

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD NUTRICIONAL DE GENOTIPOS DE SORGO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] PARA DOBLE PROPOSITO EN NICARAGUA

Nury Gutierrez, Zildghean Chow, Denis Bastianelli, Laurent Bonnal, Rafael Obando, Gilles Trouche

Abril, 2012

Introducción

Maíz ↔ 1972 → cambios en el clima → Sorgo → Cultivo principal en las regiones áridas

Adaptación de pequeños productores → Cambios en sus sistemas de cultivos ↔ Cambios en el clima → Flexibilidad → asegurar la producción

Nuevos objetivos de producción: grano de sorgo más consumido y rastrojo más necesario en época de verano

Cambio: Función “Seguridad alimentaria”, Sorgo: consumo directo por la familia y el suministro de alimento de grano y forraje a los animales de la finca.





Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



Introducción

Factor limitante en el uso del sorgo para doble propósito: baja calidad nutricional de los rastrojos, energía digestible, proteína cruda y minerales son bajos (Bartle y Klopfenstein 1988).

Kristjanson y Zerbini (1999) encontraron que un incremento de 1 % en la digestibilidad del rastrojo, podría inducir un incremento de 5 % en la producción de leche en ganado vacuno.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



Objetivos

- **Evaluar la productividad de grano y rastrojo de genotipos de sorgo de varios orígenes**
- **Evaluar la calidad nutricional de hojas y tallos para la alimentación del ganado**
- **Identificar genotipos que combinen alta productividad y calidad nutricional**



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



Material y Métodos

Precipitación mensual del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Biotecnología (CNIAB). Managua, Nicaragua.

Meses	Precipitación (mm)		
	2003	2004	2005
Mayo	211	167	289
Junio	261	140	220
Julio	100	112	105
Agosto	101	77	196
Septiembre	152	62	239
Octubre	177	232	243
Noviembre	99	25	71
Diciembre	6	0.2	0.4
Total	1106	815	1364
Postrema	534	396	749

Genotipos Evaluados

Genotipos de sorgo de doble propósito evaluados en los años 2003, 2004 y 2005. CNIAB, Managua, Nicaragua

2003		2004		2005	
ICSR 29	V 25	BF 95-11/110		BF 94-6/46K-1K-1K-1F	
ICSR 20	V 52	BF 95-11/195		BF 96-2/46-1K-1K-1K	
ICSR 26	V 142	BF 95-11/160		V 144	
ICSR 29	V 144	BF 93-24/51-2-1		ICSR 29	
ICSR 41	V 156	BF 94-6/46K-1K-1K-1F		ICSR 89064	
ICSR 101	V 161	BF 96-2/46-1K-1K-1K		Africana	
ICSR 161	IS 13868	V 142		Sureño	
ICSR 98048	Real 70	V 144		INTA – CNIA	
ICSR 89064	Pinolero-1	V 161			
ICSR 90005	Sureño	ICSR 29			
ICSR 90001	INTA-CNIA	ICSR 161			
SH 910		ICSR 89064			
SH 688		SH 688			
IS 21891		Sureño			
BF 93-24/51-2-1		INTA – CNIA			



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



➤ **Ubicación del ensayo:**

CNIAB-INTA: 56 msnm de altitud, 12° 08'N, 86° 10'O

Pp 2003: 534 mm, Pp 2004: 396 mm, Pp 2005: 749 mm

➤ **Diseño Experimental**

BCA con 3 repeticiones

➤ **Análisis Estadístico**

ANOVA, pruebas de comparación múltiple de LSD Fisher al 95 % de confianza,

programa XLSTAT 2009.6.02. Análisis de componentes principales (ACP)

➤ **Determinación la composición química**

Método NIRS

Variables Evaluadas

Agronómicas

- Días a flor (50 %) DAF
- Altura de planta (cm) API
- Rendimiento de grano (kg/ha^{-1}) RGR
- Rendimiento fresco de rastrojo (tm/ha^{-1}) RFR
- Rendimiento seco de rastrojo (tm/ha^{-1}) RSR
- Rendimiento seco de tallos (tm/ha^{-1}) RST
- Rendimiento seco de hojas (tm/ha^{-1}) RSH
- H/RS (% M.S)
- H/RF (% M.S)

