

**Evaluación del potencial del sorgo para la producción  
de carne, huevos y leche**

**Colectivo de Autores**

Edición: Liset Ravelo Romero  
Corrección: Fernando Gutiérrez Ortega  
Diagramación: Roberto Suárez Yera

Leandro Marrero, A. Castro y A. Arias, 2010

Editorial Feijóo, 2010

ISBN: 978-959-250-458-5



EDITORIAL  
*Feijóo*

Editorial Samuel Feijóo, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54830

## Resumen

Con el objetivo de evaluar el potencial del sorgo granífero para la producción de carne, huevos y leche se estudiaron 4 variedades cubanas de este cultivo, 2 de grano blanco y 2 de grano morado. Se realizó la caracterización nutritiva por medio del contenido proximal de nutrientes, incluyendo el fraccionamiento de la FB, la PB y la GB. Se determinó el contenido en polisacáridos no almidones y fenoles como factores antinutricionales. En experimentos realizados con pollos de ceba se determinó la digestibilidad aparente de los nutrientes y el contenido en EM<sub>N</sub> para dietas donde el grano de sorgo de las variedades estudiadas fue la principal fuente de energía. También se caracterizó el forraje de las variedades de sorgo fresco y ensilado.

Las variedades de sorgo alcanzaron rendimientos de 2 t. ha<sup>-1</sup> de grano (90 % MS) y 4 t. ha<sup>-1</sup> de panícula (65 % MS), cuando fueron cultivadas en suelos pardos con carbonatos y sin el empleo de riego y fertilización. El grano masoso, la panícula y el forraje se pueden ensilar con el empleo de un inóculo de lactobacilo.

El grano seco o ensilado puede constituir la fuente energética principal en las dietas de cerdos en crecimiento y de pollos en ceba. Los resultados demostraron que más allá del 30 % de la dieta de las gallinas ponedoras no puede estar representada por panícula de sorgo ensilada por el alto nivel de FB que alcanzaría.

## Índice

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
Introducción	6
Capítulo 1. Evaluación del rendimiento en granos y masa forrajera de las variedades de sorgo UDG 110 y CIAP 6 (blancas) y las variedades CIAP 2 y CIAP 9 (moradas).	9-11
Capítulo 2. Caracterización nutritiva de las variedades de sorgo UDG 110 y CIAP 6 (blancas) y las CIAP 2 y CIAP 9 (moradas). 2.1. Caracterización nutritiva de los granos de las variedades de sorgo en estudio. 2.2. Estudios de digestibilidad aparente de nutrientes y determinación del contenido de energía metabolizable aparente corregida para balance de nitrógeno cero en dietas para pollos de ceba. 2.2.1 Digestibilidad aparente de nutrientes y contenido de energía metabolizable aparente en dietas con sorgo como cereal base para pollos de ceba. 2.2.2 Digestibilidad aparente de nutrientes y contenido de energía metabolizable aparente en pollos de ceba alimentados con dietas de sorgo cuando este representaba el 50 % del cereal base de la ración.	11- 27
Capítulo 3. Planta integral del sorgo granífero como alimento animal. 3.1. Determinación de la composición nutritiva del forraje de sorgo en monocultivo o asociado con soya. 3.2. Elaboración de silos a partir del sorgo. 3.2.1. Cosecha. 3.2.2. Ensilaje de granos. 3.2.3. Ensilajes de las panículas. 3.2.4. Ensilaje de forraje. 3.2.5. Ensilaje de la planta completa (forraje + panícula).	27- 37
Capítulo 4. Comportamiento de animales monogástricos alimentados con sorgo como fuente principal de energía. 4.1. Comportamiento de cerdos en crecimiento–ceba alimentados con dietas basadas en grano y panícula de sorgo ensilado. 4.2. Comportamiento de broilers entre 7 y 49 días de edad alimentados con dietas de grano de sorgo ensilado. 4.3 Sustitución parcial del cereal de la dieta de gallinas ponedoras por panícula de sorgo ensilada.	37-43
Capítulo 5. Metodología para la preparación y utilización del sorgo en	44-51

<p>dieta de animales monogástricos.</p> <p>5.1 Introducción.</p> <p>5.2. Rendimiento de las variedades de sorgo UDG-110 y CIAP-6 (blancas) y CIAP-2 y CIAP-9 (moradas) cosechadas con alto contenido de humedad.</p> <p>5.3 Preparación del grano de sorgo seco, ensilado con alto contenido de humedad y de panícula de sorgo ensilada para su utilización en dietas de animales monogástricos.</p> <p>5.3.1 Grano seco.</p> <p>5.3.3. Ensilaje de panícula de sorgo.</p> <p>5.4. Utilización del grano de sorgo seco, ensilado con alto contenido de humedad y de panículas de sorgo ensiladas en dietas de animales monogástricos.</p> <p>5.4.1. Cerdos en crecimiento-ceba.</p> <p>5.4.2. Pollos de ceba.</p> <p>5.4.3. Gallinas ponedoras.</p>	
<p>Capítulo 6. Metodología para el uso del sorgo ensilado en la elaboración de dietas para rumiantes.</p> <p>6.1. Cosecha del forraje de sorgo.</p> <p>6.2. Ensilaje del forraje de sorgo.</p> <p>6.3. Utilización del ensilaje de forraje de sorgo en la alimentación de rumiantes.</p>	51-52
CONCLUSIONES	53-54
BIBLIOGRAFÍA	55-60
Anexo: PRINCIPALES ABREVIATURAS	61

## Introducción

El sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) pertenece a la familia de gramíneas y a la subfamilia panicoidea. Se trata de una planta anual o perenne, herbácea, de tallos erectos y delgados y hojas alargadas. Su altura oscila entre 0,50 m y 2,50 m. Las hojas son asentadas, abrazadoras y su número cambia según la variedad. Tiene inflorescencia en panículas ramificadas de forma piramidal, ovoidal o cilíndricas, según las variedades. Por el tiempo que tarda en llegar a la maduración, el sorgo se puede clasificar como de madurez temprana (de 80 a 90 días); de madurez media (de 90 a 100 días), y de madurez tardía (de 100 a 120 días). El sorgo se desarrolla bien tanto en los suelos arenosos como en los arcillosos, pero las mayores cosechas se obtienen en los suelos francos. En general se puede decir que el sorgo se adapta a la mayoría de las clases y tipos de suelos que sean permeables. Debe cultivarse en terrenos que tengan un pH comprendido entre 5,5 y 8,5. En general los suelos elegidos para el cultivo del sorgo son de textura franco arenoso fino, franco arcillo limoso, y arcillo limoso. Deben ser de drenaje interno de muy rápido a lento (Anon, 1977; Anon, 2003; Perry, 2008).

A pesar de que por lo general los países subdesarrollados son fundamentalmente agrícolas, contradictoriamente tienen bajos consumos de alimentos. De tal modo, los países desarrollados consumen aproximadamente 1,41 veces más energía y 1,70 más proteína. Este último aspecto es particularmente alarmante, si se tiene en cuenta el consumo de proteína animal, el cual es de unos 11,5 g. día<sup>-1</sup> en los países subdesarrollados frente a 57,1 g/día en los países desarrollados (Marrero *et al.*, 1999). Los altos incrementos que han ocurrido a nivel mundial en la producción animal, lejos de resolver el problema alimentario de los países subdesarrollados, tienden a exacerbarlo.

Son diversos los factores que han influido para que ocurran cambios tanto cuantitativos como cualitativos en la producción animal pero estos siempre se sustentan en los elevados incrementos de las producciones vegetales, cereales y soya principalmente, de las cuales más de la mitad se destina al consumo animal (Montilla, 1994). Entre 1950 y 1990 la producción de cereales se incrementó en un 331,4 % para un incremento anual promedio de 8,3 %. Esto ocurrió a pesar de que el área cultivada solo se incrementó en un 119,8 %. Por tal motivo el aumento fundamental en la producción de cereales se debió al incremento de la productividad por área. Mayor aún ha sido el incremento de la producción de soya como consecuencia del aumento del área cosechada (253 %) y del rendimiento por área (202,9 %). En este sentido es importante aclarar que, si se considera el rendimiento de los cereales y de la soya en la América tropical, los cuales se aproximan apenas a 1,5 t/ha, la industria productora de piensos en estos países se ha establecido sobre una estructura de alimentos importados (Montilla, 1994).

Cuba, como país del área, no está exenta de la problemática anterior. Según datos de la FAO (1997) la producción de cereales en Cuba en el año 1996 alcanzó apenas unas 309 000 t, lo que si se compara con el consumo anual promedio nos permite afirmar que el país debe importar cada año alrededor de 1 425 000 t de cereales para asegurar la alimentación del hombre y los animales.

Independientemente de lo anterior, se puede afirmar que el trópico y en particular Cuba cuenta con varias especies que pueden garantizar eficientemente los procesos productivos porcinos y avícolas. Una de las que más se destaca es la producción de sorgo para conformar el componente energético de la dieta, lo cual puede representar entre el 60 % y 75 % de la misma. Según Butler (1989), Martín *et al.* (1992) y Pastrana (2007) el cultivo del sorgo ofrece un grupo de ventajas que hacen que el mismo se extienda continuamente en el área tropical. Entre ellas se destacan la resistencia a la sequía y contra algunas plagas e insectos, su mediana tolerancia a la salinidad y

su capacidad para crecer desde 0 hasta 1 800 m. sobre el nivel del mar. El sorgo granífero es el cuarto cereal en importancia mundial. Actualmente se siembran más de 40 millones de ha en la faja comprendida entre los 50° latitud norte y 50° latitud sur. Los principales países productores son: India, Nigeria, USA, Sudán, México y Argentina, siendo este cultivo de gran importancia en países en vías de desarrollo de África, Asia y Latinoamérica (Anon, 1995).

En la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) se han desarrollado variedades de sorgo blanco y morado con buenos resultados en la producción de granos y forraje (Martin *et al.*, 1992). Específicamente con la variedad UDG 110 se han logrado rendimientos de 11,1-12,2 y 3-5 t ha<sup>-1</sup> de grano en condiciones experimentales y semi-comerciales, respectivamente. Esta variedad presenta una producción de forraje significativa, fluctuando entre 22 y 55 t. ha<sup>-1</sup> en siembras de marzo hasta septiembre. Si se comparan estos rendimientos con los del maíz y el sorgo en los Estados Unidos se comprueba que en Norteamérica se pueden producir hasta 2 t. ha<sup>-1</sup> de producto animal, mientras en las condiciones del trópico esta producción llegaría a unos 700 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, al combinar el uso de la parte forrajera para la producción bovina con la de granos para la producción porcina y avícola estaríamos en presencia de una producción competitiva de producto animal por área. En los llanos venezolanos el impacto beneficioso de este sistema ha sido notorio. Una posibilidad más que puede contribuir en este sentido es la factibilidad de cultivar el sorgo en asociación con leguminosas forrajeras e incluso en cultivos inter cosechas (Martín *et al.* 1992).

En la búsqueda de sistemas sostenibles de producción animal en Cuba, resulta atrayente tanto desde el punto de vista económico como productivo, evaluar el potencial de variedades de sorgo blancas y moradas seleccionadas en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas para cubrir las necesidades energéticas de una parte importante de la producción de carne, huevos y leche.

**Capítulo 1. Evaluación del rendimiento en granos y masa forrajera de las variedades de sorgo UDG 110 y CIAP 6 (blancas) y las variedades CIAP 2 y CIAP 9 (moradas)**

En un primer experimento se realizó la evaluación del potencial productivo de las cuatro variedades de sorgo sembradas en la época lluviosa (Marrero, 2004). Se empleó un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 5 réplicas. Cada tratamiento estuvo representado por una variedad y cada réplica por una parcela de 15 x 6,3 m (94,5 m<sup>2</sup>).

Para la siembra se utilizó una distancia de camellón de 0,90 m y aproximadamente 5 kg ha<sup>-1</sup> de semilla. Esto garantizó un espaciamiento entre hileras de 90 cm y entre plantas de 5 a 15 cm. La siembra se efectuó, de forma manual, en la segunda quincena de junio, realizándose la cosecha en la primera quincena de octubre y la cosecha del rebrote en la primera quincena de febrero.

En la tabla 1 se exponen los indicadores productivos para estas cuatro variedades de sorgo cuando son cultivadas en condiciones de bajos insumos y sembradas en época lluviosa.

**Tabla 1. Rendimiento en granos y masa forrajera de las 4 variedades cubanas de sorgo (kg/ha)**

Variante	Variedades Blancas		Variedades Moradas		±ES
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9	
1 <sup>ra</sup> . Cosecha:					
- granos	2424	2535	2235	2188	94
- forraje	21 204 <sup>a</sup>	19 200 <sup>b</sup>	17 165 <sup>c</sup>	18 181 <sup>bc</sup>	607
2 <sup>da</sup> . Cosecha (rebrote):					
- granos	735 <sup>ab</sup>	534 <sup>b</sup>	868 <sup>a</sup>	735 <sup>ab</sup>	40
- forraje	3449 <sup>b</sup>	3303 <sup>b</sup>	5604 <sup>a</sup>	6987 <sup>a</sup>	405

<sup>a,b</sup> – Medias con letras diferentes en la misma fila difieren para  $P < 0.05$ . Duncan (1955)

Tanto el rendimiento en grano como en forraje resultaron afectados en la cosecha del rebrote por efecto de la falta de humedad. Sin embargo, con los

rendimientos alcanzados en la cosecha original se obtienen producciones en grano en el orden de 2,2 y 2,4 t. ha<sup>-1</sup> y para forraje entre 17,2 y 21,2 t. ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

En otro experimento se evaluó el rendimiento en grano y forraje de dos de las variedades de sorgo en cultivo asociado con soya (Arias y Marrero, 2005). Este trabajo se realizó entre los meses de julio y octubre. El cultivo se efectuó sobre un suelo pardo con carbonatos y se determinó el rendimiento en grano y forraje. Se empleó un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos y 5 réplicas. Las parcelas utilizadas presentaron las mismas dimensiones que las del experimento anterior. Se investigaron las variedades CIAP 6 (blanca) y CIAP 2 (morada) en monocultivo y en cultivo asociado con soya. La proporción de sorgo-soya en la asociación fue de 66:33.

