

## Morfología, rendimiento y contenido de minerales de nuevos cultivares de sorgos cosechados en dos estados vegetativos del grano y en dos épocas del año

### Morphology, yield and minerals content of new sorghum cultivars harvested in two grain vegetative stage and two harvesting season

Janhad Lázara Rodríguez Mendieta<sup>1</sup>, Víctor Daniel Gil Díaz<sup>2</sup>, Leandro Marrero Suárez<sup>1,2</sup>, Andres Castro Alegría<sup>1</sup>, Angel Mollineda Trujillo<sup>2</sup>, Sandra Hoedtke<sup>3</sup>, Jerome Bindelle<sup>4</sup>, Raciél Lima Orozco<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera a Camajuani km 5.5. Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830.

<sup>2</sup> UCLV, Centro de Investigaciones Agropecuarias, Carretera a Camajuani km 6.5. Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830.

<sup>3</sup> University of Rostock, Chair of Animal Physiology and Animal Nutrition, Justus-von-Liebig-Weg 8, 18059 Rostock, Germany.

<sup>4</sup> Department of Animal Husbandry, Gembloux Agricultural University, 2 Passage des De' porte' s, Gembloux 5030, Belgium.

E-mail: raciello@uclv.edu.cu

---

**RESUMEN.** Se evaluaron parámetros de la morfología, el rendimiento y el contenido mineral de granos y panículas de nuevos cultivares de sorgos cosechados en dos estados vegetativos del grano y en dos épocas del año. Estos cultivares de sorgo (CIAP MC-04-12, CIAP 2E-95, CIAP 132R-05) se sembraron en la Estación Experimental Agropecuaria del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Santa Clara, Cuba. Los resultados se procesaron en el modelo general lineal (SPSS 21.0) para evaluar los efectos del cultivar de sorgo, el estado vegetativo del grano y la época de cosecha sobre variables morfológicas (altura de la planta, diámetro del tallo, nudos por tallo, hojas por planta, longitud del pedúnculo, longitud de la panícula), de rendimiento (forrajero, en grano, en panícula) y concentraciones minerales (Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn) en granos y panículas. La panícula más pequeña ( $p < 0,001$ ) en ambas épocas de cosecha correspondió al CIAP 132R-05, la más grande ( $p < 0,001$ ) al CIAP MC-04-12. El CIAP 2E-95 presentó la mayor producción forrajera (MS/ha) en ambas épocas de cosecha. El estado vegetativo del grano en pasta dura evidenció la mayor producción de MS/ha de granos y panículas. Se concluye que el CIAP MC-04-12 fue el de mayor concentración mineral en sus granos y los cultivares de sorgo evaluados poseen contenidos de Zn y Mn que no cubren los requerimientos de cerdas en gestación-lactación, por lo que las dietas para estas categorías porcinas a base de granos o panículas de estos cultivares de sorgo deben ser suplementadas con Zn y Mn.

**Palabras clave:** grano en pasta blanda, grano en pasta dura, macroelementos, microelementos.

**ABSTRACT.** It was assessed morphological parameters, yield and mineral contents of grains and panicles of new sorghum cultivars harvested in two grain vegetative stages and two year season. Those sorghum cultivars (CIAP MC-04-12, CIAP 2E-95, CIAP 132R-05) were sown on experimental station at CIAP, Santa Clara, Cuba. The results were processed in the general lineal model (SPSS 21.0) to assess the effects of sorghum cultivar, the grain vegetative stage and harvesting season on morphological variables (plant high, stalk diameter, knot per stalk, leaves per plant, peduncle length, panicle length), yield (forage, grain, panicles) and minerals contents (Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn) in grains and panicles. The small panicles ( $P < 0,001$ ) in both harvesting season corresponded to CIAP 132R-05 and the biggest panicle ( $P < 0,001$ ) to CIAP MC-04-12. The CIAP 2E-95 showed the higher forage production (DM/ha) in both harvesting season. In the grain vegetative stage of hard dough was evidenced the higher grains and panicles production in terms of dry matter/ha. It was concluded that CIAP MC-04-12 showed the highest mineral concentration in their grains and that the three sorghum cultivars have Zn and Mn contents that not cover the sow's requirements at gestation-lactation stages, hence the diets to those sows' categories on base grains and panicles from those sorghum cultivars should be supplemented with Zn and Mn.

**Keywords:** grain in soft dough, grain in hard dough, macroelements, microelements.

## INTRODUCCIÓN

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es uno de los cereales de mayor adaptabilidad en áreas donde el clima no es favorable (Mushandu *et al.*, 2005), sin embargo, bajo esas condiciones el sorgo muestra dos tipos de respuesta al estrés por sequía, primero se reduce el tamaño de la panícula y el número de granos (Tolk *et al.*, 2013) y después de la emisión de la panícula se reducen el tamaño del grano y grosor del tallo (Burke *et al.*, 2010).

