

# Efecto de Algunos Caracteres Agronómicos de *Bothriochloa ischaemun* en la Producción de Forraje Verde y Seco<sup>1</sup>

H.A. Paccapelo\*, H.O. Lorda\*;  
L. Anton de Ferramola\*\*

## ABSTRACT

A population of *Bothriochloa ischaemun* var. *ischaemun* cv. Ww-Spar planted in 1985 at the Agronomy Faculty of the University of La Pampa was analyzed for agronomic characters and their contribution to summer green forage yield and autumn dry matter yield. These characters were: plant vigor, height, number of ears, ear length, leaf/stalk ratio, crown area, crown diameter and stubble volume. The methodology employed the path coefficient which divides the correlation coefficient into direct and indirect effects. Green forage yield showed important effects in plant volume, crown area, and vigor. The dry matter yield recognized stubble volume, number of ears and crown diameter. The characters under study explained about 80% of green forage and dry matter yield.

## COMPENDIO

Se analiza una población de *Bothriochloa ischaemun* var. *ischaemun* cv. Ww-Spar, sembrada en 1985 en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, en cuanto a la contribución de algunas características agronómicas sobre el rendimiento de forraje verde estival y materia seca otoñal. Las características analizadas fueron: vigor de la planta, altura, área y diámetro de corona, volumen de planta, número de espigas por planta, longitud de espiga y relación entre hoja y tallo. La metodología empleada fue el coeficiente de paso, que divide el coeficiente de correlación en efectos directos e indirectos. El rendimiento de forraje verde se relaciona con efectos importantes del volumen de la planta, área de corona y vigor. El rendimiento de materia seca otoñal, por su parte, con el volumen de la planta, número de espigas y diámetro de corona. Las características consideradas explican aproximadamente un 80% de la producción de forraje verde y de materia seca.

## INTRODUCCION

Las características agroecológicas de la región semiárida pampeana de Argentina permiten una mejor adaptación de las gramíneas forrajeras perennes estivales con respecto de las invernales.

El pionero, dentro de las especies estivales, fue el pasto llorón (*Eragrostis curvula* L.), el cual se extendió ampliamente en la región. La disminución rápida de su calidad, principalmente en la época de invierno, motivó la incorporación de nuevas especies que complementen el pasto llorón y lo reemplacen en épocas críticas durante el año.

Entre las especies promisorias para ser introducidas se encuentran las del género *Bothriochloa*, originarias del Viejo Mundo y, por tal motivo, se las conoce genéricamente como "Old World bluestems". Fueron introducidas originalmente a Estados Unidos de América (EE.UU.) entre 1940 y 1950; y las primeras evaluaciones fueron realizadas por Harlan *et al.* (1). Ellos determinaron que se comportaban como plantas de una sucesión secundaria.

Su origen es euroasiático, aunque su hábitat natural varía desde lugares ecológicamente restringidos, como ocurre con *Caucasian bluestem* (*B. caucasica* Trin) (2), hasta lugares relativamente cosmopolitas como ocurre con *B. ischaemun* y *B. intermedia* (= *B. bladii*). Estas últimas son producto de la mezcla de diferente germoplasma. Presentan una amplia distribución geográfica desde las costas atlánticas del oeste de Europa hasta la costa pacífica de China y Taiwán.

Harlan, Richardson y De Wet (3) iniciaron en 1964 la selección de líneas promisorias de *Bothriochloa*, incluyendo cruzamientos entre líneas, ya que la apomixia facultativa que presentan estas especies, puede generar plantas genéticamente homogéneas y, de esta forma, más susceptibles a enfermedades y a variaciones climáticas.

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 14 de agosto de 1989.

\* Docentes de la Cátedra de Mejoramiento Genético de Plantas y Animales; Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa, Arg.

\*\* Docente de la Cátedra de Estadística y Diseño Experimental; Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa, Arg

En 1972, en EE.UU., fue liberado el cv. Ww-Spar a partir de "Plains". Ambos presentan resistencia invernal, tolerancia a la sequía y producción de forraje aceptable.

### MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. Su objetivo fue determinar la interacción genotípica entre caracteres agronómicos, estableciendo los efectos sobre la producción de forraje verde y seco.