En la tabla 2 se aprecian los rendimientos en forraje verde y grano de las variedades de sorgo en estudio. Se encontró que los tratamientos donde se aplicó el policultivo (CIAP 6 + Soya y CIAP 2 + Soya) y el monocultivo CIAP 2 superan al monocultivo de la variedad CIAP 6 en rendimiento forrajero. Sin embargo, esto no se manifiesta de igual forma para el rendimiento en grano, donde no se apreciaron diferencias entre los tratamientos investigados ( $P < 0,05$ ). Esto constituye un resultado de importancia, ya que producto de la asociación se cosecha un forraje mixto de gramínea y leguminosa, lo que constituye un producto de mayor calidad como alimento animal. De suma importancia resulta el hecho de que en ambos policultivos los rendimientos en grano no difieran del monocultivo a pesar de que en los primeros el sorgo ocupó el 66,7 % del área cultivada. Estos resultados sugieren que la asociación de la soya con el sorgo en la proporción estudiada beneficia a los rendimientos en la producción del grano. Los resultados obtenidos en la producción de forraje verde son similares a los reportados por Martin *et al.* (1992).

**Tabla 2. Rendimientos en forraje verde y grano (t. ha<sup>-1</sup>) y uso equivalente de la tierra para el monocultivo y el policultivo de sorgo asociado con soya**

Tratamientos	Rendimiento		
	Forraje verde	Grano	UET <sup>(1)</sup>
CIAP 6	20,80 <sup>b</sup>	2,24 <sup>a</sup>	1 <sup>c</sup>
CIAP 6 + Soya	24,85 <sup>a</sup>	2,02 <sup>a</sup>	1,30 <sup>a</sup>
CIAP 2	23,83 <sup>a</sup>	2,15 <sup>a</sup>	1 <sup>c</sup>
CIAP 2 + Soya	25,81 <sup>a</sup>	2,05 <sup>a</sup>	1,14 <sup>b</sup>
ES (±)	0,57	0,80	----

<sup>a, b</sup> Medias con letras diferentes en la misma columna difieren para  $P < 0,05$ . Duncan (1955)

<sup>(1)</sup> Uso equivalente de la tierra.

Los resultados del uso equivalente de la tierra (UET) mostraron valores de 1,3 y 1,14 para los tratamientos de los policultivos y los mismos resultaron inferiores a lo reportado por Libman (1996) que reportó UET de 1,60 para asociaciones de sorgo con soya. Estas diferencias podrían estar fundamentadas en que en estos dos trabajos se utilizaron densidades de siembra diferentes (Vandenmerr 1991). Valores de UET reportados por Alvarez (1996), para asociaciones semejantes utilizando igualmente tecnologías de bajos insumos, oscilaron entre 1,11 y 1,24.

## **Capítulo 2. Caracterización nutritiva de las variedades de sorgo UDG 110 y CIAP 6 (blancas) y las CIAP 2 y CIAP 9 (moradas)**

### **2.1. Caracterización nutritiva de los granos de las variedades de sorgo en estudio**

La caracterización nutritiva se realizó (Castro *et al.*, 1999a) a partir de 11 muestras aleatoriamente seleccionadas de las variedades de sorgo UDG 110 y CIAP 6 (blancas) y CIAP 2 y CIAP 9 (moradas), cosechadas en los períodos poco lluvioso (mayo-junio) y lluvioso (septiembre-octubre). De estas muestras se determinó el contenido de MS, ceniza, GB, FB y ELN según AOAC (1995). La PB, FND, FAD, LAD, azúcares (glucosa), celulosa y hemicelulosa fueron determinados según los métodos de la VDLUFA descritos por Naumann y Bassler (1993). La energía bruta fue determinada en un calorímetro adiabático.

Las pentosanas fueron determinadas por el método descrito por Stoelken y Flamme (1987) y los  $\beta$ -glucanos fueron analizados según el procedimiento de Jorgensen (1988). Los ácidos grasos fueron extraídos con cloroformo/metanol y posteriormente determinados por el método de Nürnberg *et al.* (1998). Posterior a su extracción con una solución de ácido clorhídrico 6 N a 110 °C durante 22 horas se separaron los aminoácidos del hidrolizado por HPLC y se determinaron con un detector ultravioleta según fue descrito por Haeffner *et al.* (1998).

El análisis estadístico se realizó empleando un diseño completamente aleatorizado con ayuda del paquete estadístico SPSS versión 6.0 para Windows (Norusis 1994) y se aplicó la prueba de rangos múltiples (Duncan, 1955) para discriminar las diferencias entre las medias para los casos requeridos (ver tabla 3).

**Tabla 3. Composición química del grano de sorgo de las 4 variedades (% MS  $\pm$  ES)**

Parámetro	Variedades blancas		Variedades moradas	
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9
MS	89,90 $\pm$ 0,49	9010 $\pm$ 0,64	90,86 $\pm$ 0,62	91,16 $\pm$ 0,52
MO	97,40 <sup>b</sup> $\pm$ 0,21	98,00 <sup>a</sup> $\pm$ 0,01	97,45 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,11	97,65 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,04
Ceniza	2,60 <sup>a</sup> $\pm$ 0,22	200 <sup>b</sup> $\pm$ 0,01	2,55 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,12	2,35 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,04
PB	10,60 $\pm$ 1,00	9,50 $\pm$ 0,35	10,21 $\pm$ 0,52	9,49 $\pm$ 0,19
GB	3,69 <sup>a</sup> $\pm$ 0,07	3,45 <sup>b</sup> $\pm$ 0,03	2,94 <sup>c</sup> $\pm$ 0,06	3,79 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02
FB	4,7 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,23	3,58 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,05	4,45 <sup>a</sup> $\pm$ 0,16	3,6 <sup>c</sup> $\pm$ 0,13
ELN	79,04 $\pm$ 0,45	81,47 $\pm$ 0,42	79,85 $\pm$ 0,75	81,11 $\pm$ 0,01
EB (MJ/kg MS)	18,49	18,50	18,54	18,47

<sup>a, b, c</sup> – Medias con letras diferentes en la misma fila difieren para  $P < 0,05$ . Duncan (1955)

La variedad CIAP 2 mostró los niveles más altos de Cz y FB en relación con las otras, aunque no difirió significativamente en el contenido de FB de la UDG 110.

La propia variedad CIAP 2 fue la que mostró, en comparación con el resto, los niveles más bajos de GB.

En la tabla 4 se ofrece el contenido de carbohidratos intracelulares y de la pared celular del grano de sorgo de las variedades estudiadas. Como se observa, la variedad CIAP 2 presentó una tendencia a mostrar mayores contenidos de FAD, LAD y celulosa, mientras que la UDG 110 presentó el mayor contenido de almidón. Las diferentes fracciones de la FB analizadas en las cuatro variedades de sorgo corroboran la tendencia al mayor contenido de este compuesto en la variedad CIAP 2.

En la tabla 5 se ofrece la caracterización completa del contenido de ácidos grasos en las 4 variedades de sorgo estudiadas. El contenido de ácidos grasos saturados en el grano de las 4 variedades de sorgo no difirió significativamente ( $P < 0,005$ ), presentando valores entre 15,33 % y 17,18 %, representados, fundamentalmente, por el ácido palmítico (entre 13,90 % y 14,43 %).

**Tabla 4. Contenido de carbohidratos intracelulares y de la pared celular del grano de sorgo (% MS  $\pm$  ES)**

Carbohidratos	Variedades			
	Blancas		Moradas	
	<i>UDG 110</i>	<i>CIAP 6</i>	<i>CIAP 2</i>	<i>CIAP 9</i>
Azúcar (glucosa)	1,52 <sup>a</sup> $\pm$ 0,08	1,51 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04	1,07 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07	1,43 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,34
Almidón	48,07 <sup>a</sup> $\pm$ 0,70	45,03 <sup>b</sup> $\pm$ 0,32	43,33 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,69	41,74 <sup>c</sup> $\pm$ 0,76
FAD	6,66 <sup>b</sup> $\pm$ 0,54	6,04 <sup>b</sup> $\pm$ 0,35	9,57 <sup>a</sup> $\pm$ 0,34	5,55 <sup>b</sup> $\pm$ 0,09
LAD	0,87 <sup>b</sup> $\pm$ 0,07	1,00 <sup>b</sup> $\pm$ 0,03	2,97 <sup>a</sup> $\pm$ 0,06	0,89 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04
FND	16,44 $\pm$ 1,95	16,01 $\pm$ 1,70	19,73 $\pm$ 1,27	15,38 $\pm$ 0,55
Celulosa	5,79 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,47	5,04 <sup>b</sup> $\pm$ 0,03	6,60 <sup>a</sup> $\pm$ 0,36	4,66 <sup>b</sup> $\pm$ 0,13
Hemicelulosa	9,78 $\pm$ 1,41	9,97 $\pm$ 1,04	10,16 $\pm$ 0,93	9,83 $\pm$ 0,42
Pentosanas totales	2,74 <sup>a</sup> $\pm$ 0,02	2,63 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,01	2,40 <sup>b</sup> $\pm$ 0,09	2,73 <sup>a</sup> $\pm$ 0,13

β- glucanos	0,10 ± 0,03	0,08 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,05
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

<sup>a, b</sup>- Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a  $P < 0,05$ . Duncan (1955)

Los ácidos grasos insaturados presentes en el grano de sorgo de las 4 variedades estudiadas alcanzaron valores entre 82,82 % y 84,67 % y aproximadamente la mitad estuvo representado por el ácido linoléico (entre 40,37 % y 42,25 %).

La elevada proporción que presentan los ácidos grasos insaturados dentro del contenido total de grasa de las variedades de sorgo estudiadas sugiere que se tomen medidas para evitar que, cuando se almacenen cantidades importantes de sorgo o dietas elaboradas a partir de este como cereal base para los animales, se produzca el enranciamiento u otros procesos oxidativos que actúan en detrimento del fin productivo.

**Tabla 5. Contenido de ácidos grasos (%) de las variedades de sorgo (X± ES)**

Ácidos grasos <sup>(1)</sup>	Blancas		Moradas	
	UDG 110	CIAP 2	CIAP 6	CIAP 9
<b>Ácidos grasos (% MS)</b>	2,47 <sup>a</sup> ± 0,02	2,05 <sup>b</sup> ± 0,03	2,39 <sup>a</sup> ± 0,10	2,40 <sup>a</sup> ± 0,09
Ácido palmítico	14,30± 0,53	14,30± 0,20	13,43± 0,06	13,90± 0,02
Ácido esteárico	2,20 <sup>ab</sup> ± 0,35	2,53 <sup>a</sup> ± 0,13	1,64 <sup>b</sup> ± 0,04	1,82 <sup>ab</sup> ± 0,13
Ácido araquídico	0,18 <sup>b</sup> ± 0,06	0,35 <sup>a</sup> ± 0,02	0,26 <sup>ab</sup> ± 0,00	0,26 <sup>ab</sup> ± 0,02
<b>Total de ácidos grasos saturados</b>	16,68± 0,90	17,18± 0,32	15,33± 0,12	15,98± 0,18
Ácido palmitoléico	0,37± 0,05	0,38± 0,02	0,43± 0,02	0,41± 0,02
Ácido oleico	37,21± 2,30	38,25± 1,12	40,50± 0,85	39,62± 2,35
Ácido vaccénico	1,09± 0,09	1,04± 0,04	1,05± 0,04	1,10± 0,06
Ácido linoléico	42,25± 3,02	40,55± 1,40	40,37± 0,58	40,82± 2,27
Ácido linolénico	1,94± 0,12	1,79± 0,11	1,67± 0,12	1,71± 0,19
Ácido eicosénico	0,07± 0,07	0,11± 0,06	0,23± 0,00	0,06± 0,05
Ácido eicosapentaenoico	0,04± 0,04	0,17± 0,06	0,06± 0,06	0,00± 0,00

Ácido docosapentaenoico	0,33 <sup>b</sup> ± 0,08	0,53 <sup>a</sup> ± 0,05	0,39 <sup>ab</sup> ± 0,03	0,29 <sup>b</sup> ± 0,09
<b>Total de ácidos grasos insaturados</b>	<b>83,32 ± 0,90</b>	<b>82,82 ± 0,32</b>	<b>84,67 ± 0,11</b>	<b>84,02 ± 0,18</b>
Total de ácidos grasos poli-insaturados	44,57 ± 3,4	43,04 ± 1,43	42,45 ± 0,80	40,83 ± 0,55
Acidos grasos saturados/ poli-insaturados	2,67 ± 0,33	2,51 ± 0,3	2,77 ± 0,03	2,55 ± 0,20

<sup>(1)</sup> Ácidos grasos individuales expresados en % de los ácidos grasos totales

a, b, c – Medias con letras diferentes dentro de la misma fila difieren para  $P < 0,05$ . Duncan (1955)

Previamente se señaló el contenido de PB de las 4 variedades de sorgo estudiadas (ver tabla 3), el que no mostró diferencias significativas entre ellas y los valores corresponden a los reflejados en la bibliografía como típicos para el grano de sorgo. Seguidamente se ofrece la composición aminoacídica (Castro *et al.* 1999b) de las cuatro variedades de sorgo investigadas (tabla 6).

**Tabla 6. Contenido de aminoácidos (AA) en el grano de sorgo de las 4 variedades estudiadas (%MS ± ES)**

AA	Blancas		Moradas	
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9

Metionina	0,16±0.013	0,15±0,005	0,17±0,006	0,16±0,007
Cistina	0,20±0.014	0,19±0,008	0,21±0,004	0,19±0,003
Met. + Cist	0,36±0.027	0,34±0,018	0,38±0,020	0,35±0,011
Lisina	0,22±0.08	0,22±0,004	0,23±0,009	0,22±0,007
Treonina	0,33±0.026	0,31±0,011	0,33±0,015	0,30±0,010
Arginina	0,31±0.022	0,30±0,010	0,32±0,017	0,30±0,007
Isoleusina	0,42±0.038	0,38±0,014	0,41±0,019	0,38±0,007
Leucina	1,39±0.120	1,23±0,053	1,350±,063	1,22±0,011
Valina	0,51±0.037	0,46±0,016	0,50±0,021	0,47±0,008
Histidina	0,23±0.017	0,21±0,009	0,23±0,018	0,21±0,006
Fenilalanina	0,55±0.050	0,49±0,018	0,54±0,027	0,48±0,007
Tirosina	0,27±0.014	0,25±0,003	0,27±0,024	0,24±0,021
Glicina	0,32±0.018	0,31±0,009	0,32±0,011	0,31±0,008
Serina	0,44±0.003	0,40±0,013	0,44±0,021	0,39±0,009
Prolina	0,83±0.082	0,74±0,030	0,83±0,039	0,74±0,016
Alanita	0,86±0.074	0,77±0,031	0,85±0,041	0,77±0,008
Ac. Aspártico	0,71±0.063	0,66±0,025	0,69±0,031	0,64±0,014
Ac. Glutámico	2,03±0.192	1,83±0,067	1,98±0,099	1,82±0,012

Para el caso del sorgo, donde la composición en proteína y AA varía de un cultivar a otro de acuerdo a factores climáticos, genéticos y de manejo del cultivo (Miller *et al.*, 1964), la determinación del contenido y distribución de AA cobra particular importancia, sí a esto se suma las diferencias reportadas por Deyoe y Shellenberger (1965) en el contenido de AA del grano de sorgo cuando este se expresa en % de la muestra o en % de la PB. Además, McElroy *et al.* (1949) encontraron una relación negativa entre el contenido de proteína y algunos AA esenciales. En este sentido, en la tabla 7 se muestra la distribución de los AA, expresados en g (16 g de N)<sup>-1</sup>. Es importante destacar que hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las variedades para los aminoácidos metionina, treonina, arginina, isoleucina, fenilalanina, alanina y ácido aspártico.

