

VARIACION GENETICA Y RELACIONES ENTRE COMPONENTES DE
RENDIMIENTO Y CALIDAD DE SEMILLA EN *Andropogon gayanus*
Kunth CIAT 621

J. O. Cardona *

J. W. Miles **

COMPENDIO

En 200 genotipos de la accesión 621 de *Andropogon gayanus*, propagados vegetativamente, se midieron 14 caracteres incluyendo algunos componentes de rendimiento de semilla y forraje. Existe amplia variabilidad genética para todos los caracteres, a excepción de retención de semilla. Correlaciones significativas y variables se observaron para algunas de las combinaciones. Los estimativos de heredabilidad en sentido amplio fueron favorables para todos los caracteres. La no retención estuvo determinada por factores ambientales. En *A. gayanus* existe una relación inversa entre producción de forraje y semilla. La floración desuniforme, la pérdida de semilla y la madurez desuniforme de semilla fueron los principales factores que limitaron la cosecha de semilla de alta calidad. La fertilidad y viabilidad de semilla es baja. Se observó marcado efecto de la época sobre la expresión de cada carácter.

ABSTRACT

In CIAT-Quilichao a study was carried out on the genetic variability of a sample of 200 genotypes of accession 621 of *Andropogon gayanus* vegetatively propagated. Fourteen characters were measured including some seed and forage yield components. The results show that a large amount of genetic variability exist in all the measured characters with the exceptions of seed retention. Significant and variable correlations were observed for some of the combinations. The estimates of heredability in the broad sense were favorable for all characters. Seed fall was determined by environment factors. In *A. gayanus* an inverse relation exists between the production of seed and forage. Uneven flowering, the loss of seed and uneven seed maturity were the principal factors limiting the harvest of high quality seed. Fertility and viability of seed is low. A marked effect of season on the expression of each character evaluated was observed.

1. INTRODUCCION

La mayoría de las especies forrajeras presentan bajo potencial de producción de semilla, debido principalmente a su caída de las inflorescencias maduras (Bean, 1; Bernal, 2; Boonman, 3; Ferguson y Garcia, 4; Mc Williams, 5; Miles, 6). La pérdida de semilla se promueve por la presencia

* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional de Colombia - Palmira.

** Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT, Palmira, Colombia.

de panículas en diferentes estados de desarrollo (Bean, 1; Bernal, 2) y la desuniformidad en la floración y maduración de espiguillas dentro de una misma panícula (Bernal, 2).

Como *A. gayanus*, además de su calidad nutritiva moderada presenta bajo rendimiento de semilla, se emprendió el ensayo para cuantificar su variabilidad genética y determinar las relaciones entre los componentes de rendimiento y calidad final de semilla.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

En el trabajo se evaluaron los cortes quinto y sexto de un ensayo establecido en abril de 1980 en la sub-estación experimental CIAT - FES de Santander de Quilichao, Cauca (Miles, 6). Doscientos genotipos de la accesión CIAT 621 se asignaron, al azar, en diez grupos y cada grupo se evaluó en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones; la unidad experimental fue una parcela de 1 m x 1 m, con una planta.

El análisis estadístico se hizo en forma global, a través de grupos (experimentos individuales) para cada época (sequía, junio-septiembre, y lluvias, noviembre-febrero). El diseño experimental permite usar algún bloque para obtener datos específicos de un grupo de caracteres y tiende a ofrecer mayor control estadístico de la variabilidad del lote experimenta l (Miles, 6). La evaluación de familias clonales por un diseño experimental apropiado, permite estimar la varianza genética a partir del análisis de varianza "común" (Cuadro 1). La heredabilidad estimada en sentido amplio (h^2) se obtuvo a partir de la relación $\sigma^2 g / (\sigma^2 g + \frac{\sigma^2 e}{N})$ (Miles, 6). Análogamente se calcularon los componentes de covarianza genético entre todos los posibles pares de caracteres y los coeficientes de correlación genética.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

La diferencia entre épocas estuvo por encima del valor de la diferencia mínima significativa (D.M.S.) al 0.1 o/o para todos los caracteres, a excepción del número de entrenudos por tallo y de espiguillas por panícula, que alcanzaron significancia al 5 o/o.