Los cultivares de sorgo de la raza *guinea* poseen tolerancia a la escasez o abundancia de agua con altos rendimientos graníferos, resistencia al ataque de pájaros así como características en su adaptación (panículas flexibles y glumas largas) y aceptable valor nutritivo que lo muestran como una alternativa viable para producir granos en sistemas tropicales (ICRISAT, 2003). El Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP, Santa Clara, Cuba) posee un nuevo cultivar de sorgo (CIAP MC-04-12) de la raza *guinea* que muestra altos rendimientos agrícolas y buen valor nutritivo que lo convierten en una alternativa para los sistemas cubanos (Rodríguez-Mendieta *et al.*, 2015). Sin embargo, existen pocas investigaciones sobre los efectos integrados de la disponibilidad de agua sobre el rendimiento y calidad de los cultivares de sorgo (Jahanzad *et al.*, 2013).

En Cuba, como en otras regiones tropicales, existen dos épocas del año bien contrastantes en las que la pluviosidad (estrés hídrico sobre los cultivos en la época poco lluviosa) marca la mayor diferencia (Lima-Orozco *et al.*, 2013). El objetivo del presente trabajo fue evaluar algunos parámetros de la morfología, el rendimiento y el contenido mineral de granos y panículas de nuevos cultivares de sorgos cosechados en dos estados vegetativos del grano y en dos épocas del año en la región de central de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los cultivares de sorgo fueron sembrados en la Estación Experimental Agropecuaria del CIAP, Santa Clara, Cuba (altura: 100 msnm., latitud: 22°43'N, longitud: 79°90'W) a una distancia entre surcos de 0,90 m a razón de 25 plantas/m<sup>2</sup>. La siembra se desarrolló en tres diferentes parcelas (por cada cultivar, tres parcelas (0,20 ha/parcela) por estado vegetativo del grano, por la época de cosecha en cada año) con similar

fertilidad (promedio  $\pm$  ESM; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 3,47  $\pm$  0,29 mg/100 g suelo; K<sub>2</sub>O: 4,91  $\pm$  0,22 mg/100 g suelo; MO: 1,88  $\pm$  0,08 %) e igual tipo de suelo (pardo carbonatado, inceptisol (McCune *et al.*, 2011)). No se aplicó riego ni fertilización.

Las plantas fueron cosechadas manualmente en dos estados vegetativos del grano (pasta dura y pasta blanda) y dos épocas de cosecha [período poco lluvioso (febrero para el estado del grano en pasta blanda y marzo para el estado del grano de pasta dura) y período lluvioso (agosto para el estado del grano en pasta blanda y septiembre para el estado del grano de pasta dura)] durante dos años (2011 y 2012). El promedio ( $\pm$  desviación estándar) de precipitación, temperatura y humedad relativa durante el período del cultivo en la época lluviosa y poco lluviosa fueron en 2011: 182  $\pm$  30 mm y 39  $\pm$  11 mm, 27,6  $\pm$  0,5 °C y 22,1  $\pm$  0,9 °C; y 80  $\pm$  1 % y 75  $\pm$  2 %, respectivamente; para el 2012 fueron 193  $\pm$  24 mm y 46  $\pm$  14 mm, 28,2  $\pm$  0,4 °C y 20,7  $\pm$  0,5 °C; y 80  $\pm$  2 % y 76  $\pm$  1 %, respectivamente.

**Muestreo:** inmediatamente después de la cosecha 50 kg de panículas (con sus plantas correspondientes) de diferentes áreas de cada parcela fueron colectadas, a partir de éstas, una submuestra de 40 kg de panículas fue usada para separar los granos de las panículas que serían usados en análisis futuros; la otra submuestra (10 kg de panículas) fueron preparadas para los análisis como panícula completa (sin remover los granos). Las plantas fueron evaluadas morfológicamente antes de remover la panícula y las muestras (granos, panículas y plantas) colectadas por cada parcela fueron secadas a 65 °C durante 72 h en triplicado. Después, el material secado fue molido (a 1 mm) y 350 g de granos o panículas o plantas fueron almacenadas en frascos de cristal a temperatura ambiente (28  $\pm$  3 °C) para análisis futuros.

**Análisis químico:** Se analizaron las muestras (en duplicado) para la materia seca (MS) (AOAC, 1995) y ceniza (EC, 2009). En la determinación de minerales la ceniza se diluyó con 10 ml de ácido clorhídrico al 10 % y se llevó a 100 ml completándose con agua desionizada. A partir de esta solución se cuantificó el contenido mineral (Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn) por espectrofotometría de absorción atómica (Miles *et al.*, 2001), en un equipo SP-9 de la firma PYE UNICAM según los procedimientos del fabricante. El fósforo (P) se determinó por el método colorimétrico descrito por Miles *et*

al. (2001).