**Tabla 7. Distribución de aminoácidos (AA) en las variedades de sorgo (%MS ± ES)**

AA	Blancas		Moradas	
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9
Arginina	2,95 <sup>b</sup> ± 0,06	3,16 <sup>a</sup> ± 0,00	3,13 <sup>a</sup> ± 0,02	3,19 <sup>a</sup> ± 0,01
Cistina	2,42 ± 0,49	2,01 ± 0,01	2,01 ± 0,05	2,01 ± 0,00
Fenilalanina	5,23 <sup>ab</sup> ± 0,03	5,16 <sup>ab</sup> ± 0,00	5,24 <sup>a</sup> ± 0,05	5,10 <sup>b</sup> ± 0,02
Glicina	3,03 ± 0,10	3,23 ± 0,02	3,18 ± 0,06	3,15 ± 0,03
Histidina	2,13 ± 0,04	2,21 ± 0,01	2,22 ± 0,03	2,22 ± 0,05
Isoleucina	3,97 <sup>b</sup> ± 0,02	3,97 <sup>b</sup> ± 0,00	4,05 <sup>a</sup> ± 0,01	3,98 <sup>b</sup> ± 0,01
Leucina	13,05 ± 0,08	12,95 ± 0,00	13,08 ± 0,09	12,79 ± 0,11
Lisina	2,13 ± 0,11	2,34 ± 0,04	2,26 ± 0,05	2,35 ± 0,03
Metionina	1,56 <sup>b</sup> ± 0,03	1,58 <sup>b</sup> ± 0,05	1,72 <sup>a</sup> ± 0,03	1,64 <sup>ab</sup> ± 0,04
Treonina	3,14 <sup>b</sup> ± 0,03	3,23 <sup>ab</sup> ± 0,00	3,26 <sup>a</sup> ± 0,02	3,16 <sup>ab</sup> ± 0,04
Valina	4,82 ± 0,07	4,89 ± 0,01	4,94 ± 0,04	4,92 ± 0,01
Ac. Aspártico	6,73 <sup>b</sup> ± 0,07	6,92 <sup>a</sup> ± 0,01	6,70 <sup>b</sup> ± 0,00	6,70 <sup>b</sup> ± 0,03
Ac. Glutámico	19,10 ± 0,05	19,29 ± 0,08	19,19 ± 0,18	19,10 ± 0,23
Alanita	8,13 <sup>b</sup> ± 0,05	8,08 <sup>b</sup> ± 0,03	8,30 <sup>a</sup> ± 0,04	8,12 <sup>b</sup> ± 0,06
Prolina	7,78 ± 0,11	7,73 ± 0,24	7,97 ± 0,12	7,95 ± 0,02
Serina	4,18 ± 0,04	4,21 ± 0,00	4,28 ± 0,03	4,15 ± 0,01
Tirosina	2,53 ± 0,10	2,68 ± 0,07	2,68 ± 0,11	2,55 ± 0,17

AA expresados en g/16 g de nitrógeno

a, b, c - Medias con letras diferentes dentro de una misma fila difieren para  $P < 0.05$ . Duncan (1955)

El contenido de metionina para la variedad CIAP 2 alcanzó un valor de 1,72 g (16 g de N)<sup>-1</sup> y es superior ( $P < 0,05$ ) a las demás, alcanzando un rango entre las variedades desde 1,56 en la UDG 110 hasta 1,72 en la CIAP 2 y coinciden con lo reportado por Shoup *et al.* (1968) y Douglas *et al.* (1990), que señalaron una variación para el contenido de metionina en distintos años para diferentes cultivares de sorgo entre 1,41 y 2,28 g (16 g de N)<sup>-1</sup>.

La treonina, arginina y la isoleucina alcanzaron el mayor valor en la variedad CIAP 2, difiriendo ( $P < 0,05$ ) para estos tres AA con la UDG 110 y para la treonina y la arginina no se detectaron diferencias entre las variedades CIAP 6 y CIAP 9.

No se observaron diferencias significativas en cuanto al contenido de aminoácidos en los 4 cultivares estudiados. De acuerdo con estos resultados la proteína del sorgo se caracteriza por presentar un marcado desequilibrio aminoacídico, dado por grandes proporciones de aminoácidos no esenciales en relación con los esenciales.

Estas 4 variedades se caracterizan por su bajo contenido de lisina (0,22–0,23 %), estando de acuerdo con lo reportado internacionalmente para el sorgo, aunque por debajo de los contenidos señalados para el maíz, centeno, cebada y avena (Wiesenmüller y Leibetseder 1993).

El menor contenido en fenilalanina lo presentó la CIAP 9 siendo diferente ( $P < 0,05$ ) en relación con la CIAP 2. El mayor contenido de ácido aspártico lo alcanzó la variedad CIAP 6 difiriendo ( $P < 0,05$ ) de las otras variedades, estando los valores para estos AA en las variedades analizadas por debajo de los reportados por Eastoe y Taylor (1974) que encontraron valores de 6 g y 9 g (16 g de N)<sup>-1</sup> para la fenilalanina y el ácido aspártico, respectivamente.

Las variaciones encontradas en la distribución de los distintos AA afectan mayormente a los esenciales (metionina, treonina, arginina, isoleucina y fenilalanina) en las variedades estudiadas, lo que coincide con Shoup *et al.* (1968), Stephenson *et al.* (1971), Jambunathan y Martz (1973) y Douglas *et al.* (1990)

La tabla 8 muestra la relación entre el contenido de PB con los AA lisina, arginina, valina, histidina y glicina, los que se relacionan de forma inversa con el contenido de PB cuando se expresan como su porcentaje. Es decir, un aumento

del valor de PB se corresponde con un menor contenido de estos aminoácidos, lo que afecta la calidad de la proteína.

**Tabla 8. Relación entre la distribución de aminoácidos (AA) y la proteína bruta (PB)**

AA	Rango de la PB (% de la MS)			r	Sig.
	(9.15- 9.41)	(9.68- 9.85)	(11.09- 12.59)		
Lisina	2,34	2,28	2,09	-0,87	**
Arginina	3,13	3,11	3,03	-0,61	*
Valina	4,95	4,89	4,81	-0,81	**
Histidina	2,22	2,21	2,13	-0,78	**
Glicina	3,23	3,20	2,99	-0,92	**

AA expresados en % de la PB, \*  $P < 0,05$  \*\*  $P < 0,01$ .

Con vistas a obtener información sobre el contenido de estas variedades de sorgo en factores antinutricionales y específicamente en taninos condensados y otros polifenoles (Castro *et al.*, 2002), se analizaron las dos variedades de grano blanco (UDG 110 y CIAP 6) y las dos de grano morado (CIAP 2 y CIAP 9). En la tabla 9 se ofrece el fraccionamiento de los fenoles en los granos de las 4 variedades.

**Tabla 9. Contenido de taninos y fenoles en las variedades de sorgo (% MS)**

Parámetros	Blancas		Moradas	
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9
Taninos condensados	*	*	1.14 ± 0,25	
Fenoles totales	0,27 <sup>b</sup> ± 0,01	0,22 <sup>b</sup> ± 0,01	3,93 <sup>a</sup> ± 0,65	0,47 <sup>b</sup> ± 0,03
Taninos no fenoles	0,19 <sup>b</sup> ± 0,03	0,18 <sup>b</sup> ± 0,03	1,94 <sup>a</sup> ± 0,29	0,22 <sup>b</sup> ± 0,04
Taninos fenoles	0,08 <sup>b</sup> ± 0,01	0,04 <sup>b</sup> ± 0,03	1,99 <sup>a</sup> ± 0,43	0,25 <sup>b</sup> ± 0,32

\* Los valores determinados constituyen trazas

<sup>a, b</sup> – Medias con letras diferentes en la misma fila difieren para  $P < 0,05$ . Duncan (1955)

La variedad CIAP 2 se caracteriza por ser la única que contiene altos niveles de taninos condensados (1,14 %), así también presentó los mayores promedios en cuanto a fenoles totales (3,93 %), distribuidos aproximadamente en la misma proporción de fenoles taninos (1,99 %) y los fenoles no taninos (1,94 %). Contrariamente a lo esperado, la variedad de grano morado CIAP 9 se comportó en cuanto a contenido de taninos y fenoles, en forma similar a las dos variedades de grano blanco. Los contenidos en taninos condensados de la variedad CIAP 2 coinciden con los reportes de Douglas *et al.* (1991, 1993) y Jacob *et al.* (1996 a,b) para diferentes variedades de sorgo.

## **2.2. Estudios de digestibilidad aparente de nutrientes y determinación del contenido de energía metabolizable aparente corregida para balance de nitrógeno cero en dietas para pollos de ceba**

De acuerdo con lo reportado por la bibliografía, referido a la influencia negativa de los compuestos fenólicos del sorgo y en particular de los taninos sobre la digestibilidad de los nutrientes y la consiguiente reducción de la energía metabolizable, se realizaron dos experimentos para investigar la digestibilidad aparente de los nutrientes en dietas para pollos de ceba cuando el sorgo de las variedades investigadas era el cereal base (ver la composición de la ración en el epígrafe 2.2.1) y cuando éste representaba el 50 % del cereal de la ración (ver epígrafe 2.2.2).

Para los balances se utilizaron, en un diseño completamente aleatorizado, pollos machos de ceba del cruce COBB 500, los que fueron mantenidos en jaulas metabólicas entre los 21 y 35 días de edad, según las indicaciones para realizar balances con aves de la *Gesellschaft fuer Ernaehrungsphysiologie der Haustier* (1973) y Schiemann (1981). Para los experimentos se utilizó un período de adaptación de 5 días y 10 días para la recolección de excretas, la que se efectuaba tres veces al día. Las excretas, entre las recolecciones y hasta el final del período, fueron conservadas por congelación en recipientes herméticos.

Las raciones experimentales en forma de harina y el agua de bebida se suministraron a los animales *ad libitum* durante todo el experimento. Para el desarrollo del experimento se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 4 tratamientos (1 Tto = 1 variedad) y 16 repeticiones. La determinación de los nutrientes en las raciones experimentales y en las excretas se realizó de acuerdo a lo establecido por la metodología Weende para análisis de alimentos (*Gesellschaft fuer Ernaehrungsphysiologie der Haustier*, 1973).

La energía metabolizable aparente corregida a balance de nitrógeno cero ( $EM_N$ ) se determinó por la ecuación desarrollada por Haertel *et al.* (1977) a partir de la digestibilidad aparente de los nutrientes.

### **2.2.1 Digestibilidad aparente de nutrientes y contenido de energía metabolizable aparente ( $EM_N$ ) en dietas con sorgo como cereal base para pollos de ceba**

La composición y el aporte de nutrientes de las dietas utilizadas y el diseño experimental para este primer experimento se muestran en las tablas 10 y 11.

La tabla 12 muestra la digestibilidad aparente de los nutrientes y el contenido de  $EM_N$  de las raciones con sorgo como cereal base, estimado según Haertel *et al.* (1977).

Aunque con algunas diferencias propias de las variedades de sorgo investigadas, la variedad de grano morado y de alto contenido de taninos (CIAP 2) mostró la más baja digestibilidad aparente en todos los nutrientes con la consiguiente disminución del contenido de  $EM_N$ . Los resultados obtenidos en este experimento, tanto para la digestibilidad de los nutrientes como para el contenido de  $EM_N$  de las raciones, coincide con la mayoría de la bibliografía especializada sobre la temática (Longstaff *et al.*, 1991; Bravo *et al.*, 1992, 1993; Jansman, 1993; Ortiz *et al.*, 1993 y Yu *et al.*, 1996).

La tabla 13 muestra los indicadores del comportamiento productivo de los pollos de ceba durante el experimento. De forma general estos resultados corroboran los indicadores de utilización digestiva y los contenidos de EM<sub>N</sub> obtenidos con las raciones con grano de sorgo, de las variedades en estudio, como cereal base.