Calidad Nutricional

- Minerales totales (% MM)
- Materia proteica total (% MAT)
- Fibra neutro detergente (% NDF)
- Fibra ácido detergente (% ADF)
- Lignina ácido detergente (% ADL)
- Digestibilidad enzimática in vitro de la materia seca (% SMS)
- Proporción de ligninas en fibras totales (% ADL/NDF)
- Digestibilidad específicas de las fibras (IVNDFD)
- Digestibilidad in vivo de la materia orgánica (dMO)
- dMO/ha: digestibilidad in vivo de la materia orgánica por hectárea tallos
- MPB/ha Materia proteica bruta de hojas y tallos por hectárea



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

2012
CON TODOS
Y POR EL BIEN
DE TODOS!



Resultados y Discusión

Ecuaciones de calibración NIRS de los parámetros de calidad

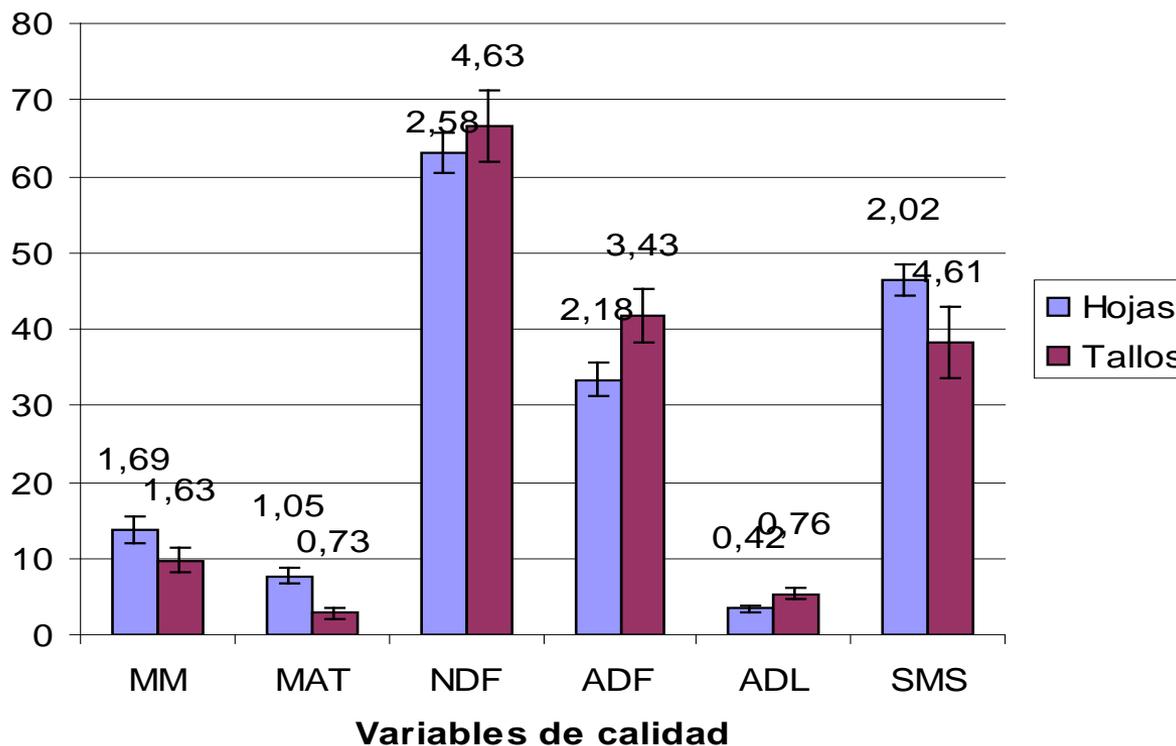
Tallos					Hojas			
	SEC	R ²	SECV	RPD	SEC	R ²	SECV	RPD
MM	0.32	0.98	0.52	4.7	0.45	0.98	0.62	5.4
MAT	0.26	0.96	0.36	3.5	0.36	0.99	0.47	7.4
NDF	1.08	0.99	1.70	5.7	1.12	0.98	1.42	5.6
ADF	1.12	0.97	1.41	4.6	1.21	0.96	1.44	4.1
ADL	0.47	0.89	0.67	2.2	0.50	0.90	0.64	2.4
SMS	1.18	0.99	1.67	5.9	1.66	0.99	1.94	7.8