Los resultados de los análisis se procesaron estadísticamente en el modelo general lineal (GLM) del SPSS 21.0 para evaluar los efectos del cultivar de sorgo, el estado vegetativo del grano, la época del año y el año de cosecha sobre las variables morfológicas (altura de la planta, diámetro del tallo, nudos por tallo, hojas por planta, longitud del pedúnculo y longitud de la panícula) y de rendimiento (forrajero, en grano y en panícula) estudiadas siguiendo el modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + SC_{i=1-3} + GVS_{j=1-2} + HS_{k=1-2} + HY_{l=1-2} + SC \times GVS + SC \times HS + SC \times HY + GVS \times HS + GVS \times HY + HS \times HY + SC \times GVS \times HS + SC \times GVS \times HY + SC \times HS \times HY + GVS \times HS \times HY + SC \times GVS \times HS \times HY + \varepsilon_{ijk}$$

Con,  $SC_{i=1-3}$ , el cultivar de sorgo (CIAP MC-04-12 vs. CIAP 2E-95 vs. CIAP 132R-05);  $HS_{k=1-2}$ , la época de cosecha (lluviosa vs. poco lluviosa);  $GVS_{j=1-2}$ , el estado vegetativo del grano al momento de la cosecha (pasta blanda vs. pasta dura);  $SC \times GVS$ ,  $SC \times HS$ ,  $SC \times HY$ ,  $GVS \times HS$ ,  $GVS \times HY$ ,  $HS \times HY$ ,  $SC \times GVS \times HS$ ,  $SC \times GVS \times HY$ ,  $SC \times HS \times HY$ ,  $GVS \times HS \times HY$ ,  $SC \times GVS \times HS \times HY$ , la interacción entre los diferentes factores y  $\varepsilon_{ijk}$ , el error experimental.

Para evaluar los minerales estudiados se desechó el efecto año atendiendo a reducir los costos experimentales y a que el mismo no mostró efectos sobre la composición nutricional en trabajos previos (Rodríguez-Mendieta *et al.*, 2015) ni en este trabajo sobre las variables morfológicas y de rendimiento. Por ello para evaluar los efectos del cultivar de sorgo, el estado vegetativo del grano y la época del año sobre las concentraciones de minerales en los granos y panículas de tres cultivares de sorgo se empleó el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + SC_{i=1-3} + GVS_{j=1-2} + HS_{k=1-2} + SC \times GVS + SC \times HS + GVS \times HS + SC \times GVS \times HS + \varepsilon_{ijk}$$

Con,  $SC_{i=1-3}$ , el cultivar de sorgo (CIAP MC-04-12 vs. CIAP 2E-95 vs. CIAP 132R-05);  $HS_{k=1-2}$ , la época de cosecha (lluviosa vs. poco lluviosa);  $GVS_{j=1-2}$ , el estado vegetativo del grano al momento de la cosecha (pasta blanda vs. pasta dura);  $SC \times GVS$ ,  $SC \times HS$ ,  $GVS \times HS$ ,  $SC \times GVS \times HS$ , la interacción entre los diferentes factores y  $\varepsilon_{ijk}$ , el error experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros morfológicos estudiados fueron (altura de la planta, diámetro del tallo, nudos por tallo, hojas por planta, longitud del pedúnculo y longitud de la panícula) se presentan en la tabla 1. El cultivar de sorgo y el estado vegetativo del grano al momento de la cosecha afectaron ( $P < 0,001$ ) todas las variables estudiadas. El cultivar de sorgo CIAP MC-04-12 fue el que mayor altura alcanzó en ambos períodos independientemente al estado vegetativo en el que se encontraba el grano. Como se esperaba (Burke *et al.*, 2010; Tolk *et al.*, 2013) todos los cultivares de sorgo alcanzaron menor altura en el período poco lluvioso, consecuentemente el resto de los parámetros morfológicos estudiados fueron menores en el período poco lluvioso que en el período lluvioso. En ambas épocas estudiadas los cultivares CIAP 132R-05 y CIAP 2E-95 mostraron pedúnculos de longitud similar ( $P > 0,05$ ) e inferiores ( $P < 0,001$ ) a los pedúnculos del cultivar CIAP MC-04-12.

La panícula más pequeña ( $P < 0,001$ ) en ambas épocas de cosecha correspondió al cultivar CIAP 132R-05 y la más grande ( $P < 0,001$ ) al CIAP MC-04-12 (tabla 1). El estado vegetativo del grano al momento de cosecha no tuvo influencias ( $P > 0,05$ ) sobre el número de nudos por tallo ni el número de hojas por planta ya que estas variables morfológicas se ven afectadas más por el estrés hídrico que por el estado vegetativo del grano al momento de cosecha (Burke *et al.*, 2010; Tolk *et al.*, 2013); aunque estos autores sostienen que en estados avanzados del desarrollo de la planta como al momento de la emisión de la panícula o después de esta solo afecta los componentes morfológicos de la panícula (tamaño), el número y tamaño de los granos y el grosor del tallo; o sea existe una interrelación entre el momento en que se produce el estrés hídrico y el estado vegetativo en que se encuentre la planta en ese momento que se produce el estrés hídrico (Ananda *et al.*, 2011; Burke *et al.*, 2010; Tolk *et al.*, 2013).