**Tabla 10. Composición de la ración y aporte de nutrientes para la determinación de la digestibilidad de los nutrientes y la EM<sub>N</sub> en pollos de ceba alimentados con dietas con sorgo como cereal base**

Componentes	Variedades				Grupo control
	Blancas		Moradas		
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9	
Harina de sorgo <sup>(1)</sup>	75,41	74,96	75,41	76,00	----
Harina de trigo <sup>(1)</sup>	----	----	----	----	86,58
Torta de soya <sup>(1)</sup>	21,59	22,04	21,59	21,00	10,42
Premezcla minerales y vitaminas <sup>(1), (2)</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	300
<b>Aporte de nutrientes</b>					
Cenizas	4,30	4,23	4,63	4,47	3,51
Materia orgánica	95,70	95,77	95,37	95,53	96,49
Proteína bruta	18,31	18,89	19,42	19,14	18,39
Grasa	3,48	3,21	3,00	3,30	2,51
Fibra bruta	4,44	4,59	4,85	4,38	3,72
Taninos condensados	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00
Fenoles totales	0,20	0,18	2,79	0,37	0,00

(1) Componentes de la ración expresados en %

(2) Premezcla comercial para pollos de ceba (Prämix Broiler ST/MA Clinacox)

Composición por kg: 800.000 IE Vitamina A, 233.000 IE Vitamina D<sub>3</sub>, 2.000 mg Vitamina E, 333 mg Vitamina K<sub>3</sub>, 160 mg Vitamina B<sub>1</sub>, 433 mg Vitamina B<sub>2</sub>, 333 mg Vitamina B<sub>6</sub>, 2.133 mcg Vitamina B<sub>12</sub>, 3.333 mg Niacina, 6.666 mcg Biotina, 67 mg Acido fólico, 1.107 mg Acido pantoténico, 16.666 mg Clorhidrato de colina, 13.333 mg Betaina, 13,30 % Metionina, 10,00 % Lisina, 6,60 % Sodio, 6,66 % Fósforo, 12,70 % Calcio, 2.000 mg Cobre, 4.333 mg Hierro, 4.666 mg Cinc, 6.333 mg Manganeseo, 9 mg Cobalto, 40 mg Iodo, 15 mg Selenio, 66,7 mg Antioxidantes und 66,7 mg Diclasuril

Es importante aclarar que estos valores, reflejados en la tabla 13, no deben ser interpretados como expresión del comportamiento animal de pollos de engorde cuando reciben dietas con grano de sorgo de las variedades investigadas como cereal base. Estos valores se presentan en este trabajo para mostrar su relación con la digestibilidad aparente de los nutrientes y los contenidos de EM<sub>N</sub> de las raciones

**Tabla 11. Diseño experimental para la determinación de la digestibilidad aparente de los nutrientes y la EM<sub>N</sub> en pollos de ceba alimentados con dietas con sorgo como cereal base**

Parámetros	Variedades				Grupo control Trigo
	Blancas		Moradas		
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9	
Cantidad de jaulas	16	16	16	16	16
Animales por jaula	2	2	2	2	2
Total de animales	32	32	32	32	32

**Tabla 12. Digestibilidad aparente de los nutrientes y contenido de EM<sub>N</sub> en pollos de ceba alimentados con dietas con sorgo como cereal base**

Digestibilidad (%) y EM <sub>N</sub> <sup>(1)</sup>	Variedades				Grupo control Trigo
	Blancas		Moradas		
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9	
Dig. aparente de la materia orgánica	76,27 <sup>a</sup> ± 0,51	76,02 <sup>a</sup> ± 0,60	71,95 <sup>b</sup> ± 0,50	74,38 <sup>ab</sup> ± 0,60	70,83 <sup>b</sup> ± 1,00
Dig. aparente de la proteína bruta	89,12 <sup>ab</sup> ± 0,50	90,14 <sup>a</sup> ± 0,62	85,01 <sup>c</sup> ± 0,45	89,02 <sup>ab</sup> ± 0,58	88,08 <sup>b</sup> ± 0,41
Dig. aparente de la grasa	80,30 <sup>a</sup> ± 0,75	77,70 <sup>b</sup> ± 1,03	70,52 <sup>c</sup> ± 0,83	79,32 <sup>a</sup> ± 0,78	69,95 <sup>c</sup> ± 1,06
Dig. aparente del extracto libre de N	75,71 <sup>a</sup> ± 0,58	75,16 <sup>a</sup> ± 0,62	72,18 <sup>bc</sup> ± 0,55	73,43 <sup>ab</sup> ± 1,09	69,76 <sup>c</sup> ± 1,07

ME <sub>N</sub> (MJ de EM <sub>N</sub> kg <sup>-1</sup> )	13,14 <sup>a</sup>	13,12 <sup>a</sup>	12,29 <sup>b</sup>	12,93 <sup>a</sup>	12,45 <sup>b</sup>
MS)	± 0,08	± 0,09	± 0,08	± 0,10	± 0,20

(1) Energía metabolizable aparente corregida para balance de N cero determinada según Haertel *et al.* (1977)

a, b, c – Medias con letras diferentes dentro de la misma fila difieren para P < 0.05. Duncan (1955)

**Tabla 13. Indicadores de comportamiento productivo de los pollos de ceba medidos durante el experimento (n = 16)**

Indicadores	Variedades				Grupo control Trigo
	Blancas		Moradas		
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9	
PV final (g/ave)	1541 <sup>b</sup>	1635 <sup>ab</sup>	1388 <sup>c</sup>	1679 <sup>a</sup>	1422 <sup>bc</sup>
	± 41	± 33	± 33	± 36	± 56
Consumo de	1202 <sup>bc</sup>	1254 <sup>ab</sup>	1131 <sup>c</sup>	1353 <sup>a</sup>	1324 <sup>a</sup>
Alimento (g/ave)	± 45	± 18	± 25	± 57	± 57
Ganancia de PV (g)	590 <sup>ab</sup>	635 <sup>a</sup>	494 <sup>b</sup>	668 <sup>a</sup>	491 <sup>b</sup>
	± 30	± 24	± 23	± 26	± 26
Conversión (kg kg <sup>-1</sup> )	2,04 <sup>ab</sup>	1,97 <sup>b</sup>	2,28 <sup>a</sup>	2,03 <sup>b</sup>	2,70 <sup>a</sup>
	± 0,07	± 0,08	± 0,12	± 0,07	± 0,22

a, b, c – Medias con letras diferentes dentro de la misma fila difieren para P < 0,05. Duncan (1955)

### 2.2.2 Digestibilidad aparente de nutrientes y contenido de EM<sub>N</sub> en pollos de ceba alimentados con dietas de sorgo cuando este representaba el 50 % del cereal base de la ración

El diseño experimental, la composición y el aporte de nutrientes de las dietas utilizadas en este segundo experimento se muestran en las tablas 14 y 15.

En la tabla 16 se muestra la digestibilidad aparente de los nutrientes y el contenido de energía metabolizable aparente corregida para balance de N cero (EM<sub>N</sub>) de las raciones con sorgo como 50 % del cereal base, estimado según Haertel *et al.* (1977).

Los resultados de este segundo experimento evidencian cómo a medida que se reduce la cantidad de taninos condensados en la ración mejora el comportamiento de todos los indicadores investigados para las raciones compuestas a partir de la variedad de sorgo CIAP 2.

**Tabla 15. Composición de la ración y aporte de nutrientes para la determinación de la digestibilidad de los nutrientes y la ME<sub>N</sub> en pollos de ceba alimentados con dietas con sorgo como 50 % del cereal base de la ración**

Componentes	Variedades				Grupo control trigo
	Blancas		Moradas		
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9	
Harina de sorgo <sup>(1)</sup>	40,00	40,00	40,00	40,00	----
Harina de trigo <sup>(1)</sup>	41,54	39,73	39,45	39,74	86,02
Torta de soya <sup>(1)</sup>	15,46	17,27	17,55	17,26	10,98
Premezcla de minerales y vitaminas <sup>(1)</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
<b>Aporte de nutrientes</b>					
Cenizas	4,69	4,97	4,51	4,59	4,14
Materia orgánica	95,31	95,03	95,49	95,41	95,86
Proteína bruta	19,11	20,03	19,15	19,54	18,89
Grasa	2,67	2,75	2,70	2,77	2,29
Fibra bruta	4,22	4,37	4,37	3,57	3,49
Taninos condensados	0,00	0,00	0,44	0,00	0,00
Fenoles totales	0,08	0,09	1,44	0,37	0,00

<sup>(1)</sup> Componentes de la ración expresados en %

La variedad CIAP 2, mostró en este segundo experimento valores para la digestibilidad de nutrientes (PB y ELN) comparables con los de las variedades de bajo contenido en taninos UDG 110, CIAP 6 y CIAP 9 y, por ende, el contenido de energía metabolizable de las raciones de la variedad CIAP 2 fue

similar al de la UDG 110 y CIAP 9. Estos resultados se reafirman con los obtenidos por Jacob *et al.* (1996b). Otro aspecto de importancia demostrado en estos experimentos fue la mejor utilización digestiva de la grasa bruta (GB) y del extracto libre de nitrógeno (ELN) y, por consiguiente, el mayor contenido de energía metabolizable de las raciones elaboradas a partir de las variedades de sorgo de bajo contenido de taninos en comparación con el trigo. Los resultados obtenidos en este sentido coinciden con los reportes de Annison y Chot (1991), Stoelken y Bolduan (1996) y Simon (1998).

**Tabla 16. Digestibilidad aparente de los nutrientes y contenido de energía metabolizable aparente en pollos de ceba alimentados con dietas con sorgo como 50 % del cereal base**

Digestibilidad/ EM <sub>N</sub> <sup>(1)</sup>	Variedades				Grupo control Trigo
	Blancas		Moradas		
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9	
Dig. aparente de la materia orgánica	76,17 <sup>a</sup> ± 0,41	76,64 <sup>a</sup> ± 0,59	74,24 <sup>bc</sup> ± 0,39	75,88 <sup>ab</sup> ± 0,50	72,46 <sup>c</sup> ± 0,27
Dig. aparente de la proteína bruta	84,43 ± 0,66	84,44 ± 0,90	81,95 ± 0,76	84,81 ± 0,96	84,25 ± 0,67
Dig. aparente de la grasa	79,53 <sup>a</sup> ± 0,71	79,73 <sup>a</sup> ± 0,45	74,58 <sup>b</sup> ± 0,90	78,68 <sup>a</sup> ± 0,71	70,87 <sup>c</sup> ± 0,29
Dig. aparente del extracto libre de N	77,08 <sup>ab</sup> ± 0,47	77,69 <sup>a</sup> ± 0,72	75,61 <sup>ab</sup> ± 0,51	76,66 <sup>ab</sup> ± 0,47	74,90 <sup>b</sup> ± 0,91
EM <sub>N</sub> (MJ de EM <sub>N</sub> kg <sup>-1</sup> MS)	13,30 <sup>ab</sup> ± 0,06	13,42 <sup>a</sup> ± 0,10	12,92 <sup>bc</sup> ± 0,06	13,30 <sup>ab</sup> ± 0,07	12,61 <sup>c</sup> ± 0,07

<sup>(1)</sup> Energía metabolizable aparente corregida para balance de N cero determinada según Haertel *et al.* (1977)

a, b, c – letras diferentes dentro de la misma fila difieren para P < 0,05

En la tabla 17 se muestran los indicadores del comportamiento productivo de los pollos de ceba durante el experimento. De forma general estos resultados

corroboran los indicadores de utilización digestiva y los contenidos de energía metabolizable corregida para balance de nitrógeno cero obtenidos con las raciones con grano de sorgo, de las variedades en estudio, como cereal base.

**Tabla 17. Indicadores de comportamiento productivo de los pollos de ceba medidos durante el experimento (n = 16)**

Indicadores	Variedades				Grupo control
	Blancas		Moradas		
	UDG 110	CIAP 6	CIAP 2	CIAP 9	Trigo
PV final (g/ave)	1585 <sup>a</sup> ± 45	1505 <sup>ab</sup> ± 52	1525 <sup>ab</sup> ± 41	1496 <sup>ab</sup> ± 92	1356 <sup>d</sup> ± 62
Consumo de Alimento (g/ave)	1282 ± 27	1137 ± 47	1244 ± 36	1194 ± 79	1130 ± 73
Ganancia de PV (g)	592 <sup>a</sup> ± 33	530 <sup>a</sup> ± 45	554 <sup>a</sup> ± 25	557 <sup>a</sup> ± 70	388 <sup>b</sup> ± 70
Conversión (kg kg <sup>-1</sup> )	2,17 <sup>a</sup> ± 0,11	2,14 <sup>a</sup> ± 0,07	2,24 <sup>a</sup> ± 0,07	2,11 <sup>b</sup> ± 0,26	2,91 <sup>b</sup> ± 0,30

<sup>a, b, c</sup> – letras diferentes dentro de la misma fila difieren para P < 0.05

### Capítulo 3. Planta integral del sorgo granífero como alimento animal

#### 3.1. Determinación de la composición nutritiva del forraje de sorgo en monocultivo o asociado con soya

Se utilizaron dos variedades de sorgo, la CIAP 6 (blanca) y la CIAP 2 (morada) para determinar la composición nutritiva del forraje cuando el sorgo se sembró cubriendo el 100 % del área o cuando estuvo asociado con soya en una proporción de 66:33 % (Arias y Marrero, 2005). En la tabla 18 se ofrecen los contenidos de MS, PB y FB, cuando los 4 cultivares se cosecharon a los 100 días postgerminación.

Según estos resultados se aprecia que el contenido de PB mejora en la planta de sorgo cuando está asociada con la soya. Cuando se tiene en cuenta el contenido de PB en la asociación sorgo + soya este parámetro se eleva en 1,3–1,4 % por encima del valor que presentó el forraje de sorgo en el cultivo puro.

**Tabla 18. Composición nutritiva del forraje de los cultivares de sorgo asociados o no con soya (% MS)**

Tipo de cultivo	Composición nutritiva		
	MS	PB	FB
Soya pura	28,0	12,0	32,0
Soya asociada	30,0	10,5	35,5
Sorgo puro	27,5	7,0	39,3
Sorgo asociado	27,0	7,5	38,5
CIAP 2 + soya	27,3	8,3	37,7
CIAP 6 + soya	27,8	8,4	37,5

### 3.2. Elaboración de silos a partir del sorgo

#### 3.2.1. Cosecha

Entre los 95–100 días postgerminación se realizó la cosecha manual de las panículas y seguidamente se efectuó la de la parte forrajera, para evaluar el rendimiento de ambas partes por separado (Marrero *et al.*, 1999). Para evaluar el rendimiento en grano las panículas se secaron al sol y se procedió a la separación del grano. En la tabla 19 se ofrecen los rendimientos en panícula y grano de las 4 variedades de sorgo estudiadas.

Como puede apreciarse en la tabla 19, el peso del grano representó aproximadamente el 66 % del peso de la panícula, expresado sobre la base de 90 % de MS. Estos resultados demuestran que, a pesar de las diferencias en composición nutritiva, se obtiene una mayor productividad por ha cuando se utiliza la panícula de sorgo que cuando se emplea el grano solo.

### 3.2.2. Ensilaje de granos

Mediante silos de laboratorio se estudió la caracterización del grano de sorgo ensilado con alto contenido de humedad (30 %) en comparación con el de maíz. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, compuesto por dos tratamientos y seis réplicas (Marrero *et al.*, 1999).