SEC = Error estándar de calibración; R² = coeficiente de determinación; SECV = error estándar de validación cruzada, RPD = Desviación estándar de la población /SECV

Resultados principales de los ANOVA para las variables agronómicas y de calidad nutricional de hojas y tallos de genotipos de sorgo de doble propósito. CNIAB, Managua, Nicaragua. 2003, 2004

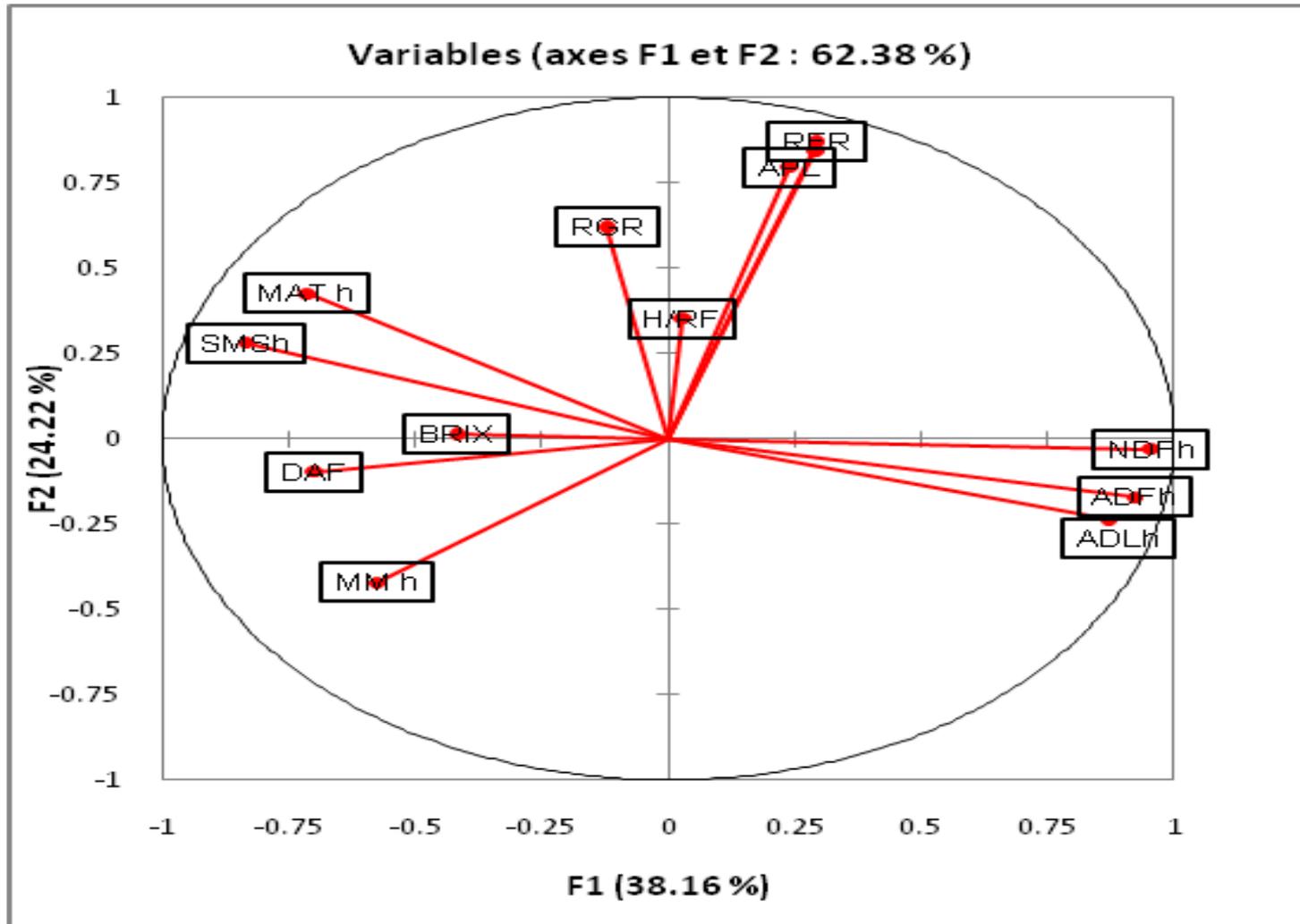
Ensayo de 26 líneas , 2003					Ensayo de 15 líneas, 2004				
Variables	Media	Fc	CV (%)	h ²	Variables	Media	Fc	CV (%)	h ²
DAF	67	***	1.91	0.93	DAF	60	***	1.19	0.97
APL	210	***	4.45	0.96	APL	208	***	4.31	0.96
BRIX	6.34	***	17.22	0.76	BRIX	7.27	***	16.94	0.56
RGR	4454	***	17.50	0.62	RGR	5918	NS	16.11	0.05
RFR	27.18	***	23.61	0.68	RFR	24.48	***	15.26	0.56
RSH	1.88	***	30.12	0.51	RST	5.01	***	16.92	0.72
H/RF	12.19	**	20.76	0.67	H/RS	28	**	25.58	0.35
MM-hojas	13.72	***	6.27	0.75	H/RF	16.06	*	28.85	0.31
MAT-hojas	7.67	***	7.89	0.67	RSR	6.85	***	12.98	0.69
NDF-hojas	62.97	***	1.78	0.82	MM-tallos	9.77	*	13.35	0.30
ADF-hojas	33.34	***	2.51	0.86	MAT-tallos	2.82	***	19.96	0.38
ADL-hojas	3.42	***	5.84	0.77	NDF-tallos	66.60	NS	6.02	0.24
SMS-hojas	46.42	***	2.32	0.72	ADF-tallos	41.76	NS	7.21	0.20
					ADL-tallos	5.37	**	11.66	0.32
					SMS-tallos	38.27	*	10.28	0.26
					dMO - tallos	51.17	*	5.12	0.26
					ADL/NDF	8.08	***	10.26	0.44
					IVNDFD	7.31	***	25.15	0.47