No se mostró efecto ( $P > 0,05$ ) del año de cosecha sobre los parámetros estudiados al parecer debido a la similitud en el régimen de las variables climáticas (precipitación, humedad relativa y temperatura) entre los años estudiados en este trabajo, influenciada por la estabilidad climática que caracteriza la región central de Cuba entre

**Tabla 1. Parámetros morfológicos (promedios) de tres cultivares de sorgo (SC) cubanos cosechados en dos estados vegetativos del grano (GVS) y en dos épocas de cosecha (HS) durante dos años (HY)**

Tratamientos <sup>1</sup>		altura planta (m)	diámetro tallo (mm)	nudos × tallo	hojas × planta	longitud pedúnculo	longitud panícula
						m	m
CIAP MC-04-12	PbLI	2,03	7,70	6,00	7,03	0,58	0,32
	PbS	1,39	7,47	5,00	5,02	0,52	0,25
	PdLI	2,08	7,95	6,00	7,01	0,60	0,33
	PdS	1,44	7,78	5,00	5,01	0,54	0,26
CIAP 2E-95	PbLI	1,71	28,2	7,00	7,69	0,16	0,21
	PbS	1,32	23,8	5,34	6,02	0,15	0,16
	PdLI	1,78	29,5	7,00	7,68	0,17	0,21
	PdS	1,36	24,9	5,34	6,01	0,16	0,17
CIAP 132R-05	PbLI	0,81	19,99	4,34	5,35	0,15	0,17
	PbS	0,60	17,60	3,34	3,68	0,15	0,14
	PdLI	0,83	20,50	4,34	5,34	0,16	0,18
	PdS	0,63	18,17	3,34	3,67	0,16	0,14
<b>ESM</b>		<b>0,059</b>	<b>0,940</b>	<b>0,159</b>	<b>0,176</b>	<b>0,023</b>	<b>0,007</b>
<b>P value<sup>2</sup></b>	SC	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	GVS	<0,001	<0,001	>0,999	0,976	<0,001	0,002
	HS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	HY	0,228	0,364	0,975	0,868	0,867	0,535
	SC×GVS	0,074	0,092	>0,999	>0,999	0,028	0,676
	SC×HS	<0,001	<0,001	0,273	0,723	<0,001	<0,001

<sup>1</sup> **PbLI**: pasta blanda en período lluvioso; **PbS**: pasta blanda en período poco lluvioso; **PdLI**: pasta dura en período lluvioso; **PdS**: pasta dura en período poco lluvioso

<sup>2</sup> **P value**: muestra la significancia de los principales efectos (SC, HS, GVS, HY) y las interacciones con significación estadística al menos en un parámetro según el modelo general lineal

años (Lima-Orozco *et al.*, 2013). Solo sobre la longitud del pedúnculo se evidenció ( $P < 0,05$ ) interdependencia entre el cultivar de sorgo y el estado vegetativo del grano al momento de la cosecha. Similarmente en cuatro parámetros morfológicos (altura y diámetro de la planta, longitud del pedúnculo y longitud de la panícula) se detectaron interdependencia ( $P < 0,001$ ) entre el cultivar de sorgo y la época de cosecha del grano.

El rendimiento forrajero, en grano y panícula (tabla 2) fue afectado ( $P < 0,001$ ) tanto por el cultivar de sorgo como por la época de cosecha y el estado vegetativo del grano al momento de la cosecha. Los cultivares de sorgo CIAP MC-04-12 y CIAP 2E-95 mostraron buen potencial forrajero al alcanzar más de 8 t MS/ha en período lluvioso, rendimiento forrajero que se encuentra

en el rango de aceptabilidad para otros cultivares de sorgo en la región central de Cuba [6-10 t MS/ha (Lima-Orozco *et al.*, 2013)].

Al igual a lo encontrado en los parámetros morfológicos, el período poco lluvioso limitó la producción forrajera de los tres cultivares estudiados (tabla 2), especialmente en CIAP 132R-05 y CIAP MC-04-12; quienes mostraron un 35 o 30 % menos de producción de MS/ha en período poco lluvioso que en período lluvioso, respectivamente. El cultivar CIAP 2E-95 con las condiciones de poca lluvia fue el de mejor producción forrajera en MS/ha y representó el 80 % de la producción de MS/ha en el período lluvioso.