**Tabla 19. Rendimiento en grano y panículas de 4 variedades de sorgo (kg ha<sup>-1</sup>)**

Variedades	Rendimiento		
	Grano (90 % MS)	Panícula	
		65 % MS	90 % MS
UDG 110	2 424	4 919	3 553
CIAP 6	2 535	5 263	3 801
CIAP 2	2 235	4 681	3 381
CIAP 9	2 188	4 777	3 450

Para alcanzar la humedad señalada, a los granos secos y molidos de ambos cereales se les añadió una mezcla de agua con 2 % de miel final más un cultivo de *Lactobacillus plantarum*, para garantizar una concentración de  $3 \times 10^{11}$  u.f.c./t de grano ensilado. A los granos de estos cereales, tanto sin ensilar como ensilados, se les determinó MS, PB, Cz y pH. Además, a los granos ensilados se les midió NH<sub>3</sub>-N, NH<sub>3</sub> y AGV según la AOAC (1995). Después de molidos y humedecidos los granos, se dejaron en reposo durante 12 h. y a continuación fueron introducidos y compactados en silos de laboratorio. En la tabla 20 se muestran los análisis de los granos intactos y secos así como molidos y humedecidos después de transcurridas las 12 h.

Llama la atención el notable descenso en los valores de pH de ambos cereales después de 12 h. de molidos, humedecidos e inoculados con lactobacilos. A los 24 días se desmontaron los silos y se caracterizaron (tabla 21).

En las cubiertas de los silos se apreciaron pérdidas por enmohecimiento. En las otras partes se observaron las características de un adecuado proceso de ensilado (humedad, olor y color). Al desmontar los silos, el contenido de MS en ambos cereales mostró poca variación en comparación con el contenido de la misma antes de compactar los silos.

Los valores de PB en los cereales ensilados fueron ligeramente inferiores al compararlos con los obtenidos previos al proceso de ensilaje, lo cual es lógico si se tienen en cuenta las pérdidas por amoníaco. Tanto los valores de NH<sub>3</sub> como de NH<sub>3</sub>-N reflejan un adecuado proceso de ensilaje, de acuerdo con lo señalado por Ojeda (1991) para ensilajes de buena calidad.

**Tabla 20. Caracterización de granos de sorgo y maíz intactos o a las 12 h de molidos y humedecidos**

Parámetro	Grano entero		Grano molido y humedecido	
	Maíz	Sorgo	Maíz	Sorgo
MS	87,62	89,90	70,06	67,02
PB	9,89	9,92	9,88	10,26
PV	9,43	9,35	9,05	9,72
Ceniza	1,24	2,31	1,41	2,86
pH	5,75	5,75	3,70	3,90

**Tabla 21. Caracterización de silos de granos de maíz y de sorgo con alto contenido de humedad**

Parámetro	Maíz	Sorgo	Significación
MS, %	67,74±0,32	67,95±1,40	
Ceniza, %	1,12±0,07	2,57±0,07	*
Materia orgánica (MO), %	98,88±0,07	97,33±0,08	*
PB	8,73±0,09	9,91±0,25	*
NH <sub>3</sub>	0,07±0,01	0,06±0,01	

NH <sub>3</sub> -N	5,54±0,88	4,43±0,39	
pH	3,83±0,03	4,37±0,04	*
AGV	Trazas	Trazas	

\* Difieren significativamente a P < 0.05

### 3.2.3. Ensilajes de las panículas

Investigaciones realizadas para ensilar las panículas de dos variedades cubanas de sorgo rojo (sorgo forrajero SD 51-2-2 y sorgo granífero CIAP2) para producir ensilados de elevada concentración energética (Hartman, 2003) aportaron elementos básicos que señalan que esta puede ser una vía importante para mejorar su valor nutritivo y, al mismo tiempo, garantizar su conservación. A continuación se ofrecen los resultados principales:

1. Los parámetros del valor nutritivo de las panículas ensiladas, tales como contenido de MS y almidón y la digestibilidad de la MO, aumentaron continuamente en correspondencia con la prolongación del ciclo vegetativo.
2. La variedad CIAP 2 se destacó por presentar contenidos más elevados en almidón, más bajos en fibra bruta (FB) y una mejor digestibilidad. Esto significa que es preferible utilizar como alimento la panícula de esta variedad.
3. El ensilado de panículas de sorgo rojo es posible en las condiciones cubanas, al no presentarse una fermentación acética predominante. Se produjeron silos de calidad, con adecuada fermentación láctica y pH por debajo de 4. Algo especialmente apropiado resultó ser la adición de miel final de caña.
4. La utilización de aditivos es necesaria para una producción de ensilajes estables. Al emplearse un aditivo cubano de bacterias ácido-lácticas y otro alemán, se observaron solo mínimas diferencias en cuanto a la disminución del pH. Como tendencia general, se lograron contenidos más altos de ácido láctico con el inóculo cubano más miel final de caña,

aunque pueden considerarse ambos inóculos como apropiados. Para una acidificación rápida y profunda se recomienda la utilización de inóculo de bacterias ácido-lácticas más miel final de caña.

5. En este trabajo la utilización de aditivos no redujo el contenido de taninos como se esperaba. Es probable que no se trate de un catabolismo microbiológico de estas bacterias ácido-lácticas sobre los mencionados taninos.

En otro trabajo, de orden más práctico, realizado en Cuba (Marrero *et al.* 1999) se evidenció que si se aplica cosecha manual, las panículas se pueden ensilar directamente. Sin embargo para garantizar la compactación es conveniente molerlas en una máquina forrajera estacionaria, para lograr que las partículas finales de la panícula queden con una longitud de 2-10 cm.

En este trabajo se utilizaron silos de concreto de 8 m<sup>3</sup>. Las panículas se compactaron enteras con apisonamiento manual. Para lograr un proceso de ensilaje más eficiente se añadió un inóculo de *Lactobacillus plantarum* en una mezcla de 4 % de miel final de caña diluida en agua sin clorar. El aditivo se adicionó a razón de 1 L del preparado por tonelada de material a ensilar, para garantizar una concentración de  $3 \times 10^{11}$  u.f.c. /t de ensilaje. Para la aspersion del aditivo se utilizó una mochila de fumigación manual. Finalmente el silo se tapó con forraje de sorgo molido y una manta de polietileno. Los silos se destaparon a los 28 días y se tomaron las muestras para laboratorio.

En la tabla 22 se brindan los parámetros de los silos, inmediatamente después de desmontarlos. Como se observa en la tabla, los niveles de FB son relativamente altos, lo que se debe tener en cuenta al formular mezclas para animales monogástricos. Otro aspecto significativo es la dilución de la PB al compararla con el contenido del grano y el de la panícula sin ensilar (ver tabla 23).

Los valores de pH resultaron ser bajos, sin embargo por razones técnicas no fue posible medir el contenido de ácido láctico. Las concentraciones de ácido acético y propiónico se presentaron altas, sobre todo en la CIAP 6. Las concentraciones de ácido butírico fueron altas, lo que pudiera estar asociado con una inadecuada compactación de los silos. En la tabla 23 se ofrecen datos de la composición nutritiva de la panícula sin ensilar.

**Tabla 22. Caracterización de la panícula de sorgo ensilada (%MS)**

Parámetro	Variedades	
	CIAP 6	CIAP 2
MS	57,77	55,70
PB	6,10	6,64
FB	12,20	10,69
Fibra ácido detergente (FAD)	16,73	18,74
Lignina ácido detergente (LAD)	2,27	4,12
Celulosa	12,01	13,04
Sílice	0,18	0,26
Ceniza (Cz)	2,57	2,58
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	0,16	0,34
Ácidos grasos volátiles (AGV), mmol l <sup>-1</sup>		
Ácido acético	54,60	31,20
Ácido propiónico	19,54	9,99
Ácido butírico	8,78	17,96
pH	4,3	4,7

**Tabla 23. Composición nutritiva de la panícula de sorgo antes de ensilar (%MS)**

Variedades	Componente							
	MO	C <sub>z</sub>	FB	FND	FAD	PB	GB	ELN
CIAP 6	97,11	2,89	8,27	24,33	12,09	7,84	2,70	78,30
CIAP 2	97,06	2,94	10,27	24,17	14,64	7,62	2,22	76,95

### 3.2.4. Ensilaje de forraje

Como se mostró previamente (ver tabla 18) la planta de sorgo sin la panícula se puede considerar un forraje de baja calidad. El volumen de forraje cosechado, representa, en las 4 variedades estudiadas, aproximadamente 2,5 t MS de forraje por cada t de MS de grano obtenido.

Puede cosecharse el forraje y suministrarlo directamente al ganado, sin embargo, como la cosecha del forraje debe hacerse totalmente una vez cosechadas las panículas o los granos, sería necesario emplear métodos de conservación de forraje para utilizarlo gradualmente según se requiera.

Para el proceso de ensilaje la planta de sorgo se molió en una forrajera estacionaria donde las partículas finales tenían un largo de 2-10 cm.

Se procedió de la misma forma que en los silos de panícula en cuanto a las dimensiones del silo, tratamiento con inóculo, apisonamiento y tapado.

En la tabla 24 se ofrece la caracterización del forraje de la planta de sorgo ensilada. En cuanto a la producción de ácido acético y butírico los valores se presentaron ligeramente superiores a los reportados para silos de residuos de la cosecha cañera tratados con 4 % de NaOH y 1,5 % de NH<sub>4</sub>OH (Díaz *et al.*, 1986). En cuanto al ácido propiónico, en el caso del forraje de sorgo se duplicó el valor reportado para los silos de residuos de la cosecha cañera (20,48 vs. 4,13 mmol l<sup>-1</sup>)

**Tabla 24. Caracterización de la planta de sorgo ensilada (%MS)**

Parámetro	Valor
MS	27,84
PB	5,25
FB	40,86
FAD	42,52
LAD	4,92
Celulosa	31,79
Sílice	0,39
Cz	8,53
NH <sub>3</sub>	0,38
AGV(mmol l <sup>-1</sup> )	
Ac acético	77,03
Ac propiónico	20,48
Ac butírico	15,10
pH	4,3

### **3.2.5. Ensilaje de la planta completa (forraje + panícula)**

Existen importantes factores que pueden limitar la producción bovina en el trópico entre los que se destaca la deficiencia estacional de alimentos. Durante la estación poco lluviosa, no solo existe una marcada baja disponibilidad de alimentos, también es más pobre su calidad nutritiva, al reducirse los contenidos de proteína y energía. Por tal razón es necesario guardar alimentos producidos en la estación lluviosa, que garanticen disponibilidad y calidad para la época de escasas precipitaciones. Siguiendo este objetivo se realizó un experimento (Ott *et al.* 2005) entre la Universidad de Rostock, Alemania y la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas para estudiar el valor nutritivo y la ensilabilidad de dos variedades de sorgo durante el período relevante del desarrollo vegetativo (entre los 60 y 100 días de desarrollo vegetativo).

Las plantas completas estudiadas fueron de las variedades CIAP-2 (alta en taninos) y UDG-110 (baja en taninos). Se tomaron un total de 5 muestras (plantas completas) a intervalos de 10 días comenzando a los 60 días de cumplido el desarrollo vegetativo. Se utilizó el método de la celulasa para determinar el valor nutritivo y para estimar la digestibilidad de la materia orgánica (DMO). Para estimar la ensilabilidad se empleó el “cociente azúcar-capacidad bufferante” (A/CB). Se empleó un test biológico en relación con la ensilabilidad para evaluar el efecto provocado por la adición de azúcar o un cultivo de bacterias ácido-lácticas (BAC). Para verificar los resultados al emplear los métodos anteriores se montaron silos (con y sin adición de BAC) en pomos plásticos.

Los resultados del estudio fueron los siguientes:

- Como consecuencia del incremento de las panículas en estado masoso, las que representan el 40 % del peso total de la planta completa, los valores de la DMO se incrementaron con el avance de la madurez. Entre los 60 y 100 días de desarrollo vegetativo, la DMO se incrementó del 68,5 -69,2 al 80,6 - 83,9 %.
- El material ensilado en pomos plásticos mostró una menor digestibilidad que el material fresco (sin ensilar), especialmente durante las últimas fechas de corte (90 y 100 días).
- El contenido de proteína bruta (PB) de la planta completa decreció a medida que se alargó el período vegetativo (4-5 % de la materia seca al alcanzar las panículas el estado masoso).
- El cociente A/CB mostró valores por encima de 3,0 para ambas variedades a partir de los 80 días en adelante del desarrollo vegetativo.
- El test biológico sobre la ensilabilidad aportó los resultados siguientes:
  - La adición de azúcar previno el re-incremento de los valores de pH.
  - El tratamiento combinado de azúcar y BAC produjo silos más estables en cualquier fecha del desarrollo vegetativo.

De acuerdo con estos resultados se concluye que:

- La digestibilidad de la planta completa del sorgo con la panícula en estado masoso se corresponde con lo reportado en Europa para la planta completa de maíz en el mismo estado. Además, para el caso del ganado vacuno, el ensilaje de sorgo puede presentar un mayor valor energético debido a un mayor contenido relativo de almidones. Un problema lo constituye el bajo contenido de PC en este estado masoso.
- El potencial energético del sorgo a partir del corte directo, solo puede ser utilizado con efectividad para el ganado vacuno durante un corto período de tiempo en cada año. Por ello se sugiere la conservación por medio de la fermentación ácido-láctica de este alimento para poder utilizarlo en el período de escasez. No deben esperarse pérdidas por efluentes del ensilaje debido al alto contenido de MS del material al estado masoso.
- El alto contenido de taninos de la variedad CIAP-2 no mostró efecto negativo sobre el proceso fermentativo de las plantas al estado masoso.
- La planta completa de sorgo al estado masoso puede ensilarse sin la adición de azúcar

## **Capítulo 4. Comportamiento de animales monogástricos alimentados con sorgo como fuente principal de energía**

### **4.1. Comportamiento de cerdos en crecimiento–ceba alimentados con dietas basadas en grano y panícula de sorgo ensilado**

Se utilizaron un total de 36 cerdos (mitad hembra y mitad machos castrados) de aproximadamente 26 kg de PV, distribuidos en un diseño completamente aleatorizado con 3 tratamientos y 3 repeticiones, compuestos por trigo, grano de sorgo ensilado y panícula de sorgo ensilada. Cada réplica estuvo constituida por un corral con piso de concreto para 4 animales. Los cerdos se pesaron al inicio y final del experimento y se registró el consumo de alimentos.

En la tabla 25 se ofrece la composición de las dietas o tratamientos.