Promedios y desviación estándar de los componentes de calidad nutricional en hojas y tallos de genotipos de sorgo doble propósito. CNIAB, Managua, Nicaragua. 2003, 2004

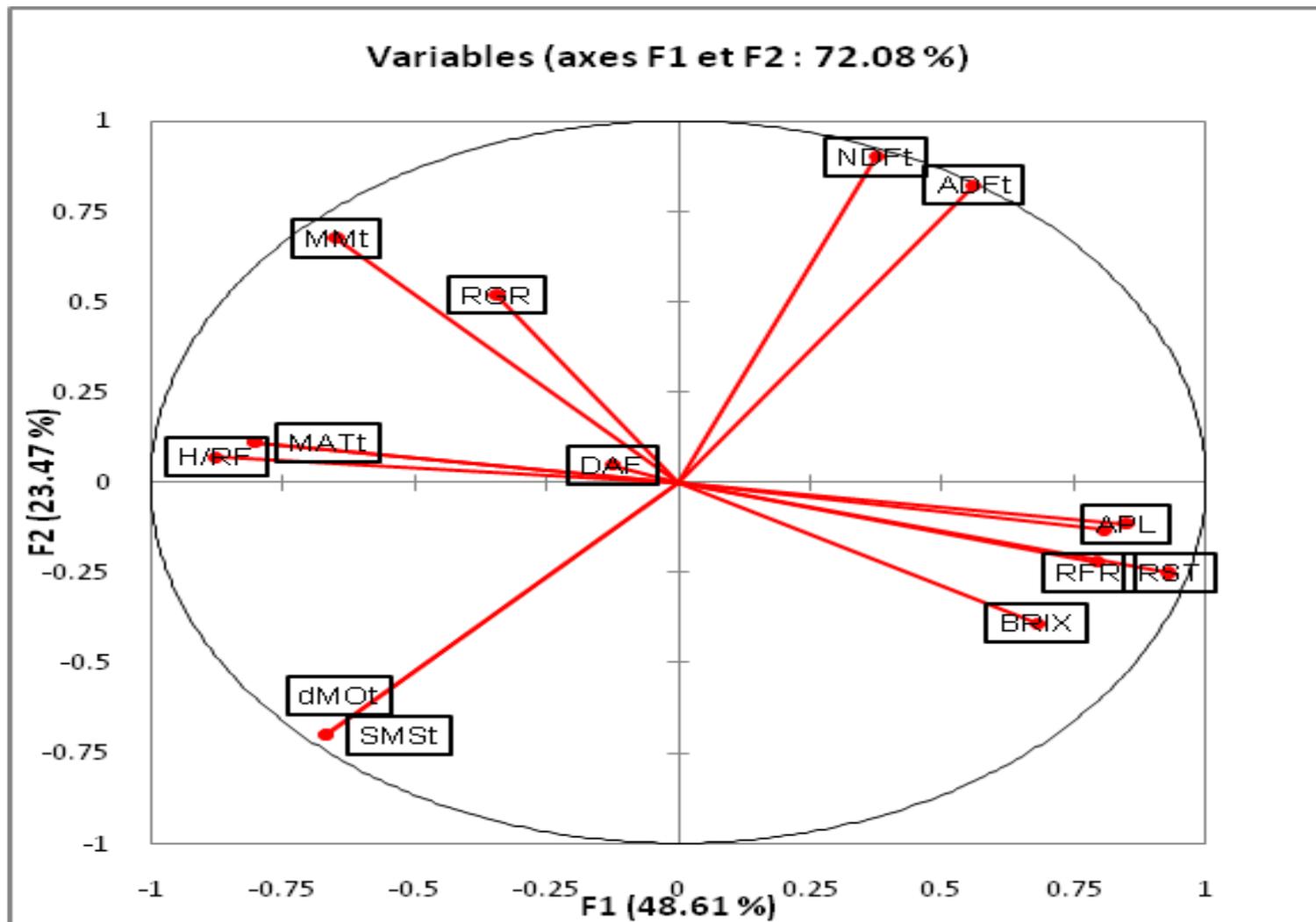


Las barras indican la desviación estándar

Análisis de las componentes principales (ACP) de las variables agronómicas y calidad nutricional de hojas medidas en 26 genotipos de sorgo doble propósito. CNIAB, Managua, Nicaragua 2003



Análisis de las componentes principales (ACP). De variables agronómicas y calidad nutricional de tallos en 15 genotipos de sorgo de doble proposito. CNIAB, Managua, Nicaragua. 2004



Nota: En la gráfica ADL esta muy cercano a APL

Rendimiento y Calidad nutricional (hojas) de los mejores genotipos de sorgo de doble propósito. CNIAB, Managua, Nicaragua. 2003