El rendimiento en grano (tabla 2) expresado tanto en base fresca como en base seca demuestra que el cultivar de sorgo CIAP MC-04-12 fue



el mejor de los cultivares estudiados en los dos estados vegetativos del grano y en las dos épocas de cosecha. La producción de granos y panículas fue superior en el período lluvioso lo que sugiere que estos cultivares de sorgo responden satisfactoriamente al régimen de pluviosidad (Jahanzad *et al.*, 2013). En el estado vegetativo del grano en pasta dura se evidenció la mayor ( $p < 0,001$ ) producción de granos y panículas en términos de MS/ha. En este estado del grano los cultivares de CIAP 2E-95 y CIAP 132R-05 alcanzaron producciones inferiores (18 y 35 %, respectivamente) al CIAP MC-04-12. El rendimiento en panícula obtenido muestra el potencial productivo de estos cultivares para producciones locales de cerdos y rumiantes ya

que estas panículas poseen, tanto frescas como ensiladas, un valor nutritivo adecuado para estas especies (Marrero-Suárez *et al.*, 2009).

El año de cosecha no tuvo influencias ( $p > 0,05$ ) sobre ninguna de las variables de rendimiento estudiadas (tabla 2). Para estas variables de rendimiento se evidenció interdependencia entre el cultivar de sorgo y el estado vegetativo del grano y la época de cosecha.

El contenido de minerales en granos (tabla 3) de los tres cultivares cubanos cosechados en dos estados vegetativos y dos épocas del año durante dos años de cosecha evidenció que el tipo de cultivar de sorgo y el estado vegetativo del grano al momento de la cosecha afectaron ( $p < 0,001$ ) todos los minerales estudiados (excepto el Fe

**Tabla 2. Rendimiento agrícola de tres cultivares de sorgo (SC) cubanos cosechados en dos estados vegetativos del grano (GVS) y en dos épocas de cosecha (HS) durante dos años (HY)**

Tratamientos <sup>1</sup>		Rendimiento					
		forrajero		en grano		en panícula	
		t FV/ha	t MS/ha	t grano/ha	t MS/ha	t panícula/ha	t MS/ha
CIAP MC-04-12	PbLI	34,28	8,61	4,10	2,52	5,26	3,45
	PbS	23,66	5,96	2,91	2,16	3,65	2,77
	PdLI	30,10	8,76	3,60	3,24	4,74	3,74
	PdS	20,90	6,09	2,54	2,32	3,34	2,64
CIAP 2E-95	PbLI	26,84	8,88	3,45	2,10	4,54	2,97
	PbS	21,41	7,08	2,73	2,01	3,59	2,71
	PdLI	24,33	9,54	2,96	2,65	4,11	3,10
	PdS	19,32	7,56	2,39	2,17	3,31	2,62
CIAP 132R-05	PbLI	12,00	4,03	2,63	1,92	3,37	2,19
	PbS	7,86	2,66	1,72	1,04	2,25	1,69
	PdLI	10,62	4,72	2,35	2,08	3,56	2,30
	PdS	6,94	3,06	1,53	1,38	2,21	1,73
<b>ESM</b>		<b>1,005</b>	<b>0,271</b>	<b>0,084</b>	<b>0,064</b>	<b>0,104</b>	<b>0,071</b>
<b>P value<sup>2</sup></b>	SC	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	GVS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	HS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	HY	0,374	0,374	0,940	0,381	0,795	0,113
	SC×GVS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,071
	SC×HS	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	GVS×HS	0,010	0,010	<0,001	<0,001	0,150	<0,001
	SC×GVS×HS	0,307	0,307	0,647	<0,001	<0,001	<0,001

<sup>1</sup> **PbLI**: pasta blanda en período lluvioso; **PbS**: pasta blanda en período poco lluvioso; **PdLI**: pasta dura en período lluvioso; **PdS**: pasta dura en período poco lluvioso

<sup>2</sup> **P value**: muestra la significancia de los principales efectos (SC, HS, GVS, HY) y las interacciones con significación estadística al menos en un parámetro según el modelo general lineal

**Tabla 3. Contenido de calcio, fósforo, magnesio, hierro, cobre, cinc y manganeso del grano de tres cultivares de sorgo (SC) cubanos cosechados en dos estados vegetativos del grano (GVS) y dos épocas del año (HS)**