**Tabla 25. Composición de las dietas para cerdos en crecimiento (%)**

Componentes	Tratamientos		
	A	B	C
Harina de trigo	83,88	-	-
H. grano de sorgo	-	78,56	-
H. de panícula de sorgo	-	-	78,56
H. de soya	9,30	14,60	14,60
Carbonato de Calcio	1,70	1,70	1,70
Fosfato dicálcico	1,50	1,50	1,50
Sal común	0,40	0,40	0,40
Premezcla Vit. (crec – cerdo)	1,50	1,50	1,50
Premezcla Min. (crec – cerdo)	1,50	1,50	1,50
Lisina	0,22	0,16	0,16
Metionina	-	0,08	0,08

En la tabla 26 se ofrecen los valores del comportamiento de los cerdos cuando son alimentados con dietas de trigo (A), grano de sorgo ensilado (B) o panícula de sorgo ensilada (C) como componente energético fundamental.

La ganancia de peso vivo (PV) en la dieta basada en grano de sorgo ensilado fue más baja que la obtenida en la dieta de trigo ( $P < 0,05$ ). El consumo se elevó en la dieta basada en panícula de sorgo ensilada, aunque el mismo no fue suficiente para obtener la ganancia de PV registrada en la dieta de trigo y en la de grano de sorgo ensilado.

**Tabla 26. Comportamiento de cerdos en crecimiento–ceba alimentados con dietas basadas en trigo, grano ensilado de sorgo o panícula de sorgo**

Parámetros	Tratamientos			±ES
	A	B	C	
PV inicial, kg	27,8	26,7	26,0	0,3
PV final, kg	94,3 <sup>a</sup>	86,5 <sup>b</sup>	77,5 <sup>c</sup>	2,5
Ganancia, g/día	633 <sup>a</sup>	570 <sup>b</sup>	491 <sup>c</sup>	21
Consumo, kg/día	2,6 <sup>a</sup>	2,4 <sup>a</sup>	2,7 <sup>b</sup>	0,07
Conversión, kg alim/kg PV	4,16 <sup>a</sup>	4,14 <sup>a</sup>	5,47 <sup>b</sup>	0,23

<sup>a,b,c</sup> – Medias con letras diferentes en la misma fila difieren para  $P < 0,05$ . Duncan (1955).

Obviamente el alto nivel de fibra en la panícula actuó como diluyente de la energía en la dieta. Los valores registrados para la conversión alimenticia en las tres dietas no fueron buenos, presentando valores similares las dietas de trigo y grano de sorgo ensilado, la conversión empeoró ( $P < 0,05$ ) en la dieta de panícula ensilada

Se efectuó un segundo experimento en el que se compararon las dietas de trigo y grano de sorgo con la composición señalada en la tabla 25, pero en este caso se investigó el grano de sorgo sin ensilar. Se utilizaron un total de 84 cerdos de ambos sexos de aproximadamente 28 kg de PV, distribuidos en un diseño completamente aleatorizado. Cada tratamiento estuvo compuesto por 3 réplicas y a su vez cada réplica constituyó un corral en el que se alojaron 14 cerdos de ambos sexos. En la tabla 27 se ofrece el comportamiento de los cerdos alimentados con dietas basadas en trigo o grano de sorgo.

La ganancia de PV fue inferior ( $P < 0,05$ ) en la dieta basada en trigo, lo que pudo estar relacionado con un nivel más bajo de EM de la dieta de sorgo, ya que se utilizó la variedad morada CIAP 2. Lo anterior se reflejó también en el valor de la conversión alimenticia que fue más pobre ( $P < 0,05$ ) en la dieta basada en sorgo.

**Tabla 27. Comportamiento de cerdos en crecimiento–ceba alimentados con una dieta basada en sorgo**

Parámetros	Tratamientos		± ES
	Trigo	Sorgo	
PV inicial (kg)	28,3	28,4	1,4
PV final (kg)	79,8	74,0	2,0
Ganancia (g/día)	605 <sup>a</sup>	538 <sup>b</sup>	15
Consumo kg/día)	2,45	2,42	0,02
Conversión (kg/kg)	4,04 <sup>a</sup>	4,49 <sup>b</sup>	0,11

<sup>a, b</sup> –Medias con letras diferentes en la misma fila difieren para  $P < 0,05$ .

#### **4.2. Comportamiento de broilers entre 7 y 49 días de edad alimentados con dietas de grano de sorgo ensilado**

Se utilizaron un total de 60 pollos de engorde de 7 a 49 días de edad distribuidos según diseño completamente aleatorizado para estudiar 3 dietas basadas en trigo, grano de sorgo y grano de sorgo ensilado. Los pollos fueron alojados a razón de 3 aves por jaula, donde recibieron alimento y agua a voluntad. En la tabla 28 se ilustra la composición de las dietas o tratamientos. Como se explica en la tabla 29 los valores del comportamiento para las dietas de grano de sorgo son aceptables, si se tiene en cuenta que las mismas no fueron suplementadas con ácidos grasos esenciales y son relativamente bajas en proteínas en comparación con los requerimientos de estos animales.

Se realizó un segundo experimento con 4 tratamientos comparando las variedades de sorgo UDG 110 y CIAP 2 con un tratamiento a base de CIAP 2 más trigo y otro de trigo solamente como cereal base de la ración. En este experimento se utilizaron nuevamente 60 pollos de engorde entre los 7 y 49 días de edad, distribuidos según un diseño completamente aleatorizado y alojados a razón de 3 aves/jaula. En la tabla 30 se muestran los resultados del comportamiento productivo de las aves.

**Tabla 28. Composición de las dietas de pollos de engorde (%)**

Componentes	Tratamiento		
	A	B	C
H. de trigo	72,69	-	-
H. de grano de sorgo	-	64,27	-
H. de grano de sorgo ensilado	-	-	64,27
H. de torta de soya	23,35	31,47	31,47
Premezcla de Min – Vit	0,30	0,30	0,30
Carbonato de Calcio	1,15	1,15	1,15
Fosfato dicálcico	2,51	2,51	2,51
N x 6.25 (%)		19,00	

Tabla 29. Comportamiento de pollos entre 7 y 49 días de edad alimentados con dietas basadas en sorgo.

Parámetros	Tratamientos		
	A	B	C
Peso vivo inicial (g)	93	92	92
Peso vivo final (g)	1 978	1 837	1 777
Ganancia de peso vivo (g)	1 885	1 745	1 685
Consumo entre 7 y 49 días (g)	4 202	4 212	4 229
Conversión entre 7 y 49 días	2,21	2,39	2,51

Los resultados de este experimento confirman nuevamente que cuando se utiliza como total del cereal de la dieta el grano de la variedad CIAP 2 se obtiene el peor comportamiento de los indicadores analizados. La tendencia a un mayor consumo de alimentos cuando se incluye grano de sorgo de variedades de alto contenido en taninos en dietas para aves ya ha sido reportada por algunos autores (Douglas *et al.*, 1991,1993 y Jacob *et al.*, 1991 a y b). Es importante destacar que la combinación de trigo + CIAP 2 mostró un excelente comportamiento para todos los indicadores analizados.

Tabla 30. Comportamiento de pollos entre 7 y 49 días de edad alimentados con dietas basadas en sorgo de las variedades UDG 110 y CIAP 2.

Parámetros	Tratamientos				± ES
	UDG 110	CIAP 2	CIAP 2 + Trigo	Trigo	
Peso vivo inicial (g)	92	93	92	93	1,93
Peso vivo final (g)	1 787 <sup>bc</sup>	1 724 <sup>c</sup>	1 875 <sup>ab</sup>	1 942 <sup>a</sup>	25
Ganancia de peso vivo (g)	1 695 <sup>bc</sup>	1 631 <sup>c</sup>	1 783 <sup>ab</sup>	1 844 <sup>a</sup>	25
Consumo entre 7 y 49 días (g)	4 257 <sup>ab</sup>	4 394 <sup>a</sup>	4 202 <sup>b</sup>	4 235 <sup>b</sup>	26
Conversión entre 7 y 49 días (kg kg <sup>-1</sup> )	2,51 <sup>b</sup>	2,70 <sup>a</sup>	2,36 <sup>bc</sup>	2,29 <sup>c</sup>	0,03

<sup>a, b, c</sup> – Medias con letras diferentes en la misma fila difieren para  $P < 0.05$

#### 4.3. Sustitución parcial del cereal de la dieta de gallinas ponedoras por panícula de sorgo ensilada

El alto contenido de FB de la panícula ensilada (10-12 %) limita su inclusión en las raciones para gallinas ponedoras. De acuerdo con lo anterior se procedió a sustituir aproximadamente el 43 % del cereal de la dieta por harina de panícula de sorgo ensilada (tabla 31). Se utilizaron un total de 60 ponedoras de 35 semanas de edad distribuidas en dos tratamientos o dietas, una como control y otra con un 30 % de harina de panícula de sorgo ensilada.

El experimento se realizó en un período de 4 semanas entre las 35 y 39 semanas de edad de las aves, al tratamiento de trigo se le garantizó un consumo diario de 110 g/ave, mientras que al que contenía 30 % de panícula ensilada se le suministraron 120 g/día.

En la tabla 32 se muestran los datos del comportamiento de las aves alimentadas con dietas con harina de panícula de sorgo ensilada. La reducción en el nivel de puesta puede atribuirse al alto nivel de fibra de panícula de sorgo

ensilada, lo que determinó que la dieta alcanzara un contenido de 6,47 % de fibra bruta.

**Tabla 31. Composición de las dietas de gallinas ponedoras (%)**

<b>Componentes</b>	<b>Tratamientos</b>	
	<b>A</b>	<b>B</b>
Harina de trigo	77,05	39,7
H. de panícula de sorgo ensilada	-	30,0
H. de soya	16,85	24,2
Sal común	0,30	0,30
Carbonato de Calcio	3,00	3,00
Fosfato dicálcico	2,50	2,50
Prem. Min – Vit.	0,30	0,30
% PB	16,66	16,66
% FB	3,39	6,47

**Tabla 32. Nivel de puesta y eficiencia alimenticia en aves alimentadas con 30 % de harina de panícula de sorgo ensilada.**

<b>Parámetros</b>	<b>Tratamientos</b>	
	<b>A</b>	<b>B</b>
Total de huevos/ave	22,1	20,5
Nivel de puesta, (%)	78,6	73,1
Consumo, g/ave	110	120
kg alimento/decena de huevos	1,39	1,64

## **Capítulo 5. Metodología para la preparación y utilización del sorgo en dieta de animales monogástricos**

### **5.1 Introducción**

Entre las especies vegetales en el trópico que pueden garantizar eficientemente los procesos productivos porcinos y avícolas está el sorgo (Montilla, 1994). El sorgo puede garantizar anualmente dos cosechas de granos y al asociarlo a las explotaciones bovinas se incrementaría notablemente la producción de alimentos por área a partir de este cereal. En la región central del país (Martín y otros (1992) han reportado rendimientos agrícolas de 3,5 t/ha de grano de sorgo y rendimientos en forrajes por encima de las 20 t/ha.

Pérdidas importantes ocurren previas a la cosecha del sorgo, las que se manifiestan durante la etapa de maduración del grano. El ataque de pájaros y las enfermedades fungosas en ese período afectan notablemente los rendimientos. De acuerdo con esto, adelantar la cosecha puede reducir las pérdidas de granos y aportar al mismo tiempo un forraje de mejor valor nutritivo al cortarlo más temprano.

El cultivo del sorgo, como cereal básico para la alimentación de monogástricos en el trópico presenta ventajas agrotécnicas, tales como su elevada tolerancia a la sequía y salinidad del suelo. Los rendimientos de granos en condiciones de bajos insumos puede llegar a las 2 t/ha, como parte de este proyecto se evaluaron 4 variedades cubanas de sorgo que presentaron rendimientos en granos entre 2,2 y 2,5 t/ha con rendimientos forrajeros que variaron en 18.2 y 21.2 t/ha. A partir de los resultados alcanzados se propone la metodología siguiente para la preparación y utilización del sorgo en dietas de animales monogástricos.

## **5.2. Rendimiento de las variedades de sorgo UDG-110 y CIAP-6 (blancas) y CIAP-2 y CIAP-9 (moradas) cosechadas con alto contenido de humedad**

Las variedades de sorgo UDG-110 y CIAP-6 (blancas) y las CIAP-2 y CIAP-9 (moradas) alcanzan rendimientos en granos y panículas en el orden de 2 t/ha (90 % MS) y 4 t/ha (65 % MS) respectivamente, sembradas en la época de lluvia, sin emplear riego ni fertilización. Se debe utilizar una distancia de camellón de 0,90 m y una densidad de siembra de 4 a 5 kg de semilla/ha (ver tabla 19).

## **5.3. Preparación del grano de sorgo seco, ensilado con alto contenido de humedad y de panícula de sorgo ensilada para su utilización en dietas de animales monogástricos**

### **5.3.1. Grano seco**

Para utilizar el grano de sorgo seco en dietas de animales monogástricos puede cosecharse cuando las panículas presenten un 65 % de materia seca (90-95 días postgerminación) o cuando alcancen 82-85 % de MS (120-130 días postgerminación). En ambos casos debe secarse el grano hasta alcanzar un 90-92 % MS para almacenarlo o utilizarlo en la formulación de dietas para animales monogástricos.

### **5.3.2. Ensilaje del grano de sorgo**

La cosecha debe realizarse cuando el grano tenga menos del 14-15 % de humedad, es decir cuando menos a los 105 días postgerminación, lo cual garantiza un adecuado desprendimiento del grano. En dependencia de la cantidad de grano a ensilar puede variar el tamaño del recipiente, utilizándose preferentemente silos de concreto con volúmenes de 6-8 m<sup>3</sup>. Para reconstituir el contenido de humedad del grano hasta un 30 % se añade agua a razón de 220-230 L/t de grano a ensilar; es decir 14-15 L de agua para lograr un incremento del 1% en el contenido de humedad. En la cantidad de agua añadida para la reconstitución de la humedad en los granos se adiciona un litro de inóculo de *Lactobacillus plantarum* por t de material a ensilar, lo que garantiza una

concentración de  $3 \times 10^{11}$  u.f.c.  $t^{-1}$  de ensilaje. La compactación del silo se hace manual y se tapa correctamente con una capa superior de forraje molido y comprimido. El proceso de ensilaje se facilita si el grano es previamente molido.

### **5.3.3. Ensilaje de panícula de sorgo**

El proceso de cosecha de las panículas puede efectuarse de forma manual o mecanizada. Teniendo como requisito que las panículas tengan en el momento del corte un 65 % MS (95-100 días postgerminación) para garantizar un proceso de ensilaje adecuado. Si se aplica cosecha manual las panículas se pueden ensilar directamente o molerlas con una máquina forrajera de modo que las partículas queden con 2-10 cm de largo y luego ensilarlas.