Los valores promedios para todos los caracteres en la época seca, con excepción del número de días transcurridos hasta la iniciación de la antesis, estuvieron por debajo de los de la época lluviosa (Cuadro 2). La mayor precocidad en la floración (25.77 vs 40.25 días) y el aumento de los valores promedios para la época de lluvias se pueden asociar con factores ambientales como fotoperíodo (corto), humedad relativa (precipitación)

Cuadro 1

Análisis de varianza (o análisis de covarianza) global mostrando fuentes de variación, grados de libertad y cuadrado medio esperado (o producto cruzado esperado).

F. de V.	G. L.	C. M. E.	P. C. E.
Grupo	$g - 1$		
Rep. (Grupo)	$r - 1 (g)$		
Genot. (Grupo)	$c - 1 (g)$	$C. M. E._1 = \sigma^2_e + r\sigma^2_G$	$P. C. E._1 = Cov_e + Cov_{G \cdot r}$
Error	$(c-1)(c-1)(g)$	$C. M. E._2 = \sigma^2_e$	$P. C. E._2 = Cov_e$
Total	$grc - 1$		

g = número de grupos 10, 5, 2
 r = número de rep. 2
 c = número de genot. en cada grupo 20
 h^2 (sentido amplio) = $\sigma^2_G / (\sigma^2_g + \frac{\sigma^2_e}{r})$

$r_G = Cov_G(X, Y) / [\sigma^2_G(X) \cdot \sigma^2_G(X)]^{1/2}$
 $\hat{\sigma}^2_G = (C. M. E._1 - C. M. E._2) / r$
 $Cov_G(X, Y) = (P. C. E._1 - P. C. E._2) / r$

y/o fluctuaciones de temperatura, o una interacción entre ellas. El efecto ambiental sobre la inducción de la floración ya fue reportado por varios autores.

Los genotipos de porte bajo (menores de 1 m) facilitan la cosecha de la semilla y el pastoreo, pero dentro de la población evaluada son altos (137.7 y 145.01 cm). La ganancia esperada (por selección), expresada como porcentaje de la media, fue 25.43 o/o y 18.70 o/o.

Los valores de las pérdidas promedio de espiguillas (57.36 y 59.79 o/o), del contenido (52 o/o) y viabilidad (43 o/o) de cariopsides, indican que 7/8 de la producción potencial de semilla se pierde.

Los promedios para peso fresco y seco de hoja con relación al peso total cosechado, tuvieron un valor máximo del 48 o/o. No obstante el rango de variación muestra genotipos que producen abundante hoja, hasta 68 o/o.

La población evaluada es genéticamente variable como lo evidencian los valores altamente significativos de F_c para el componente de varianza genética en todos los caracteres, a excepción de número de espiguilla por panícula en el quinto corte y porcentaje de viabilidad y contenido de cariopside en el sexto. Entonces, existen genotipos que pueden responder considerablemente a la selección según los altos estimativos de heredabilidad para la mayoría de sus caracteres. La capacidad de macollamiento, el peso total cosechado por planta, la relación peso fresco y altura de la planta fueron los caracteres que mayor h^2 tuvieron en las dos épocas; pero no se detectó variabilidad genética en la retención de espiguillas por panícula.

El ambiente afectó de manera variable la expresión fenotípica de los caracteres, según el carácter y la época, pero los estimativos de heredabilidad fueron estables a través de las épocas.

La longitud ($h^2 = 0.61$ y 0.62) y el número de entrenudos por tallo ($h^2 = 0.47$ y 0.53) determinan la altura de la planta ($h^2 = 0.72$ y 0.64).