A partir de 1985 se evaluaron tres cultivares de *B. ischaemun* var. *ischaemun*; *B. caucasica* cv. *caucasica*) y *B. bladii* cv. Ww-857, en lo referente a su producción de forraje, calidad, persistencia y producción de semilla. Se utilizó como testigo el pasto llorón, cuyo comportamiento es conocido en la zona.

En la pastura de *B. ischaemun* cv. Spar, sembrada al voleo con una densidad aproximada de 20 plantas/m<sup>2</sup>, se analizaron individualmente 101 plantas en el corte estival, y de éstas, 76 en el rebrote otoñal de 1989.

Las características agronómicas evaluadas fueron las siguientes:

	designación
Vigor general mediante escala de 1 a 5 (1= muy malo 5= muy vigoroso)	V
Altura de la planta en plena floración	A
Número total de espigas	NE
Longitud promedio de espigas (sobre la base de diez espigas escogidas al azar)	LE
Relación hoja/tallo (sobre cinco tallos seleccionados al azar)	H/T
Area de corona	AC
Diámetro de corona	DC
Volumen de la planta (AC x A)	VP
Rendimiento de forraje verde (verano)	R
Rendimiento de forraje seco (otoño)	MS

Mediante la partición del coeficiente de correlación, coeficiente de sendero, se analizó la influencia directa e indirecta de las características mencionadas (4) en el

rendimiento de forraje verde en verano y de materia seca en otoño. En el primer caso los efectos directos se obtuvieron por la resolución de la siguiente matriz:

$$\begin{aligned} P1 + 0.380 P2 + 0.600 P3 + 0.069 P4 + 0.034 P5 + 0.508 P6 + 0.646 P8 &= 0.842 \\ 0.380 P1 + P2 + 0.464 P3 - 0.063 P4 + 0.086 P5 + 0.327 P6 + 0.391 P8 &= 0.402 \\ 0.600 P1 + 0.464 P2 + P3 - 0.050 P4 + 0.098 P5 + 0.449 P6 + 0.556 P8 &= 0.695 \\ 0.069 P1 - 0.063 P2 - 0.050 P3 + P4 + 0.073 P5 + 0.016 P6 + 0.002 P8 &= 0.065 \\ 0.034 P1 - 0.086 P2 + 0.098 P3 + 0.073 P4 + P5 + 0.152 P6 + 0.107 P8 &= 0.015 \\ 0.508 P1 + 0.327 P2 + 0.449 P3 - 0.016 P4 - 0.152 P5 + P6 + 0.948 P8 &= 0.598 \\ 0.646 P1 + 0.391 P2 + 0.556 P3 + 0.002 P4 - 0.107 P5 + 0.948 P6 + P8 &= 0.766 \end{aligned}$$

Los coeficientes de cada término son los coeficientes de correlación intracaracteres.

De igual manera se obtuvieron los efectos directos de las características agronómicas consideradas en el rendimiento de materia seca. La matriz utilizada fue:

$$\begin{aligned} P1 + 0.546 P2 + 0.068 P3 - 0.047 P4 + 0.386 P5 + 0.492 P6 + 0.766 P7 &= 0.676 \\ 0.546 P1 + P2 + 0.542 P3 + 0.144 P4 + 0.124 P5 + 0.199 P6 + 0.570 P7 &= 0.489 \\ 0.068 P1 + 0.542 P2 + P3 + 0.467 P4 - 0.181 P5 - 0.680 P6 + 0.270 P7 &= 0.051 \\ -0.05 P1 + 0.144 P2 + 0.467 P3 + P4 - 0.045 P5 - 0.082 P6 - 0.115 P7 &= -0.032 \\ 0.386 P1 + 0.124 P2 - 0.181 P3 - 0.045 P4 + P5 + 0.949 P6 + 0.542 P7 &= 0.606 \\ 0.492 P1 + 0.199 P2 - 0.168 P3 - 0.082 P4 + 0.949 P5 + P6 + 0.608 P7 &= 0.709 \\ 0.766 P1 + 0.570 P2 - 0.027 P3 - 0.115 P4 + 0.542 P5 + 0.608 P6 + P7 &= 0.830 \end{aligned}$$

El coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) del rendimiento de forraje verde (Y), a partir de las características consideradas, se efectuó mediante la fórmula:

$$r^2 = r_{VY} \cdot P_{VY} + r_{AY} \cdot P_{AY} + r_{NEY} \cdot P_{NE} + r_{LEY} \cdot P_{LEY} + r_{HTY} \cdot P_{HTY} + r_{ACY} \cdot P_{ACY} + r_{VVPY} \cdot P_{VVPY}$$

El efecto residual, P<sub>n</sub>, de los efectos no considerados se calculó como:

$$P_{n2} = 1 - R^2 \quad (5)$$

De la misma manera se calculó el coeficiente de determinación para el rendimiento de materia seca y su correspondiente efecto residual.

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### Rendimiento de forraje verde en época estival

En el Cuadro 1 se observa que la población analizada presenta gran variabilidad en algunas de las características agronómicas. Para el volumen de la planta y el rendimiento de forraje, el coeficiente de variación fue superior al 50%; para el vigor y el diámetro de corona fue del 20 por ciento.

**Cuadro 1.** Promedio y coeficiente de variación (CV) de las características agronómicas analizadas en plantas de *B. ischaemun* var. *ischaemun* cv. Ww-Spar.

	Corte estival		Corte otoñal	
	promedio	CV (%)	promedio	CV (%)
Vigor (V)	2.61	38.62	3.64	28.58
altura de la planta (A) (cm)	83.39	12.16	73.92	23.93
longitud de la espiga (LE) (cm)	8.84	9.12	5.16	28.74
diámetro de la corona (DC) (cm <sup>2</sup> )	10.75	24.70	13.26	24.53
volumen de la planta (VP) (cm <sup>3</sup> )	3.49	58.61	4.55	62.28
número de espigas (NE)	9.56	1.08	46.56	60.69
relación hoja/tallo (H/T)	0.42	15.52	0.46	15.59
rendimiento de forraje verde (R) (gs/planta)	69.57	51.68	—	—
rendimiento de materia seca (MS) (gs/pl)	—	—	—	—

A excepción de la longitud de espiga y la relación entre hoja y tallo, los demás caracteres estuvieron altamente asociados con el rendimiento de follaje verde (Cuadro 2). Los que más influyeron en el rendimiento de forraje verde fueron: vigor, volumen de la planta y número de espigas. La longitud de la espiga y la relación entre hoja y tallo no se relacionan estadísticamente con ninguna característica agronómica.

Para desarrollar el coeficiente de paso se introdujeron como variables todas las características

descriptas, a excepción del diámetro de corona debido a su dependencia con el área de la misma. En el Cuadro 3, se muestran los efectos directos e indirectos de cada una de ellas.

#### Determinación del sistema

$$R^2 = (0.393 * 0.842) + (-0.028 * 0.402) + (0.185 * 0.695) + (0.032 * 0.065) + (-0.013 * 0.015) + (-0.730 * 0.598) + (1.110 * 0.766) = 0.88315$$

$$P_{n2} = 1 - 0.88315 = 0.11685$$

**Cuadro 2.** Coeficiente de correlación entre características y rendimiento de forraje verde en plantas de *B. ischaemun* var. *ischaemun* cv. Ww-Spar.

Característica	V	A	NE	1x	H/T	AC	DC	VP
V								
A	0.380***							
E	0.600***	0.464***						
LE	0.069	-0.063	-0.050					
H/T	0.034	-0.086	0.098	0.073				
AC	0.508***	0.327***	0.449**	-0.016	-0.152			
DC	0.529***	0.321***	0.418***	0.011	-0.148	0.991***		
VP	0.646***	0.391***	0.556***	0.002	-0.107	0.948***	0.931***	
R	0.842***	0.402***	0.695***	0.065	0.015	0.598***	0.587***	0.766*

n = 101

\*p = 0.05-0.01

\*\*p = 0.01-0.001

\*\*\* p = 0.001

**Cuadro 3. Efectos directos e indirectos en la determinación del rendimiento en forraje verde en *B. ischaemun* var. *ischaemun* cv. Ww-Spar en época estival.**