Paras las pequeñas producciones se pueden emplear silos de cemento, que faciliten la compactación manual del material a ensilar, con una capacidad entre 10 y 12 t de material ensilado. Para las grandes producciones se debe seguir la tecnología convencional del ensilaje según recomienda la NRAG (1981).

De acuerdo con las pruebas realizadas las panículas con 65 % MS se pueden ensilar adecuadamente. Para lograr un proceso de ensilaje más eficiente se debe añadir un inóculo de *Lactobacillus plantarum* en una mezcla de 4 % de miel final de caña diluida en agua sin clorar. El aditivo se añade a razón de un litro del preparado por t de material a ensilar, lo que garantiza una concentración de  $3 \times 10^{11}$  u.f.c.  $t^{-1}$  de ensilaje. Para la aspersion del aditivo se puede utilizar una mochila de fumigación manual o una regadera.

Los silos de panículas de sorgo se destaparán entre 21 y 28 días de montados. Cuando se trata de silos pequeños, estos se van destapando de acuerdo con la demanda de alimento. El material ensilado se esparcirá en un plato de concreto o asfalto, previamente barrido, a razón de 14-17  $kg/m^2$ . Se voltearán las panículas cada 2 h. (6-8 veces diariamente). En estas condiciones ya el material

se puede pasar por un molino de martillo y está listo para ser incorporado a las raciones de los animales.

El material ensilado, tanto de panículas como de granos, puede comenzarse a utilizar a partir de las 3-4 semanas de ensilado. Las panículas deben secarse y molerse para incluir en las mezclas o raciones.

El grano ensilado puede mezclarse, si está molido con los otros ingredientes de la dieta para utilizar en el día. Para hacer mezclas que se utilizarán durante varios días debe secarse el grano de la misma forma que se efectuó con las panículas.

#### **5.4. Utilización del grano de sorgo seco, ensilado con alto contenido de humedad y de panículas de sorgo ensiladas en dietas de animales monogástricos.**

##### **Cerdos en crecimiento-ceba**

Es conveniente preparar un suplemento de proteínas, minerales y vitaminas para mezclar con la correspondiente proporción de sorgo (panícula, grano ensilado o grano sin ensilar). En la tabla 33 se propone un suplemento basado en soya como fuente de proteínas, la que puede ser sustituida por otra fuente disponible.

Los ingredientes del suplemento pueden homogeneizarse en un mezclador de piensos, concreteira o manualmente con pala. Se mezcla el suplemento (22 %) con la correspondiente proporción de panícula ensilada molida, grano ensilado molido o grano sin ensilar molido (78 %). De esta forma la mezcla o ración quedaría con un 14 % de PB.

**Tabla 33. Composición del suplemento de proteínas, vitaminas y minerales**

<b>Componentes</b>	<b>%</b>
Harina de torta de soya	69
Carbonato de calcio	8
Fosfato dicálcico	7

Cloruro de sodio	2
Premezcla de vitaminas (crec. cerdo)	7
Premezcla de minerales (crec. cerdo)	7

El alimento se suministrará a voluntad evitando echarlo en exceso para que no se produzcan pérdidas por derrame o deterioro del mismo. Si se desea restringir el consumo se hará sobre la base de garantizar un consumo promedio durante el período de crecimiento-ceba de 2.3-2.5 kg día<sup>-1</sup>. En la tabla 34 se ofrece la forma posible de distribución.

**Tabla 34. Norma de distribución de alimentos a los cerdos en crecimiento-ceba**

Período (días)	Rango PV (kg)	Consumo (kg. día <sup>-1</sup> )
94-129	25,0-43,0	1,76
130-164	43,0-62,8	2,40
165-199	62,8-85	2,95

Para la utilización de panículas de sorgo ensilado en dietas de cerdos en crecimiento-ceba tiene que observarse el bajo contenido de proteína bruta y el alto contenido de fibra bruta y, en especial, el de lignina ácido detergente de este material.

Cuando se sustituye completamente el cereal de las dietas de cerdos en crecimiento-ceba por panículas de sorgo ensilado se reduce porcentualmente la eficiencia alimenticia y el incremento de peso vivo al 65,5 % y al 75 %, respectivamente, a pesar de que se elevó el consumo al 114,8 %. Sin embargo, el peso vivo producido por hectárea es superior al que se obtiene cuando se emplea el grano de sorgo en la formulación de las raciones.

Basándose en la composición nutritiva de las panículas de sorgo ensilado y en la respuesta productiva de los animales se recomienda la inclusión de un máximo de 30 % en la dieta para cerdos en crecimiento-ceba, si se desea aprovechar al máximo el potencial productivo de los mismos.

## Pollos de ceba

De acuerdo con los experimentos básicos realizados el sorgo puede sustituir totalmente al trigo de las dietas de broilers. Más aún, se observa una mejora en la eficiencia alimenticia cuando el trigo de las dietas se sustituye por 50 % de grano de sorgo sin ensilar. En la tabla 35 se muestra la composición de una ración basada en grano de sorgo ensilado para ser utilizada en broilers. Para utilizar el grano de sorgo ensilado, este se prepara en la forma ya descrita. Después se mezcla con las correspondientes proporciones de harina de soya, minerales y vitaminas.

Tabla 35. Composición de la ración basada en grano de sorgo ensilado para broilers

Componentes	Composición (%)
Harina de grano de sorgo ensilado	64,27
Harina de torta de soya	31,47
Cloruro de sodio	0,30
Premezcla minerales y vitaminas	0,30
Carbonato de calcio	1,15
Fosfato dicálcico	2,51
N x 6.25 (%)	19,00

En la tabla 36 se expresa el comportamiento de los broilers que se debe esperar cuando son alimentados a voluntad con la ración de grano de sorgo ensilado. Los indicadores productivos de los broilers concuerdan con los parámetros establecidos para esta categoría animal si se tiene en cuenta que la ración utilizada es relativamente baja en proteínas y la misma no tuvo suplementación con aminoácidos esenciales. Estos dos aspectos por sí solos justifican la alta conversión alimenticia alcanzada.

**Tabla 36. Comportamiento esperado de broilers entre 7 y 49 días de edad alimentados con una ración de grano de sorgo ensilado**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Peso vivo inicial (g)	92
Peso vivo final (g)	1 777
Ganancia de peso vivo (g)	1 685
Consumo entre 7 y 49 días (g)	4 229
Conversión entre 7 y 49 días (kg kg <sup>-1</sup> )	2,51

No es recomendable utilizar la panícula de sorgo ensilada en las raciones para broilers por el alto contenido de FB de la misma y por un elevado contenido en LAD, todo lo anterior unido a su bajo contenido de PB y al ya referido desbalance de aminoácidos de las variedades de sorgo estudiadas.

#### **Gallinas ponedoras**

El alto contenido de FB de la panícula de sorgo ensilado (12,20 %) limita su inclusión en las raciones para gallinas ponedoras a un nivel que no debe superar el 30 %. La panícula será ensilada, secada y molida para incluirla en las raciones para ponedoras en la forma ya descrita. En la tabla 37 se ofrece la composición de la dieta.

Cuando se emplea la panícula ensilada en el nivel señalado en una ración de trigo-soya el contenido de fibra bruta de la ración alcanza valores alrededor del 6,5 % de la MS.

Los principales indicadores productivos de gallinas ponedoras medidos por un periodo de 4 semanas, a partir de la semana 35 de vida, mostraron un consumo de pienso de 120 g/ave, un peso vivo de 1 640 g/ave y el por ciento de puesta fue del 73 %.

**Tabla 37. Composición de la dieta con panícula de sorgo ensilado para gallinas ponedoras**

<b>Componentes</b>	<b>%</b>
Harina de trigo	39,7
Harina de soya	24,2
Harina de panícula de sorgo ensilada	30,0
Cloruro de sodio	0,30
Carbonato de calcio	3,0
Fosfato dicálcico	2,5
Minerales y vitaminas	0,3
PB	16,66
FB	6,47

## **Capítulo 6. Metodología para el uso del sorgo ensilado en la elaboración de dietas para rumiantes**

La cosecha temprana del sorgo (95-100 días posgerminación) para utilizar la panícula o el grano con alto contenido de humedad en la alimentación de animales monogástricos, proporciona al mismo tiempo abundantes cantidades de forraje verde (22 t. ha<sup>-1</sup>) que puede ser destinado a la alimentación de los rumiantes.

Con los rendimientos alcanzados para las variedades cubanas UDG 110, CIAP 6, CIAP 2 y CIAP 9, por cada tonelada de grano (90 % MS) cosechado se obtienen al mismo tiempo, como promedio, unas 8 t de forraje verde. Para poder aprovechar toda esa masa forrajera que se produce en el momento de la cosecha del grano o la panícula es necesario utilizar técnicas de conservación de forrajes. En este caso se propone el ensilaje.

### **6.1. Cosecha del forraje de sorgo**

Después de cosechadas las panículas o el grano con alto contenido de humedad (95-100 días posgerminación), se procede a la cosecha del forraje que cual puede hacerse manual o mecanizada. Para la cosecha manual debe disponerse de una máquina forrajera estacionaria para garantizar un troceado

del forraje con un tamaño de partículas de 2-10 cm de largo, lo cual garantizará una adecuada compactación del material ensilado.

## **6.2. Ensilaje del forraje de sorgo**

Cuando se trata de pequeñas producciones se deben utilizar silos con capacidad para 8-10 t de material ensilado. Cuando se refiere a medianas o grandes producciones se cumplirá la tecnología convencional para la elaboración de silos (NRAG, 1981). Para lograr un proceso de ensilaje más eficiente se añade un inóculo de *Lactobacillus plantarum* en una mezcla de 4 % de miel final de caña diluida en agua sin clorar. Con una regadera o mochila manual se vierte el preparado a razón de un litro por tonelada de material a ensilar, lo que garantiza una concentración de  $3 \times 10^{11}$  u.f.c.  $t^{-1}$  de ensilaje.

## **6.3. Utilización del ensilaje de forraje de sorgo en la alimentación de rumiantes**

La forma más conveniente de utilizar este material forrajero en la alimentación de rumiantes es cuando la siembra del sorgo se realiza en la época de lluvias (junio-julio), de forma tal que la cosecha se efectúe al comenzar el período seco y así se empleará este alimento en el momento en que la producción de pastos y forrajes ya no es suficiente para garantizar la alimentación de los animales.

El silo de forraje de sorgo lo empleará el productor como otro silo cualquiera de forraje de acuerdo con la tecnología de alimentación y manejo de su finca o unidad.

## CONCLUSIONES

- La calidad nutritiva del grano de sorgo de las cuatro variedades estudiadas está dentro de los valores reportados en la bibliografía internacional para este cereal.
- Sólo una variedad, CIAP 2, se mostró con altos contenidos de taninos en el grano, lo que influyó de forma negativa en la digestibilidad aparente de los nutrientes y en la energía metabolizable aparente corregida para balance de N cero en las raciones para pollos de ceba.
- Tanto la panícula como el forraje de las variedades de sorgo se pueden preservar por medio de la tecnología del ensilaje. El ensilaje del grano de sorgo con alto contenido de humedad, ya sea cosechado en estado masoso o reconstituyéndole la humedad, se presentó como una alternativa promisorio para su conservación.
- El grano seco o ensilado puede ser utilizado como fuente principal de energía en animales monogástricos. En el caso particular de los pollos de ceba se obtuvieron mejores resultados al combinar en las raciones (50:50) el grano de sorgo y el trigo. Esta alternativa es particularmente importante cuando se trata de variedades de sorgo con alto contenido en taninos.
- El ensilado de panículas de sorgo es posible en las condiciones cubanas, al no presentarse una fermentación acética predominante. Se produjeron silos de calidad, con adecuada fermentación láctica y pH por debajo de 4. Como algo especialmente apropiado resultó ser la adición de miel final de caña.
- La utilización de aditivos es necesaria para una producción de ensilajes estables. Para una acidificación rápida y profunda se recomienda la utilización de inóculo de bacterias ácido-lácticas más miel final de caña.
- .En este trabajo la utilización de aditivos no redujo el contenido de taninos como se esperaba.

- Los mayores valores de la digestibilidad se alcanzaron al ensilar la planta completa del sorgo con la panícula en estado masoso. En este caso, para el ganado vacuno, el ensilaje puede presentar un mayor valor energético debido a un mayor contenido relativo de almidones.
- Las plantas sin las panículas de las variedades estudiadas, tanto frescas como ensiladas, se consideran un forraje de baja calidad, fundamentalmente por los bajos contenidos de proteína bruta y elevados niveles de fibra que presenta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, U.: Cultivo de maíz y calabaza intercalados y en monocultivo. Su influencia sobre la entomofauna y el rendimiento, Tesis de Maestría, CIAP, UCLV, 1996.
- Anon: Unidad Técnica del Proyecto DELNO durante el periodo 1973-1975, Gobierno de la República Dominicana Programa de Desarrollo Regional: Plan de Acción para el Desarrollo Regional de la Línea Noroeste Secretaria general de la organización de los Estados Americano, Washington, D.C., 1977.
- Anon: "Consideraciones acerca del cultivo del sorgo granífero en Venezuela. Igor Arias," *FONAIAP DIVULGA*, Año XII, N° 49, Jul.-Sep., 1995.
- Anon 2003. Guía Técnica del Sorgo. En: [http://www.fps.org/imagenes/tecnologia/valle\\_fuerte/riego/pdf](http://www.fps.org/imagenes/tecnologia/valle_fuerte/riego/pdf)
- Annison, G. and M. Chot: "Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects," *World's Poultry Science Journal*, 47: 232-242, 1991.
- AOAC: Methods of Analysis Ass. off. Anim. Chem. Washington, DC., 1995.
- Arias, A. y L. Marrero: "Factibilidad económico-energética de las asociaciones de sorgo con soya," *Centro Agrícola*, 32(4):41-46, 2005.
- Bravo Laura, Abia, R. y F. Saura: "Degradation of polyphenols in the gastrointestinal tract. *in vivo* and *in vitro* experiments," *Polyphénols Actualités*, 8: 46, 1992.
- Bravo, Laura; Eva Mañas F. y Saura: "Dietary non-extractable condensed tannins as indigestible compounds: Effects on faecal weight, and protein and fat excretion," *J. Sci. Food Agric.*, 63: 63-68, 1993.
- Butler, L.G.: Effects of condensed tannins on animal nutrition. In: R.W. Hemingway and J.J. Karchesy (Editors), *Chemistry and Significance of Condensed Tannins*. Plenum Press, New York and London, pp. 391-402, 1989.