Variedad	RSH tm ha ⁻¹	RFR tm ha ⁻¹	MAT (%) Hojas	NDF (%) Hojas	SMS (%) Hojas	ADL/NDF Hojas (%)	MPB Kg/ha
Sureño	3.66 (181)	55.48 (260)	7.07 (82)	64.0 (103)	47.31 (99)	6.03 (116)	259 (150)
V144	1.56 (77)	29.40 (138)	9.93 (116)	58.14 (93)	50.46 (106)	4.33 (83)	155 (90)
V142	2.24 (111)	37.16 (174)	8.87 (104)	61.61 (99)	49.87 (105)	4.72 (91)	199 (115)
SH 688	3.0 (149)	48.71 (228)	7.52 (88)	62.88 (101)	45.12 (95)	6.01 (115)	226 (131)
ICSR 89064	1.29 (63)	17.73 (83)	8.65 (101)	58.44 (94)	48.81 (102)	4.88 (93)	112 (65)
ICSR – 29	1.90 (94)	21.23 (99)	7.47 (87)	62.33 (100)	46.17 (97)	5.86 (112)	142 (82)
INTA-CNIA (T)	2.02 (100)	21.35 (100)	8.57 (100)	62.26 (100)	47.62 (100)	5.22 (100)	173 (100)
DMS (5%)	1203.5	11.86	1.23	2.26	2.25		

Rendimiento y Calidad nutricional (tallos) de los mejores genotipos de sorgo de doble propósito. CNIAB, Managua, Nicaragua. 2004