Efectos sobre rendimiento Directos/indirectos	V	A	NE	LE	H/T	AC	VP
	0.393	-0.028	0.185	0.032	-0.013	-0.73	1.110
V		0.149	0.235	0.025	0.013	0.199	0.254
A	-0.010		-0.013	0.003	0.030	-0.008	-0.010
E	0.110	0.086		-0.009	0.018	0.083	0.103
LE	0.002	-0.002	-0.001		0.002	—	—
H/T	—	0.001	-0.001	—		—	0.001
AC	-0.370	-0.238	-0.327	0.012	0.110		-0.692
VP	0.717	0.434	0.617	0.001	-0.118	1.054	
	0.842***	0.402***	0.695***	0.065	0.015	0.598***	0.766***

La alta asociación entre el vigor y el rendimiento (0.842) proviene de un escaso efecto directo (0.393) y una importante participación negativa, vía indirecta, de área de la corona.

La altura está asociada con el rendimiento (0.402) casi exclusivamente a través del volumen de la planta (0.434). Lo mismo ocurre con el número de espigas (0.617).

La longitud de la espiga y la relación H/T no se asociaron con el rendimiento de forraje verde.

El área de corona de la planta está altamente relacionada con el rendimiento (0.598), a pesar de un efecto directo negativo muy importante; este resultado surge de un efecto indirecto positivo del volumen de la planta.

El volumen de la planta es un carácter complejo, resultante del producto del área de la corona de la planta y la altura del follaje. Tiene un efecto directo de 1.11

en el rendimiento y una influencia negativa del área de la corona (-0.692), lo que supone una contribución significativa de la altura del follaje para determinar mayores rendimientos.

De lo anterior se deduce que, además del vigor, es necesario considerar el volumen de la planta como atributo importante para la selección en *B. ischaemun*.

Martín *et al.* (6), al analizar una población de pasto cesposo (*Trichloris pluriflora* Fourn), encontraron que los componentes más importantes para predecir la capacidad productiva fueron el volumen de la planta, el vigor general y el área de la corona, con un efecto residual de alrededor del 40 por ciento.

En esta investigación, se determinaron los efectos de los caracteres medidos sobre el vigor; se encontró que el volumen de la planta es muy importante en su determinación (75.5%). Cuando se analizó de la misma manera la incidencia sobre el volumen de la planta y el área de la corona (Cuadros 4), se encontró la interdependencia recíproca entre ellos.

**Cuadro 4. Efectos directos de las características sobre el volumen de la planta (VP), área de corona (AC) y vigor de la planta (V) en el corte estival de *B. ischaemun*.**

Característica	Valor de P						
	V	A	NE	LE	H/T	AC	VP
VP	0.115	0.010	0.031	0.009	0.037	0.994	
AC	-0.149	-0.016	-0.049	-0.009	-0.027	—	1.075
V	—	0.062	0.279	0.085	0.041	-0.305	0.755

**Rendimiento de materia seca en la época de otoño**

En la época de otoño se analizaron, en 76 plantas incluidas en las observaciones estivales, los mismos caracteres que en época estival.

En el Cuadro 1 se muestra que el promedio en el número de espigas por planta se elevó en casi cinco veces, aunque el coeficiente de variación resultó muy alto. En este grupo de especies, la mayor fructificación se produce durante el otoño. La escasa variabilidad estival se traduce en una amplia variación otoñal (1.08% a 60.69%). En menor grado aumentó la variabilidad de longitud de espiga y altura de planta.

En el Cuadro 5 se muestra un comportamiento similar a la producción de forraje del corte estival, en cuanto a los caracteres evaluados. A excepción de la longitud de espiga y la relación entre hoja y tallo, los demás presentaron correlación significativa con el rendimiento de materia seca.

Los efectos directos e indirectos de los caracteres analizados en el rendimiento de materia seca (Cuadro 6) indican que el volumen de la planta es nuevamente importante (0.798), seguidos por el número de espigas por planta (0.593) y el diámetro de corona (-0.462). El coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) explica un 77.64% y el efecto residual asciende al 22.35 por ciento.

**Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre características y rendimiento individual de materia seca de *B. ischaemun* var. *ischaemun* cv. Ww-Spar en otoño.**

Carácter	V	A	LE	H/T	DC	VP	NE
A	0.546***						
LE	0.069	0.542***					
H/T	-0.047	0.144	0.467***				
DC	0.386***	0.124	-0.181	-0.045			
VP	0.492***	0.199	-0.168	-0.082	0.949***		
NE	0.766***	0.570***	0.027	-0.115	0.542***	0.608***	
R	0.676***	0.489***	0.051	-0.032	0.606***	0.709***	0.830***

**Notas:**

n = 76

\* p = 0.05-0.01

\*\* p = 0.01-0.001

\*\*\* p >= 0.001

**Cuadro 6. Efectos directos e indirectos de las características en la producción de materia seca de plantas de *B. ischaemun* var. *ischaemun* cv. Ww-Spar.**

Tipo de efecto	Características						
	V	A	LE	H/T	DC	VP	NE
Directos/indirectos	-0.00104	0.01351	0.05286	0.05417	-0.46209	0.79804	0.59314
V		-0.00056	-0.00008	0.00004	-0.00040	-0.00005	-0.00079
A	0.00737		0.00732	0.00194	0.00167	0.00268	0.00770
LE	0.00454	0.02865		0.02468	-0.00956	-0.00888	0.00142
H/T	-0.00254	0.00780	0.02529		-0.00243	-0.00444	0.00622
DC	-0.17836	-0.05729	0.08364	0.02079		-0.43852	-0.25045
VP	0.39263	0.15881	-0.13406	-0.06543	0.75734		0.48520
NE	0.45434	0.33809	0.01602	-0.06821	0.32148	0.36063	
	0.676***	0.489***	0.050	-0.032	0.606***	0.709***	0.842***

**Determinación del sistema**

$$R^2 = (-0.00104 * 0.676) + (0.01351 * 0.489) + (0.05286 * 0.0509) + (0.5417 * -0.032) + (0.46209 * 0.606) + (0.79804 * 0.709) + (0.59314 * 0.842) = 0.77648$$

$$P_{n2} = 1 - 0.77648 = 0.22352$$

**CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos en este experimento preliminar, que incluye únicamente un corte en época estival y uno en otoño, permite llegar a las siguientes conclusiones:

- La población analizada presenta una amplia variabilidad morfológica en algunas características agronómicas tanto dentro como entre épocas. El caso extremo lo constituye el número de espigas por planta.
- El rendimiento de forraje verde en época estival dependería de los efectos que ejercen el volumen de la planta, el área de la corona y el vigor.
- El rendimiento de materia seca en otoño se relaciona con el volumen de la planta, número de espigas y diámetro de corona.

- Si bien se eligieron dos situaciones de análisis: rendimiento de forraje verde en época estival y de materia seca en época de otoño, los diferentes caracteres medidos tuvieron comportamientos semejantes. En el primer caso el orden de importancia fue: volumen de planta, área de la corona y vigor. En el segundo, volumen de la planta, número de espigas y diámetro de corona.

**LITERATURA CITADA**

1. HARLAN, J.R.; CELARIER, R.P.; RICHARDSON, W.L.; BROOKS, M.H.; MEKA, K.L. 1958. Studies on Old World bluestem. II. Technical Bulletin. Oklahoma Agricultural Experiment Station no T-72. 23 p.
2. HARLAN, J.R.; CHHEDA, H.R. 1963. Studies on the origin of Caucasian bluestem (*Bothriochloa caucasica* (Trin) C.E. Hubbard). Crop Science 3:37-49.
3. HARLAN, J.R.; RICHARDSON, W.L.; DE WEI, J.M.J. 1964. Improving Old World bluestems for the South. In Progress Report 1963. Processed Service P-480. 27 p.
4. LI, C.C. 1964. The concept of path-coefficient and its impacts on population genetics. Biometrics 12:190-210.
5. MARIOTTI, J.A. 1986. Fundamentos de genética biométrica: Aplicaciones al mejoramiento genético vegetal. Washington, D.C., OEA. Monografía no 32. 152 p.
6. MARTIN, G.O.; SALVIOLI, L.A.; GUYOT, N.H.; ROVELLA, C.A. 1971. Interacción de una población de pasto crespo (*Trichloris pluriflora* Fourn.) Revista Agronómica del Noroeste Argentino 9(2):215-240.