A pesar de que la longitud del entrenudo fué el componente de la altura de mayor variabilidad ($C.V_G = 16.64$ y 14.49), si se desea modificar la altura de plantas se debe considerar éste carácter que no afecta el número de hojas.

Los estimativos de heredabilidad para los componentes de rendimiento de semilla, número de tallos florales, número de panículas por tallo y contenido de cariopside fueron altas.

Cuadro 2

Estimativos de varianza y heredabilidad de 15 caracteres de *A. gayanus* en época seca y lluviosa

CARACTER	X	C. V. _G	H ²	COMPONENTES DE VARIANZA		
				Genotipo	Fenotipo	Error
Tallos/planta	80.93 1	49.88	0.83	1629.66 ***	1957.94	656.56
	111.37 2	41.74	0.85	2137.18 ***	2506.92	739.52
Floración (días)	40.25	10.11	0.51	16.56 ***	32.23	31.33
	25.77	16.14	0.55	16.43 ***	29.63	26.81
Retención (o/o)	42.64	-	-	9.03 ***	-	117.32
	40.21	-	-	50.06	-	1231.78
Entrenudo (cm)	27.74	16.64	0.62	21.28 ***	34.28	26.03
	29.20	14.49	0.61	17.88 ***	29.22	22.69
Altura planta (cm)	137.70	14.50	0.72	348.96 ***	550.53	303.14
	145.01	12.60	0.64	270.14 ***	420.94	301.61
Entrenudos/tallo	6.76	7.32	0.47	0.245***	0.515	0.540
	6.88	7.00	0.53	0.24 ***	0.45	0.42
Altura de inserción	3.26	11.47	0.58	0.14 ***	0.24	0.20
	3.41	14.36	0.53	0.13 ***	0.25	0.23
Diámetro de tallo (mm)	3.36	13.66	0.66	0.21 ***	0.315	0.25
	3.70	12.38	0.66	0.2093***	0.3137	0.2089
Panículas/tallo	16.16	36.40	0.63	34.61 ***	54.41	39.60
	22.07	32.42	0.66	57.44 ***	77.035	51.19
Espiguillas /panícula	10.42	6.92	0.44	0.52 * (*)	1.17	1.30
	10.25	8.78	0.55	0.90 ***	1.628	1.4528
Relación peso fresco (g)	0.38	24.50	0.68	0.00902***	0.21012	0.0131
	0.48	31.24	0.73	0.02249***	0.03	0.01664
Relación peso seco (g)	0.48	17.40	0.40	0.007 ***	0.0175	0.021
Peso fresco total (g)	735.83	0.37	0.79	74413.022 ***	93.392.844	37959 .645
	1081.93	0.30	0.72	10814.6 ***	149456.68	82684 .174
Contenido de cariopside	0.52	19.13	0.69	0.0099**	0.01426	0.0086
Viabilidad de cariopside	0.43	24.27	0.52	0.0109*	0.02091	0.02

1: época seca * Significativo al 0.05

2: época lluviosa **Significativo al 0.01

*** Significativo al 0.001

El número de panículas por tallo, componente del rendimiento con varianza genética alta (34.61 y 57.44), se puede tener en cuenta en el programa de selección, ya que su h^2 fue alto (0.63 y 0.66) y se mantuvo casi invariable a través de los cortes, al igual que el coeficiente de variación genética. Además, y al contrario del número de tallos por planta, el aumento del número de panículas produciría mayor rendimiento de semilla, sin afectar la relación hoja-tallo ni el rendimiento de forraje.

Los valores de h^2 más bajos fueron para la relación peso seco (0.40), medida en una sola época, y número de entrenudos por tallo (0.47 y 0.53). No obstante, el estimativo de h^2 puede aumentar al controlar el error, que en este caso comprendió todos los factores ambientales, incluyendo el muestreo.

Los genotipos productores de abundantes tallos florecen precozmente, tienen mayor número de panículas por tallo y mayor porcentaje de hoja en peso fresco, entrenudos pocos y largos, mayor rendimiento total de forraje. El porcentaje de hoja en peso seco es menor, al igual que el contenido y la viabilidad de las cariopsides.