Tratamientos <sup>1</sup>		Ca	P	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
		mg/kg MS						
CIAP MC-04- 12	PbLI	973	4463	1832	145	35,3	57,7	12,8
	PbS	970	4315	1827	144	29,5	52,2	10,6
	PdLI	942	4310	1803	147	37,9	60,3	13,3
	PdS	944	4218	1796	146	32,2	54,7	11,0
CIAP 2E-95	PbLI	926	4441	1790	123	28,1	42,0	10,7
	PbS	924	4327	1786	124	21,2	36,5	8,4
	PdLI	895	4353	1761	124	30,4	44,5	11,1
CIAP 132R-05	PdS	898	4230	1754	125	23,1	39,0	8,8
	PbLI	896	4244	1748	124	29,5	34,1	10,3
	PbS	894	4152	1743	123	22,6	28,5	8,2
ESM	PdLI	852	4136	1702	122	32,0	36,6	10,8
	PdS	850	4053	1711	123	24,7	31,1	8,5
	<b>ESM</b>	<b>4,66</b>	<b>14,17</b>	<b>5,11</b>	<b>1,25</b>	<b>0,60</b>	<b>1,23</b>	<b>0,19</b>
P value <sup>2</sup>	SC	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	HS	0,739	<0,001	0,462	0,638	<0,001	<0,001	<0,001
	GVS	<0,001	<0,001	<0,001	0,185	<0,001	<0,001	<0,001
	SC×HS	0,906	0,057	0,694	0,072	0,057	0,998	0,880
	SC×GVS	0,003	0,099	0,607	0,058	0,689	0,998	0,812
	HS×GVS	0,418	0,128	0,733	0,230	0,672	0,982	0,331
	SC×HS×GVS	0,844	0,079	0,648	0,504	0,932	0,997	0,760

<sup>1</sup> **PbLI**: pasta blanda en período lluvioso; **PbS**: pasta blanda en período poco lluvioso; **PdLI**: pasta dura en período lluvioso; **PdS**: pasta dura en período poco lluvioso

<sup>2</sup> **P value**: muestra la significancia de los principales efectos (SC, HS, GVS) y sus interacciones según el modelo general lineal

para el estado vegetativo del grano), mientras la época de cosecha afectó ( $P < 0,05$ ) los contenidos de P, Cu, Zn y Mn. No se mostraron interdependencias entre los principales efectos estudiados ( $p > 0,05$ ). Las concentraciones de estos minerales en el grano de estos cultivares los muestran como una buena fuente de los mismos en dietas en las que estos granos sean la fuente principal de energía debido a que todos los cultivares muestran concentraciones minerales (excepto el Zn) que superan los requerimientos de cerdos en crecimiento-ceba según la NRC (1998). El cultivar de sorgo CIAP MC-04-12 mostró las mayores concentraciones de minerales entre todos los cultivares, al parecer por las características fisiológicas de su sistema radicular y otros aspectos de su genética al pertenecer a la raza *guinea* (Dicko *et al.*, 2006; ICRISAT, 2003).

El contenido de P en los tres cultivares de sorgo estudiados fue superior al reportado por la NRC (1998) y Dicko *et al.* (2006) para otros cultivares de sorgo, pero fueron similares a los reportados por Castro-Alegría (1999) para el CIAP 2E-95 y otras tres variedades cubanas de sorgo cultivadas bajo otras condiciones agroclimáticas. No obstante, es conocido que en los cereales parte del P y el Zn, se encuentran unidos a complejos químicos tales como los fitatos (Makkar *et al.*, 2007) que limitan su asimilación por parte de los animales, especialmente de las especies monogástricas (NRC, 1998; Ojeda *et al.*, 2010; Revy *et al.*, 2004). Teniendo en cuenta esta problemática, las concentraciones de los macroelementos estudiados en este trabajo (Ca, P, Mg) mostraron concentraciones en los granos de los tres cultivares superiores a los requerimientos

(835, 670 y 45 mg/kg MS, respectivamente) para cerdas gestantes o lactantes (NRC, 1998). Para el caso del P habrá que estudiar en trabajos futuros si el P disponible (no asociado a fitatos) en estos cultivares supera los requerimientos (390 mg/kg MS) de estas categorías porcinas.

Las concentraciones de microelementos (Fe, Cu, Zn y Mn; tabla 3) de todos los cultivares fueron superiores a otros cultivares de sorgo estudiados previamente en Cuba, África y US (Castro-Alegría, 1999; Dicko *et al.*, 2006; NRC, 1998). Los contenidos de Cu, Zn y Mn fueron mayores en el período lluvioso, lo que sugiere que las condiciones de humedad del suelo favorecen la absorción de los mismos (Jahanzad *et al.*, 2013; Tolk *et al.*, 2013). El estado vegetativo de grano en pasta dura mostró mayor ( $P < 0,001$ ) concentración de Cu, Zn y Mn

independientemente de la época de cosecha del grano y del tipo de cultivar de sorgo.