- Castro, A.; M. Gabel; R.A. Llorente; L.I. Marrero, y D.S. Martín: "Valor nutritivo del grano de sorgo de cuatro variedades cultivadas en Cuba. Contenido de nutrientes," *Rev. cubana Cienc. agríc*, 33:219, 1999a.
- Castro, A.; M. Gabel; R.A. Llorente; L.I. Marrero y D.S. Martín: "Valor nutritivo del grano de sorgo de cuatro variedades cultivadas en Cuba. Composición de aminoácidos," *Rev. cubana Cienc. agríc*, 33:313, 1999b.
- Castro, A.; L.I. Marrero; M. Valdivié; M. Gabel y H. Steigass: "Contenido de factores antinutricionales del grano de sorgo de cuatro variedades cultivadas en Cuba," *Rev. cubana Cienc. Agríc*. 36:31, 2002.
- Deyoe, C. W. and J. A. Shellenberger: "Studies on the amino acids and proteins in sorghum grain," *J. Agric. Food Chem.* 13: 446-450, 1965.
- Díaz, F.; F. Estrada; J. Bestard; S. Molina; T. Abrey y S. Pope: Resultados obtenidos en las investigaciones sobre utilización de los residuos de la cosecha cañera (RCCA) para la alimentación del ganado, monografía, Secc. de Divulgación Científica. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 1986.
- Douglas, H. J.; T. W. Sullivan; R. Abedul-Kadir and J. H. Rupnow: "Influence of infrared (Micronization) treatment on the nutritional value of corn and low-and high-tannin sorghum," *Poultry Science*, 70: 1534-1539, 1991.
- Douglas, H. J.; T. W. Sullivan; P. L. Bond and F. J. Struwe: "Nutrient composition and metabolizable energy values of selected grain sorghum varieties and yellow corn," *Poultry Science*, 69:1147, 1990.
- Douglas, H. J.; T. W. Sullivan; N. J. González, and M. M. Beck: "Differential age response of turkeys to protein and sorghum tannin levels," *Poultry Science*, 72: 1944-1951, 1993.
- Duncan, D. B.: "Multiple range and multiple F test," *Biometrics* 11:1, 1955.
- Eastoe, E. J. and Rosemary H. Taylor: "Composition of protein of sorghum grain in Botswana." *J. Sci. Food Agric.*, 25: 563-569, 1974.
- FAO: "Produktion Yearbook", in FAO Statistics Series, vol. 50, No. 135, pp. 84-85, 1973.

- Gesellschaft fuer Ernaehrungsphysiologie der Haustier (1973). Archiv für Geflügelkunde, 37: 49-57, 1973.
- Hartman, Anja: Untersuchungen zur Silierung von tanninhaltigen rotten Sorghumkolben als Verfahren der Konservierung den Bedingungen Kubas. DIPLOMARBEIT, Universitat Rostock, Germany, 2003.
- Heartel, H.; H. W. Schneider; R. Seibold and J. H. Lantzsch: "Beziehungen zwischen der N-korrigierten umsetzbaren Energie und den Nährstoffgehalten des Futters beim Huhn," *Archiv für Geflügelkunde*, 41: 152- 181, 1977.
- Jacob, P.J.; B. N. Mitaru; P. N. Mbugua and R. Blair: "The effect of substituting Kenyan Serena sorghum for maize in broiler starter diets with different dietary crude protein und methionine levels," *Animal Feed Science und Technology*, 61: 27-39, 1996a.
- Jacob, P.J.; B.N. Mitaru; P.N. Mbugua and R. Blair: "The feeding value of Kenyan sorghum, sunflower seed cake and sesame seed cake for broilers and layers," *Animal Feed Science und Technologie*, 61: 41-56, 1996b.
- Jambunathan, R. and E. Martz: "Relationship between tannin levels, rat growth and distribution in sorghum," *J. Agric. Food Chem.* 18:33, 1973.
- Jansman, M.A.J.: "Tannins in feedstuffs for simple-stomached animals," *Nutrition Research Reviews*, 6: 209-236, 1993.
- Jørgensen, G. J.: "Quantification of high molecular weight (1-3)(1-4)- $\beta$ -D-Glucan using Calcofluor complex formation and flow injection analysis. I. Anlytical principle and ist standarization," *Carlsberg Res. Commun.*, 53: 277-285, 1988.
- Libman, M.: Sistemas de policultivo. Curso para diplomado. Agroecología y Agricultura sostenible. Módulo II. Diseño y manejo de sistemas agrícolas sustentables. CLADES. CEAS-ISCAH, 1996.
- Longstaff, M.; B. Mcbain and M.J. McNab: "The antinutritive effect of proanthocyanidin-rich and proanthocyanidin-free hulls from field beans on digestion of nutrients and methabolizable energy in intact and caeectomi-sed cockerels," *Animal Feed Science und Technologie*, 34: 147-161, 1991.

- Martín, D.F.; O. Saucedo y A. Castillo: Variedad de sorgo de grano blanco con adaptación tropical, apta para el consumo humano, alimentación animal y su tecnología de cultivo en Cuba, monografía, Univ. Central de Las Villas, Cuba, 130 pp., 1992.
- Marrero, L.I.: Sorghum cultivation potencial under low inputs condition for monogastric animal feeding in Cuba, in Workshop: Teaching and research in plant and animal sciences. May 24-26/2004. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba, CD. WS17, 2004.
- Marrero, L.I.; A. Castro; A. Arias y D.F. Martín: Evaluación integral del sorgo en la producción de carne, huevos y leche. PNCT: Producción de proteína animal por vías biotecnológicas y sustentables, CITMA, Informe Final, 1999.
- McElroy, L.W.; D.R. Clandinin; W. Lobay and D.I. Pethydrige: "Nine amino acids in pure varieties of wheat, barley and oats," *Journal of Nutrition*, 37: 329-336, 1949.
- Miller, G.D.; C.W. Deyoe; T.L. Walter and F.W. Smith: "Variations in protein levels in Kansas sorghum grain," *Agronomic Journal*, 56:302-304, 1964.
- Montilla, J. J.: Agricultura para la alimentación de aves y cerdos en el trópico, en II Encuentro Regional de Nutrición y Alimentación de Monogástricos, Compilador Prof. Vasco de Basilio. La Habana, Cuba, pp. 1-7, 1994.
- Naumann, C. and R. Bassler: Die chemische Untersuchungen von Futtermitteln. Darmstadt VDLUFA-Verlag, 1993.
- Norusis, M. J.: SPSS für Windows, Anwenderhandbuch für das Base System, Version 6.0 SPSS GmbH Software, München, 1994.
- N.R.A.G.: Norma Ramal. Pastos y Forrajes. Elaboración de ensilajes. 390/1981. MINAGRI, Cuba, 1981.
- Nürnberg, K.; U. Küchenmeister K. Ender; G. Nürnberg and W. Hackl: Influence of dietary n-3 fatty acids on the membrane properties of skeletal muscle in pigs. *Fett/Lipid*, 8: 353-358, 1998.

- Ojeda, G. F.: *Conservación de Forraje*, Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, pp. 2- 22, 1991.
- Ortiz, L.T.; C. Centeno and J. Treviño: "Tannins in faba bean seeds: effects on the digestion of protein and amino acids in growing chicks," *Animal Feed Science and Technology*, 41: 271-278, 1993
- Ott, E. M.; K. Friedel; L.I. Marrero and M. Gabel: Feeding value and ensilability of two sorghum varieties under tropical conditions, *Memorias, III Conferencia Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad*, Univ. Central, Cuba, 2005.
- Pastrana, M.: Monografía del sorgo, en [www.sdr.gob.mx/beta1/contenidos/CadenasAgropecuarias/docs/927148.235.138.1326-07-2007MONOGRAFIA%20SOR](http://www.sdr.gob.mx/beta1/contenidos/CadenasAgropecuarias/docs/927148.235.138.1326-07-2007MONOGRAFIA%20SOR), 2007.
- Perry, Ann: Conferencia: Potencial del sorgo para biocombustible, en Ann Perry USDA-ARS, USA, 2008.
- Schiemann, R.: Methodische Richtlinien zur Durchführung von Verdauungsversuch für die Futterwertschätzung. *Archives of Animal Nutrition*, 31: 13-18, 1981.
- Shoup, F. K.; C.W. Deyoe; P.E. Sanford and L.S. Murpy: "Comparison of high versus low fertilization and irrigated versus dry land produced grain sorghum," *Poultry Science*, 47: 1719, 1968.
- Simon, O.: "The mode of action of NSP hydrolysing enzymes in the gastrointestinal tract," *Journal of Animal and Feed Sciences*, 7: 115-123, 1998.
- Stephenson, E. L.; J.O. York; D.B. Bragg and C.A. Ivy: "The amino acid content and availability of different strains of sorghum grain to the chick," *Poultry Science*, 50: 581-584, 1971.
- Stoelken, B. and G. Bolduan: Zum Gehalt von Nichtstärke-Polysacchariden einheimischer Getreidevarietäten aus dem Anbau Mecklenburg-Vorpommerns. Proc. 4. Tagung Schweine- und Geflügelernährung, 26.11.-28.11. 1996 in Halle/Saale, 102-106, 1996.

- Stoelken, B. and W. Flamme: Methoden zur quantitativen Bestimmung des Pentosangehaltes im flow-stream System. *Die Nahrung*, 31: 189-192, 1987.
- Vandenmerr, J.: Policultivos. La teoría y evidencia de su factibilidad. Conferencias. Department of Biology. University of Michigan, EE. UU, 1991.
- Wiesenmüller, W. and J. Leibetseder: Ernährung monogastrischer Nutztiere, pp. 26-36, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, 1993.
- Yu, F.; P.J. Moughan and T.N. Barry: "The effect of condensed tannins from heated und unheated cottonseed on the ileal digestibility of amino acids for the growing rat and pig," *British Journal of Nutrition*, 76: 359-371, 1996.

## PRINCIPALES ABREVIATURAS

AA: Aminoácidos

*ad limitum*: libre; a voluntad

AGV: ácidos grasos volátiles

Anon: Anónimo

AOAC: Official Methods of Analysis

°C: grados Celsius

CIAP: Centro de Investigaciones Agropecuarias

cm: centímetro

Cz: ceniza

DMO: digestibilidad de la materia orgánica

EB: energía bruta

ELN: extracto libre de nitrógeno

EM<sub>N</sub>: energía metabolizable aparente corregida para balance de nitrógeno cero

ES: error estandar

*et al.*: y otros, y colaboradores

FAD: fibra ácido detergente

FAO: Organización para la Alimentación y la Agricultura

FB: fibra bruta

FND: fibra neutro detergente

g: gramo

GB: grasa bruta

g día<sup>-1</sup>: gramo por día

ha : hectárea

HPLC: High Performance Liquid Chromatography

hr: hora

kg: kilogramo

kg ha<sup>-1</sup>: kilogramo por hectárea

LAD: lignina ácido detergente PB  
m.: metro  
m<sup>2</sup>: metro cuadrado  
MJ: Megajoul  
MO: materia orgánica  
MS: materia seca  
m.s.n. : metros sobre el nivel del mar  
N: nitrógeno  
n: número de observaciones  
NRAG: Norma Ramal del Ministerio de Agricultura  
PB: proteína bruta  
PV: peso vivo UDG: Universidad de Guadalajara  
t: tonelada  
t ha<sup>-1</sup>: tonelada por hectárea  
UCLV: Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas  
UDG: Universidad De Guadalajara  
UET: uso equivalente de la tierra  
u.f.c. : unidades formadoras de colonias

## Datos del autor



Nombre y Apellidos: Leandro I. Marrero Suárez

Fecha de nacimiento: Abril 04 de 1943

Título Universitario: Ingeniero Agrónomo, 1972, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba.

Categoría Científica: Investigador Titular, 1982

Grado Científico: Doctor en Ciencias Veterinarias, 1977, Instituto de Ciencia Animal, Universidad Agraria de La Habana.

Centro de Trabajo: Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV, Cuba.

Dirección del Centro: Carretera a Camajuaní, Km 5½, Santa Clara, Cuba, Teléfono 281520.

Dirección particular: Calle 7<sup>MA</sup>, N<sup>O</sup> 217, entre 4<sup>TA</sup> y 6<sup>TA</sup>, Reparto Universitario, Santa Clara, Cuba, Teléfono 275206, Email: [leandroms@uclv.edu.cu](mailto:leandroms@uclv.edu.cu);

Resumen curricular:

- Trabajos de investigación realizados. Principales resultados obtenidos:
  - Utilización de miel rica y miel final de caña de azúcar en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba. Instituto de Ciencia Animal (ICA), La Habana, Cuba, 1972-1976.
  - Utilización de subproductos del arroz en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba. ICA, 1973-1975
  - Empleo de raíces y tubérculos como fuente de energía en la alimentación de cerdos en ceba. UCLV, (1977-1982)
  - Estudio de métodos biológicos para la conservación de la miel proteica (35% de miel B + 65% de crema de levadura torula) y su efecto en la

- alimentación animal. UCLV, (1984-1990). Premio ECONÓMICO de la Academia de Ciencias de Cuba
- Evaluación del efecto probiótico de bacterias ácido-lácticas desarrolladas sobre substratos de la industria azucarera sobre el comportamiento de cerdos jóvenes y becerros. UCLV, (1990-1996).
  - Jefe de un proyecto nacional de Ciencia y Tecnología “Evaluación integral del sorgo en la producción de carne, huevos y leche”. UCLV, (1993-1999).
  - Jefe de un proyecto territorial de Ciencia y Tecnología “Sistema Silvopastoril Multiasociado para la Producción de Carne Bovina”, (2005-2006).
  - Miembro del Proyecto Nacional Ramal “Ensilajes de granos o de biomasa integral de sorgo con leguminosas como método para elevar el valor nutritivo. Contribución a la producción de leche y carne” (2006- ).
- Artículos publicados: Un total de 11 publicaciones en la Revista cubana de Ciencias Agrícolas (Web of Science), más de 30 en revistas Indexadas, más de 15 en las memorias electrónicas de Eventos Científicos internacionales y nacionales.
  - Trabajos presentados en eventos:
- Participación en más de 40 eventos científico-técnicos de carácter nacional e internacional, relacionados con las temáticas investigadas