El rendimiento total correlacionó positivamente con todos los caracteres, excepto con el número de panículas, las relaciones de peso seco y fresco, contenido y viabilidad de las cariopsides. Con el carácter número de espiguillas por panícula la correlación fue variable (Cuadro 3). Los componentes de rendimiento de semilla están asociados negativamente con el rendimiento total cosechado, a excepción del número de tallos que contribuye con más del 50 o/o a la producción final por planta.

Los genotipos de mayor rendimiento total tienen mayor número de tallos por planta, promedios bajos de panículas por tallo, porte alto (con mayor longitud y número de entrenudos), menor viabilidad y contenido de cariopside, producen menos hojas y tallos de diámetros grandes.

El número de espiguillas por panícula tuvo correlaciones bajas y/o variables con número de tallos por planta, floración, altura de planta, altura de inserción del primer grupo de panículas, rendimiento total cosechado (de forraje), producción de hoja, relación peso seco y contenido de cariopside. La viabilidad de la cariopside no parece estar asociado con la presencia de mayor número de espiguillas en las panículas ($r_G = -0.47$ medido en una sola época).

Un mayor número de entrenudos por tallo no determina un mayor número de panículas ($r_G = -0.53$ y -0.76). Los promedios altos de panículas por tallo parecen estar asociados con el número de inflorescencias por

Cuadro 3

Coeficientes de correlación genética para 13 caracteres en la época seca y 14 en la época lluviosa

	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1 Tallos/planta	-0.73* -0.50	0.34 0.04	0.28 0.08	0.05 -0.15	-0.22 -0.30	-0.11 -0.09	-0.19 -0.15	-0.07 0.01	0.35 0.44	-0.33 0.24	-0.72	-0.23	0.16
2 Floración (días)		-0.19 -0.07	-0.05 0.45	0.06 0.41	-0.26 0.39	-0.46 0.06	-0.43 -0.36	0.00 -0.04	0.03 0.13	-0.49 -0.47	0.28	0.12	0.05
4 Longitud de entrenudo (cm)			0.82 0.14	0.28 -0.50	-0.29 -0.67	0.11 -0.09	-0.71 -0.39	-0.18 -0.47	0.28 0.05	-0.38 -0.33	-0.56	-0.03	-0.08
5 Altura de plánta (cm)				0.76 0.67	-0.11 0.00	0.00 0.42	-0.73 -0.39	0.16 0.01	0.34 0.45	-0.72 -0.77	-0.48	0.03	0.26
6 Número de entrenudos por tallo					0.33 0.44	-0.50 -0.01	-0.53 -0.76	0.50 0.14	0.38 0.29	-0.83 -0.93	0.02	-0.23	-0.03
7 Altura de inserción del primer grupo de panículas						-0.43 0.34	0.51 -0.84	0.00 -0.05	0.16 0.41	-0.62 -0.09	0.00	-0.33	-0.14
8 Diámetro de tallo							-0.95 -0.48	-0.73 -0.23	0.01 0.17	-0.84 -0.77	-0.32	-0.08	0.00
9 Número de panículas por tallo								0.70 0.88	-0.68 -0.17	-0.83 -0.58	-0.83	-0.02	0.00
10 Número de espiguillas por panícula									0.20 -0.20	-0.94 0.44	-0.08	-0.27	-0.47
11 Peso fresco total cosechado por planta										-0.38 -0.33	-0.59	-0.57	-0.63
12 Peso fresco hoja/peso total cosechado											0.44	-0.17	0.00
13 Peso seco hoja/peso total cosechado												-0.08	
14 Contenido de cariopside (fertilidad)													0.48
15 Viabilidad total (de cariopside)													

1: época seca
2: época lluviosa

nudo, carácter no evaluado. Los genotipos de entrenudos cortos tienden a tener panículas con mayor número de espiguillas ($r_G = -0.18$ y -0.47).

