precipitaciones medias anuales de las localidades de Leales (880 mm) y Chamental (350 mm) permitió encontrar diferencias ecotípicas entre estas poblaciones. Asimismo, considerando la altura sobre el nivel del mar, las plantas pertenecientes a la población de Chamental (466 m s. n. m.) y Quimilí (134 m s. n. m.) presentaron distinto comportamiento. La información de los suelos de cada sitio podría aportar valiosa información sobre las diferencias encontradas entre las poblaciones, sin embargo, no fue considerada en este trabajo.

La estructura del canopeo en plantas forrajeras está determinada por el hábito de crecimiento y por la disposición de las hojas, y condiciona el manejo de las pasturas. La inclinación de las hojas juega un papel decisivo en la interceptación de la luz y por lo tanto en la fotosíntesis. El germoplasma de *Panicum maximum* evaluado en este trabajo presentó variabilidad en cuanto al hábito de crecimiento durante la etapa vegetativa ya que se observaron individuos de diferentes categorías de porte; los más abundantes fueron los semierectos. Estos resultados no son coincidentes con Moore *et al.* (2006) quienes la describen con un hábito de crecimiento mayormente erecto.

La capacidad de rebrote en todas las poblaciones evaluadas fue adecuada, lo que indicaría la posibilidad de realizar pastoreos tempranos. Chamental fue la población de mayor capacidad de rebrote por lo que podríamos esperar una mayor tolerancia a defoliaciones.

En relación con la pilosidad de hojas, tanto en longitud como en densidad, las diferencias encontradas en los materiales podrían atribuirse a una modificación en su morfología en respuesta a las condiciones ambientales en las que se desarrollaron. Muchos estudios han documentado el papel de estas estructuras en la mitigación de las condiciones estresantes que se presentan a lo largo de gradientes altitudinales (Körner, 2003). Dentro de sus funciones, destacan la regulación de la economía hídrica (Wagner, 2004), su papel como barrera protectora contra la alta radiación (Levizou *et al.*, 2004) y la regulación de la difusión de gases (Brewer y Smith, 1994). Las plantas de las poblaciones de Frías, Chamental y Quebrachal presentaron mayor densidad y longitud de pelos, lo que les permitiría atenuar los efectos de las condiciones ambientales presentes en cada sitio. Los materiales pertenecientes a Chamental presentaron además los mayores valores de largo y ancho foliar; similares a los presentados por las plantas de la población de Quimilí. Por lo tanto, para estas poblaciones y con un manejo adecuado, podrían obtenerse mayores ganancias de peso vivo de los animales en pastoreo; teniendo en cuenta que la longitud y el ancho foliar determinan el área de la lámina, variable altamente asociada con la producción de materia seca (Chapman y Lemaire, 1993).

En gramíneas forrajeras la producción está determinada por el número de macollos, carácter que, junto con el peso de estos, varía con el genotipo y el ambiente y representa una característica de gran interés en los programas de selección de forrajeras. Los materiales de Quimilí y Chamental se diferenciaron significativamente del resto de las pobla-

ciones en cuanto al número de macollos. Este comportamiento, considerado como respuesta adaptativa frente a la selección natural, no es coincidente con lo observado en materiales mejorados, donde la selección por tamaño foliar puede conducir a la obtención de plantas con bajo número de macollos (Nelson y Sleeper, 1983; Alonso, 2004).

El número de inflorescencias por unidad de área es el principal componente en determinar los mayores rendimientos de semilla y, de acuerdo con Díaz *et al.* (2004), para que una especie tenga importancia en el plano económico es indispensable que tenga un potencial satisfactorio en la producción de estas. Junto con el número de varas floríferas, la longitud de la inflorescencia es una variable que indirectamente nos indica una mayor producción de semillas.

Busque (2000) indicó que el conocimiento del funcionamiento del proceso de expansión de las hojas es fundamental para planificar los ciclos de pastoreo, con el fin de obtener buenos índices productivos, sin poner en peligro la persistencia de la pastura. Los valores obtenidos de tasa de elongación foliar en este trabajo no permitieron encontrar diferencias significativas entre las poblaciones.

Las diferencias significativas evidenciadas en este estudio responden a lo establecido por Whyte *et al.* (1959) respecto a que los cambios en los caracteres suelen ocurrir en respuesta a variantes macroclimáticas que ejercen su acción durante un período prolongado, de tal forma que involucre recambio poblacional.