Los cultivares de sorgo mostraron concentraciones de Fe y Cu en sus granos superiores a los requerimientos de estos minerales [90 y 6 mg/kg MS, respectivamente (NRC, 1998)] en las dietas para cerdas en gestación-lactación. Sin embargo, ni el mejor cultivar de sorgo (CIAP MC-04-12) en cuanto a la concentración de Zn y Mn en sus granos fue capaz de cubrir los requerimientos (60 y 22 mg/kg MS, respectivamente (NRC, 1998)) de estos minerales exigido para cerdas en gestación-lactación, especialmente si se conoce que estos minerales tienen una tasa de absorción intestinal inferior al 50 % (Miles *et al.*, 2001; NRC, 1998; Revy *et al.*, 2004). Este resultado sugiere que las cerdas de estas categorías cuando sean alimentadas con dietas a base de

**Tabla 4. Contenido de calcio, fósforo, magnesio, hierro, cobre, cinc y manganeso de la panícula de tres cultivares de sorgo (SC) cubanos cosechados en dos estados vegetativos del grano (GVS) y dos épocas del año (HS)**

Tratamientos <sup>1</sup>		Ca	P	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
		mg/kg MS						
CIAP MC-04-12	PbLI	1061	4290	1845	153	39,0	58,9	13,1
	PbS	1059	4260	1840	152	33,2	53,2	10,8
	PdLI	1066	4370	1816	155	41,6	61,5	13,5
	PdS	1056	4094	1810	154	35,8	55,8	11,3
CIAP 2E-95	PbLI	1057	4096	1803	133	31,1	42,9	10,9
	PbS	1057	4066	1774	132	24,1	37,3	8,6
	PdLI	1062	4176	1799	135	33,5	45,5	11,3
	PdS	1054	3900	1775	135	26,1	39,8	9,0
CIAP 1 32R-05	PbLI	1059	4243	1766	131	31,2	34,8	10,5
	PbS	1060	4213	1758	130	24,1	29,1	8,3
	PdLI	1064	4324	1715	132	33,7	37,4	11,1
	PdS	1057	4048	1724	132	26,3	31,8	8,7
<b>ESM</b>		<b>2,16</b>	<b>21,26</b>	<b>4,94</b>	<b>1,72</b>	<b>0,69</b>	<b>0,67</b>	<b>0,25</b>
<b>P value<sup>2</sup></b>	SC	0,590	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	HS	0,086	<0,001	0,576	0,757	<0,001	<0,001	<0,001
	GVS	0,680	<0,001	<0,001	0,411	<0,001	<0,001	<0,001
	SC×HS	0,967	0,999	0,861	0,989	0,075	0,997	0,999
	SC×GVS	0,999	0,998	0,268	0,999	0,708	0,996	0,963
	HS×GVS	0,116	0,054	0,413	0,917	0,595	0,987	0,629
	SC×HS×GVS	0,999	0,999	0,631	0,993	0,893	0,981	0,865

<sup>1</sup> **PbLI**: pasta blanda en período lluvioso; **PbS**: pasta blanda en período poco lluvioso; **PdLI**: pasta dura en período lluvioso; **PdS**: pasta dura en período poco lluvioso

<sup>2</sup> **P value**: muestra la significancia de los principales efectos (SC, HS, GVS) y sus interacciones según el modelo general lineal

estos cultivares deben ser suplementados con Zn y Mn para cubrir sus requerimientos nutritivos y no afectar su comportamiento reproductivo.

Respecto a las panículas (tabla 4), las concentraciones de minerales en ellas fueron ligeramente superiores a las encontradas en los granos, este hallazgo parece estar influenciado por el mayor contenido de ceniza bruta que poseen las panículas con respecto al grano (Rodríguez-Mendieta *et al.*, 2015). Diferente a lo observado en el grano, el tipo de sorgo no tuvo influencias sobre la concentración de Ca. Similarmente a lo encontrado en el grano, las concentraciones de P, Cu, Zn y Mn fueron afectadas ( $P < 0,001$ ) por los tres efectos principales estudiados (cultivar de sorgo, época de cosecha y estado vegetativo del grano al momento de la cosecha). No se evidenció interdependencia ( $P > 0,05$ ) entre los principales efectos estudiados. Las concentraciones de los minerales en las panículas de los cultivares estudiados muestran que pueden ser empleadas como fuente de estos minerales, excepto para el Zn y el Mn que al igual que el grano mostraron niveles inferiores a los requerimientos de las cerdas en gestación-lactación (NRC, 1998).