El número de panículas y de espiguillas correlacionaron positivamente (0.70 y 0.88), y están asociados con genotipos de tallos delgados, de porte bajo y de bajo rendimiento total de forraje. Los genotipos con promedios altos de espiguillas no producen mayor contenido de cariopsides ($r_G = -0.27$). El número de tallos por planta y el rendimiento total de forraje correlacionaron negativamente con los componentes de rendimiento de semilla. El contenido y la viabilidad de las cariopsides están asociadas positivamente con floración y altura de la planta, lo contrario sucede con número de tallos por planta.

Para algunas correlaciones los valores entre épocas variaron de positivo a negativo, siendo la floración el carácter que mayor contraste presentó. El diámetro de tallos correlacionó alternadamente con la floración, longitud de entrenudo y altura de planta; la altura de inserción del primer grupo de panículas con floración, altura de planta, número de panículas por tallo y número de entrenudos por tallo; el número de entrenudos por tallo con número de tallos por planta y longitud de entrenudo; la floración con altura de planta; el número de espiguillas con peso fresco total y peso fresco de hoja.

La evaluación por épocas del grado de asociación genética entre caracteres de rendimiento de semilla y forraje, puso en evidencia el comportamiento variable de la población 621 de *A. gyanus* en el mismo sitio durante dos cosechas sucesivas. Los valores de los pares de caracteres que sólo se evaluaron en una época (relación peso seco, contenido de cariopside y viabilidad) no son altamente confiables.

4. CONCLUSIONES

- 4.1. En *A. gyanus* la floración tiende a iniciarse tan pronto como las condiciones ambientales lo determinan.
- 4.2. La pérdida de semilla se debe a la fragmentación y caída de la panícula luego de su madurez fisiológica. Ambientes desfavorables aceleran el proceso de fragmentación de la panícula.
- 4.3. Los principales caracteres encontrados al evaluar el contenido de cariopside fueron flores no polinizadas y cariopsides inmaduras.
- 4.4. En *A. gyanus* el rendimiento total de semilla (g de cariopside por planta) es producto del número de tallos por planta, del número

de inflorescencias por nudo, del número de espiguillas por inflorescencias y del contenido y peso de cariopsides.

- 4.5. En *A. gayanus* el rendimiento de forraje y semilla son caracteres negativamente correlacionadas. Los genotipos de macollamiento intermedio tuvieron los mejores promedios de panículas por tallo y de espiguillas por panícula.
- 4.6. La mayoría de caracteres evaluados responderían efectivamente a la selección por los altos coeficientes de variación genética y estimativos de heredabilidad.
- 4.7. El mayor inconveniente de la producción de semilla es la baja retención de panícula.
- 4.8. Como los componentes de varianza del error fueron mayores que el estimativo de varianza genético es necesario aumentar el tamaño de muestra.

5. BIBLIOGRAFÍA

1. BEAN, E. W. Selection for seed retention in S48 and S51 *Phleum pratense* L. *Journal of the British Grassland Society*. 20(1): 144 - 147. 1965.
2. BERNAL, E. J. Producción de semilla de forrajeras tropicales. *Semillas (Colombia)* 4 (3/4): 55-61. 1979.
3. BOONMAN, J. G. Tropical grass seed production in Africa, with particular reference to Kenya. En: Seminar on Pasture Production in acid soils of the tropics, Proceedings. Cali, CIAT, 1979. pp. 361- 376.
4. FERGUSON, J. E. y GARCIA, D. A. Perspectivas en la producción de semillas de *A. gayanus* Kunth. Cali, CIAT, 1979. 19 p.
5. MC WILLIAMS, J. R. Selection for seed retention in *Phalaris tuberosa*. *Australian Journal Agricultural Research*. 14: 755-764. 1963.
6. MILES, J. W. Initiation of a plant breeding program in *Andropogon gayanus* Kunth. Cali, CIAT, 1980. (Seminarios Internos/Serie SE - 06 - 80.