Con respecto a los coeficientes de variación, Pistorale (2008) indica que existe una situación muy favorable para la ganancia por selección cuando la relación CVG/CVA tiende a uno o es superior a uno, ya que, en estos casos, la variación genética es mayor que la variación ambiental, lo que indica que la selección para estos caracteres tiene las mejores condiciones en términos de ganancia genética inmediata. Tales caracteres en este estudio corresponden a ancho de hoja, largo de inflorescencia y número de macollos reproductivos.

La heredabilidad en sentido amplio o grado de determinación genética (GDG) expresa la variabilidad genética potencial (Falconer, 1989) y los valores obtenidos para los caracteres evaluados en este estudio indican procesos de diferenciación poblacional efectivos y sugieren la posibilidad de realizar selección sobre ellos.

CONCLUSIÓN

En este estudio un total de seis poblaciones de *Panicum maximum* Jacq. fueron coleccionadas y se encuentran establecidas en el Instituto de Investigación Animal del Chaco Semiárido (INTA); esta colección es una muestra representativa de germoplasma naturalizado bajo condiciones locales definidas de Argentina. Los datos obtenidos a partir de la caracterización estructural y morfogenética permitieron detectar una importante variabilidad genética interpoblacional y constituyen un punto de inicio para llevar adelante un programa de mejoramiento genético tendiente a lograr