Variedad	RSR tm ha ⁻¹	H/RS (%ms)	MAT %	NDF% tallos	ADL/NDF %	IVNDFD %	MPB kg/ha	dMO Kg/ha	Tallos
									Tallos
Sureño	7.62 (139)	0.30 (80)	2.83 (81)	67.70 (103)	8.29 (121)	8.36 (91)	216 (112)	3884 (134)	
V144	7.92 (144)	0.25 (66)	2.52 (72)	60.92 (93)	9.10 (133)	6.47 (70)	200 (104)	4303 (148)	
V142	5.00 (91)	0.3 (80)	3.39 (97)	64.27 (98)	8.18 (119)	9.17 (99)	170 (88)	2668 (92)	
SH 688	7.39 (135)	0.27 (71)	2.58 (74)	64.42 (99)	7.25 (106)	6.18 (67)	191 (99)	3846 (132)	
ICSR 89064	6.69 (122)	0.33 (87)	3.05 (87)	65.67 (101)	9.16 (134)	5.59 (61)	204 (106)	3409 (117)	
BF 95-11/195	9.48 (172)	0.19 (50)	1.82 (52)	72.73 (111)	8.46 (124)	3.87 (42)	173 (90)	4332 (149)	
BF 95-11/160	8.37 (152)	0.17 (45)	1.78 (51)	63.86 (98)	9.89 (144)	3.90 (42)	149 (77)	4310 (148)	
ICSR – 29	6.19 (113)	0.35 (92)	3.19 (91)	63.0 (97)	7.81 (114)	8.90 (96)	197 (102)	3344 (115)	
BF 94-6/46K-1K-1K-1F	6.84 (124)	0.29 (76)	2.58 (74)	68.26 (105)	7.64 (112)	6.90 (75)	176 (91)	3420 (118)	
BF 96-2/46-1K-1K-1K	4.84 (88)	0.35 (92)	3.56 (102)	66.98 (103)	7.14 (104)	8.32 (90)	159 (82)	2302 (79)	
INTA-CNIA (T)	5.50 (100)	0.38 (100)	3.50 (100)	65.25 (100)	6.85 (100)	9.23 (100)	193 (100)	2906 (100)	
DMS (5%)	1.49	0.12	0.94	6.70	1.40	3.06			

Síntesis de las características agronómicas de los mejores genotipos de sorgo de doble propósito. CNIAB, Managua, Nicaragua. 2003, 2004, 2005

Variedad	N!	DAF	APL cm	BRIX %	RGR kg/ha	RFR tm ha ⁻¹
Sureño	3	70	253	8.6 (132)	5465 (108)	43.77 (166)
V144	3	66	224	8.6 (132)	5000 (98)	27.80 (105)
V142	2	66	230	7.5 (122)	5647 (98)	27.92 (140)
SH 688	2	55	230	6.6 (107)	6401 (111)	40.00 (200)
ICSR 89064	3	68	166	6.3 (97)	4690 (92)	28.44 (108)
BF 95-11/195	1	57	277	9.4 (165)	6071 (95)	31.24 (169)
BF 95-11/160	1	58	265	11.4 (200)	4990 (78)	27.51 (149)
ICSR – 29	3	66	157	6.9 (106)	4130 (81)	21.05 (80)
BF 94-6/46K-1K-1K-1F	2	54	169	9.0 (139)	4168 (83)	22.01 (76)
INTA-CNIA (T)	3	67	164	6.5 (100)	5080 (100)	26.42 (100)

Rendimiento de grano, Materia proteica bruta y digestibilidad de la materia orgánica

Variedades	RGR (kg/ha)	MPB hojas (kg/ha)	MPB tallos (kg/ha)	dMO tallos (kg/ha)
BF 95-11/195	6071		173	4332
BF 95-11/160	4990		149	4310
V 144	5000	155	200	4303
Sureño	5465	259	216	3884
SH 688	6401	226	191	3846
BF 94-6/46K-1K-1K-1F	4168		176	3420
ICSR 89064	4690	112	204	3409
ICSR 29	4130	142	197	3344
INTA CNIA	5080	173	193	2906
V 142	5647	199	170	2668

Conclusiones

- La heredabilidad de los componentes de calidad de las hojas fue siempre alta (>0.65) y mayor que la de los tallos. Sin embargo IVNDFD y ADL/NDF, importantes para valorar la calidad forrajera de los tallos presentaron valores de heredabilidad superiores a 0.4.
- Correlaciones débiles fueron encontradas entre productividad y calidad de hojas y tallos. Solamente una correlación positiva importante fue encontrada entre materia proteica total con la relación hoja/rastrojo en tallos.

Conclusiones

- Los genotipos Sureño, SH 688, V 142 e INTA CNIA sobresalieron en calidad de hojas y BF 95-11/195, BF 95-11/160, V 144, Sureño y SH 688 en calidad de tallos. Sureño superó a todos los genotipos en MPB en hojas y tallos, aceptable dMO y rendimiento de grano.
- V 144, Sureño y SH 688 fueron los que mejor combinaron producción de grano y calidad nutricional del rastrojo.