## CONCLUSIONES

Basado en los parámetros morfológicos, la producción de granos y panículas obtenidos en este trabajo se concluye que el cultivar de sorgo CIAP MC-04-12 fue el que mejor adaptabilidad mostró en el período poco lluvioso. Todos los cultivares de sorgo exhibieron su mayor potencial en la época lluviosa y en el estado de grano en pasta dura. El cultivar de sorgo CIAP MC-04-12 fue el de mayor producción granífera en ambas épocas de cosecha, mientras que en estas épocas el cultivar CIAP 2E-95 exhibió el mayor potencial forrajero (MS/ha). A pesar de que todos los cultivares de sorgo mostraron contenidos de Ca, P, Mg, Fe, Cu y Mn que superan los requerimientos para cerdos en crecimiento-ceba, el cultivar CIAP MC-04-12 fue el de mayor concentración de estos minerales en sus granos y panículas. Los tres cultivares de sorgo evaluados en este estudio poseen contenidos de Zn y Mn que no son capaces de cubrir los requerimientos de cerdas en gestación-lactación, por lo que las dietas para estas categorías porcinas que incluyan granos o panículas de estos cultivares de sorgo como fuente principal de energía deben ser suplementadas con Zn y Mn.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ananda, N.; P.V. Vadlani; P.V.V. Prasad: Evaluation of drought and heat stressed grain sorghum (*Sorghum bicolor*) for ethanol production. *Industrial Crops and Products*, 33 (3): 779-782, 2011.
2. AOAC: Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA, 1995. ISSN: 9780935584547.
3. Burke, J. J.; C.D. Franks; G. Burow and Z. Xin: Selection system for the stay-green drought tolerance trait in sorghum germplasm. *Agronomy Journal*, 102: 1118-1122, 2010.
4. Castro-Alegría, A.: Untersuchungen zum Futterwert von verschiedenen Sorghumsorten für den Einsatz bei Broilern. Rostock: Agrarwissenschaftlichen Fakultät Doctor Agriculturarun, 1999, 142 p.
5. Dicko, M. H.; H. Gruppen; A.S. Traoré; A.G.J. Voragen and W.J.H. van Berkel: Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. *African Journal of Biotechnology*, 5 (5): 384-395, 2006.
6. EC: Determination of crude ash. Commission Regulation no. L152/2009 of 26.02.2009. *Official Journal of European Commission*, L54: 50, 2009.
7. ICRISAT: Lax Panicles, Gaping Glumes. Patancheru, India: *ICRISAT*, Vol May pag 30, 2003.
8. Jahanzad, E.; M. Jorat; H. Moghadam; A. Sadeghpour; M.R. Chaichi and M. Dashtaki: Response of a new and a commonly grown forage sorghum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management*, 117: 62-69, 2013.
9. Lima-Orozco, R.; A. Castro-Alegría and V. Fievez: Ensiled sorghum and soybean as ruminant feed in the tropics, with emphasis on Cuba. *Grass and Forage Science*, 68 (1): 20-32, 2013.
10. Makkar, H. P. S.; P. Siddhuraju; K. Becker: Plant Secondary Metabolites. 1st Edn. Humana Press, Totowa, New Jersey, USA, 2007, 130 p.
11. Marrero-Suárez, L.; A. Arias Vega, A. y Castro Alegría, A.: Producción de ensilados de granos



- de sorgo en la alimentación del cerdo. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 16 (3): 187-190, 2009.
12. McCune, N.M.; Y.R. González; E.A. Alcántara; O.F. Martínez; C.O. Fundora; N.C. Arzola; [et al.]: Global questions, local answers: soil management and sustainable intensification in diverse socioeconomic contexts of Cuba. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35 (6): 650-670, 2011.
13. Miles, P. H.; N.S. Wilkinson and L.R. McDowell: Analysis of Minerals for Animal Nutrition Research. 3rd ed. Department of Animal Science, University of Florida, Gainesville, US, pp. 2-91, 2001.
14. Mushandu, J.; M. Chimonyo; K. Dzama; S.M. Makuza and F.N. Mhlanga: Influence of sorghum inclusion level on performance of growing local Mukota, Large White and their F<sup>1</sup> crossbred pigs in Zimbabwe. *Animal Feed Science and Technology*, 122 (3): 321-329, 2005.
15. NRC (National Research Council): Nutrient requirements of swine. Washington, D.C., USA: National Academy Press, p. 287, 1998. ISBN: 0-309-54988-4.
16. Ojeda, A.; A. Frías; R. González; Z. Linares y P. Pizzani: Contenido de taninos, fósforo fítico y actividad de fitasas en el grano de 12 híbridos de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60: 93-98, 2010.
17. Revy, P.S.; C. Jondreville; J.Y. Dourmad and Y. Nys: Effect of zinc supplemented as either an organic or an inorganic source and of microbial phytase on zinc and other minerals utilisation by weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 116 (1-2): 93-112, 2004.
18. Rodríguez Mendieta, J. L.; V. Gil-Díaz; L. Marrero-Suárez; A. Castro-Alegría; S. Hoedtke y R. Lima-Orozco: Valor nutritivo para cerdos en crecimiento-ceba de granos y panículas de dos cultivares de sorgo (CIAP MC-04-12 y CIAP 2E-95) cosechados en diferentes estados vegetativos y épocas del año. Memorias en CD VI Seminario Internacional Porcicultura Tropical, La Habana, Cuba, 20-24 de Abril de 2015, 2015.
19. Tolk, J.A.; T.A. Howell and F.R. Miller: Yield component analysis of grain sorghum grown under water stress. *Field Crops Research*, 145: 44-51, 2013.

---

**Recibido el 11 de septiembre y aceptado el 21 de septiembre de 2015**