incrementos en la producción forrajera regional. Podemos sugerir que los materiales pertenecientes a la población de Chemical representan una población promisoría para lograr mejoras genéticas en la especie; aun siendo su sitio de procedencia fronterizo de la verdadera área de distribución del cultivo. Estos resultados son los primeros obtenidos en *Panicum maximum* Jacq. en Argentina. La existencia de estos antecedentes posibilitaría continuar investigando con la finalidad de lograr progresos en la intensificación ganadera.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Posgrado de INTA por la financiación y al grupo de Forrajes y Pasturas del IIACS por la colaboración en las tareas a campo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, S. 2004. Evaluation of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) populations naturalized in the flooding pampa of Argentina: I - Morphological and physiological characters at the juvenile stage. *Genetic Resources and Crop Evolution* 51, (7) 747-758.
- BARNARD, C. 1972. Register of Australian herbage plant cultivars. CSIRO Australia, Division of Plant Industry. 260 p.
- BERTHAUD, J. 2001. Apomixis and management of diversity. En: SAVIDAN, Y.; CARMAN, J.; DRESSELHAUS, T. (eds.). The flowering of apomixis: From mechanisms to genetic engineering. CIMMYT, IRD, México. 243 p.
- BREWER, C.; SMITH, W. 1994. Influence of simulated dewfall on photosynthesis and yield in soybean isolines (*Glycine max* (L.) merr. cv Williams) with different trichome densities. *International Journal of Plant Science* 155 (4), 460-466.
- BURTON, G.; DE VANE, E. 1953. Estimating heredability in tall fescue (*Festuca arundinacea*) from replicated clonal material. *Agronomy Journal* 45 (2), 487-488.
- BURLE, M.; ALLEM, A.; ABADIE, T.; COSTA I.; FUKUDA, W. 1999. The use of environmental maps in GIS as a tool for cassava genetic resources classification. *Cassava Biotechnology: IV International Scientific Meeting*, CBN. 626 p.
- BUSQUE, J.; HERRERO, M. 2000. Atributos funcionales de las plantas forrajeras y su implicancia en el manejo de pasturas. En: HERRERO, M.; RAMIREZ, A. (eds.). *Manejo y Utilización de Pasturas Tropicales*. Pasturas Tropicales, Volumen Especial. CIAT, Colombia.
- CARINO, D.A.; DAEHLER, C.C. 1999. Genetic variation in an apomictic grass, *Heteropogon contortus*, in the Hawaiian Islands. *Molecular Ecology* 8 (12), 2127-2132.
- CHAPMAN, D.; LEMAIRE, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. En: BAKER, M. (ed). *Grassland of Our World*. SIR Publishing, Wellinston, Nueva Zelanda. 55-64.
- COMBES, D.; PERNÉS, J. 1970. Variations dans le nombres chromosomiques du *Panicum maximum* Jacq. en relation avec le mode de reproduction. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, Paris. 270, 782-785.
- DALL'AGNOL, M.; SCHIFINO WITTMAN, M. 2005. Apomixis, genetic e melhoramento de plantas. *Revista brasileira Agrociencia*, Pelotas. 11 (2), 127-133.
- DAUBENMIRE, R. 1979. *Ecología Vegetal. Tratado de Autoecología de Plantas*. Ed. Limusa. México. 496 p.
- DÍAZ, M.; ECHENIQUE, V.; SCHRAUF, G.; CARDONE, S.; POLCI, P.; LUTZ, E.; SPANGENBERG, G. 2004. Biotecnología y mejoramiento genético de especies forrajeras. *RIA* 33 (3), 77-104.
- DI RIENZO, J.A.; GUZMÁN, A.W.; CASANOVES, F.A. 2002. A multiple-comparisons method based on the distribution of the root node distance of a binary tree. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics*. 7 (2), 129-142.
- DI RIENZO, J.A. 2008. *INFOSTAT/PROFESIONAL*. Software estadístico. Manual del usuario. Versión 2008.
- DUKE, J. 1983. *Panicum maximum* Jacq. Handbook of Energy Crops. (Disponible: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Panicum_maximum.html verificado: 03 de febrero de 2017).
- FALCONER, D.S. 1989. *Introducción a la genética cuantitativa*. Compañía Ed. Continental. México. 383 p.
- HODGKIN, T. 1997. Some current issues in the conservation and the use of plant genetic resources. En: AYAD, W.G.; HODGKIN, T.; JARADAT, A.; RAO, V.R. (eds.). *Molecular genetic techniques for plant genetic resources*. IPGRI Workshop, 3-10.
- KÖRNER, C. 2003. *Plant Alpine Life. Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. 2.º ed. Springer. Berlín. 359 p.
- LEVIZOU, E.; DRILIAS, P.; PSARAS, G.; MANETAS, Y. 2004. Nondestructive assessment of leaf chemistry and physiology through spectral reflectance measurements may be misleading when changes in trichome density co-occur. *New Phytologist* 165 (2), 463-472.
- MOORE, G.; SANFORD, P.; WILEY, T. 2006. *Perennial pastures for Western Australia*. Department of Agriculture and Food, Western Australia, Bulletin 4690. 26 p.
- NELSON, C.I.; SLEPPER, D.A. 1983. Using leaf area expansion rate to improve yield of tall fescue. *Proc. xiv International Grassland Congress*, Lexington. 413-416.
- PISTORALE, S.M.; ABBOTT, L.A.; ANDRÉS, A. 2008. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alagado (*Thinopyrum ponticum*). *Ciencia e Investigación Agraria* 35 (3), 259-264.
- RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA, F.D.; WEST, C.J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity Distributions*. 6 (2), 93-107.
- SACKVILLE HAMILTON, N.R.; CHORLTON, K.H. 1995. Collecting vegetative material of forage grasses and legumes, Plant Science Division, IGER, Plas Gogerddan, Aberystwyth, Dyfed SY23 3EB, Reino Unido. 467-484.
- SAVIDAN, Y.; PERNÉS, J. 1982. Diploid - tetraploid - dihaploid cycles and the evolution of *Panicum maximum* Jacq. *Evolution* 36 (3), 596-600.
- SHING, M.; CECCARELLI, S.; HAMBLIM, J. 1993. Estimation of heritability from varietal trials data. *Theoretical and Applied Genetics* 86 (4), 437-441.
- TURESSON, G. 1922. The genotypical response of the plant species to the habitat. *Heredities* 3 (3), 211-350.
- WAGNER, G.; WANG, E.; SHEPHERD, R. 2004. New approaches for studying and exploiting an old protuberance, the plant trichome. *Annals of Botany* 93 (1), 3-11.
- WARMKE, H.E. 1954. Apomixis in *Panicum maximum*. *American Journal of Botany* (1), 5-11.
- WHYTE, R.O.; MOIR, T.R.; COOPER, J.P. 1959. Las gramíneas en la agricultura. *FAO Estudios Agropecuarios* N.º 42, Roma. 465 p.
- WU, K.; JAIN, S. 1978. Genetic and plastic responses in geographic differentiation of *Bromus Rubens* populations. *Canadian Journal of Botany*. 56 (7), 873-879.