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!



Recomendaciones

Los genotipos que sobresalieron tanto por su calidad nutricional como por productividad, se pueden explotar en los programas de fitomejoramiento, ya sea para desarrollar futuras variedades, como restauradores para formar híbridos o como progenitores de cruzas para desarrollar nuevas líneas mejoradas.

MUCHAS GRACIAS



Metodología para el análisis bioquímica de muestras de hojas y tallos

- En los experimentos del 2003 y 2004 se analizaron 52 (26 genotipos en dos repeticiones) y 45 muestras (15 genotipos en tres repeticiones), respectivamente, para determinar el contenido de los principales constituyentes bioquímicos en las hojas y los tallos.
- Se realizaron en el laboratorio de nutrición animal de la unidad SELMET del CIRAD en Montpellier (Francia). Las variables medidas fueron: minerales totales (MM), materia proteica total (MAT, método Kjeldahl), fibra evaluada por el método de Van Soest (Van Soest and Wine, 1967): fibra detergente neutro (NDF), fibra detergente ácido (ADF), lignina ácido detergente (ADL), digestibilidad enzimática in vitro (pepsina + celulasa) de la materia seca (SMS), todas estas medidas expresadas en porcentaje de materia seca (Bastianelli y Hervouet 2000).
- En base a estos parámetros estándar, se calculó dos parámetros compuestos: ADL/NDF que representa la proporción de ligninas en fibras totales y digestibilidad de NDF (IVNDFD), que estima la digestibilidad específica de las fibras constituyentes de las paredes celulares, calculado con la fórmula (Barriere *et al.* 2008):
$$\text{IVNDFD} = 100 * ((\text{SMS} - (100 - \text{NDF})) / \text{NDF})$$

Metodología para el análisis bioquímica de muestras de hojas y tallos

- La determinación de la composición química fue realizada por espectrometría en el infrarrojo cercano (NIRS, Near InfraRed Spectroscopy). Los espectros fueron tomados con un espectrómetro NIRSYSTEM 6500 (FOSS, Laurel (MD), USA) en modo de reflectancia, a longitudes de onda entre 400 y 2500 nm. Se utilizaron copelas provistas de cuarzo para presentar las muestras finamente molidas de hojas y tallos.
- La predicción fue realizada en base a ecuaciones de calibración para el rastrojo de sorgo existente en el CIRAD, utilizando 8 muestras para definir las ecuaciones de predicción NIRS. Estas ecuaciones fueron ajustadas a las muestras del estudio por medio de análisis de referencia de laboratorio (método estándar del AOAC de X muestras seleccionadas por presentar el espectro de diversidad).

Metodología para el análisis bioquímica de muestras de hojas y tallos

- Un parámetro de estimación del valor nutricional del rastrojo fue calculado en base a la composición química, utilizando ecuaciones definidas por el INRA (Colin-Schoellen *et al.*, 2000): digestibilidad in vivo (estimada) de la materia orgánica (dMO), expresada en % de materia seca y en kg/ha. La materia proteica total (MAT) fue también expresada en kg/ha (MPB). Para dMO/ha en tallos y MPB/ha en hojas y tallos, se utilizaron las fórmulas siguientes:

$dMO \text{ t/ha} = dMOt * RTO \text{ MO}$, donde:

$dMOt$ = es el coeficiente de dMO en porcentaje de materia seca en los tallos

$RTO \text{ MO}$ = es el rendimiento de la materia orgánica

$RTO \text{ MO} = RTO \text{ MS} * (1 - MM/100)$, donde:

$RTO \text{ MS}$ = es el rendimiento de la materia seca de los tallos

$MPB/ha = RST * MAT * 10$, donde:

RST = es el rendimiento seco de tallos y en el caso de las hojas (RSH)

Metodología para el análisis bioquímica de muestras de hojas y tallos

- La heredabilidad en sentido amplio H^2 , se estimó de acuerdo a los resultados del ANOVA, utilizando las fórmulas siguientes:

$$VG = (CMG - CME) / k$$

$$VA = CME$$

$$h^2 = VG / (VG + VA)$$

Donde,

VG: Varianza genética; CMG: Cuadrado medio del factor genotipos; CME: Cuadrado medio del error; k: Número de repeticiones del experimento; VA: Varianza ambiental