

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS “CAMILO CIENFUEGOS”**

**ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES**

**“INDIO HATUEY”**

**Sustitución parcial del concentrado comercial por harina  
de sorgo y forraje fresco de arbustivas proteicas en cerdos  
mestizos en ceba**

**Autor:**

Ing. Rafael Herrera González

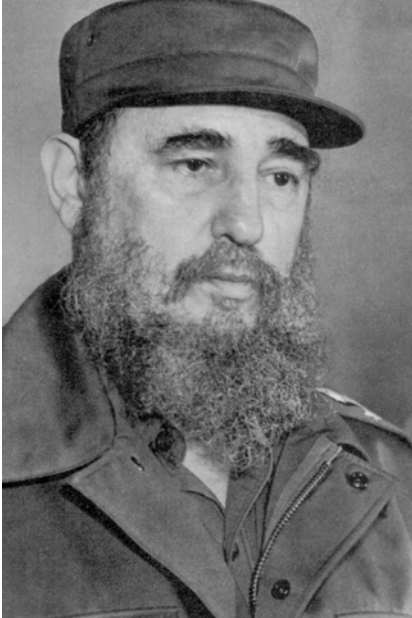
**Tutores**

Dr.C. Javier Arece García

Dr.C. Arístides Pérez Vargas

Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Pastos y Forrajes

Matanzas, 2012



*(...) ustedes tienen un problema muy serio por  
delante,  
y es ponerse a investigar y, cuando se pongan a  
investigar,  
van a descubrir una cosa muy interesante:  
que por cada diez interrogantes que no respondan  
aparecen diez más (...)*

*Fidel Castro Ruz*

*13 de marzo de 1963*

## DEDICATORIA

*A mis padres, que aunque físicamente no se encuentran a mi lado, siempre estarán presentes en cada batalla.*

*A mi esposa e hijos; a mis compañeros de trabajo y a los que de una forma u otra forma han contribuido a mi formación profesional y humana.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra grandiosa Revolución Cubana que nos educó, formó y nos dio la luz de la esperanza y el saber como hombres verdaderamente libres.

A los 5 compañeros prisioneros del imperio: Fernando, Gerardo, Ramón, Antonio y René, que simbolizan hoy los más puros ideales de nuestros próceres de la independencia y el legado de nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz.

A mi tutor el Dr.C. Javier Arece García por sus orientaciones y ayuda constante durante la realización de la presente tesis, también al Dr.C. Aristides Pérez por su oportuna contribución.

Al Comité Académico y al colectivo de profesores de la Maestría de Pastos y Forrajes, por el importante aporte que han realizado en mi formación científico-técnica.

A los doctores Hilda Wencomo, Félix Ojeda, Jesús Iglesias y a los masteres Yuván Contino, Yoel López, Onel López, Kirenia Hernández y Milagros Milera, por la consultaría aceptada para la confección de la presente obra científica.

Al técnico Amado Hernández y al obrero Félix González, por el apoyo material en la etapa experimental.

A los directivos y trabajadores de la Estación que han estado al tanto de nuestro avance, hoy convertido en resultado de investigación aplicado, en particular al Dr.C. Giraldo J. Martín Martín, quien ha sabido conducirnos en esta última etapa.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AA</b>	Ácidos grasos no esenciales
<b>AAE</b>	Ácidos grasos esenciales
<b>AGV</b>	Ácidos grasos volátiles
<b>C</b>	Concentrado
<b>Ca</b>	Calcio
<b>C-S</b>	Concentrado-sorgo
<b>C-S-T</b>	Concentrado-sorgo-tithonia
<b>C-S-M</b>	Concentrado-sorgo-morera
<b>CV%</b>	Coeficiente de variación
<b>DIVMS</b>	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la MS
<b>EM</b>	Energía metabolizable
<b>ES</b>	Error estándar
<b>FAD</b>	Fibra detergente ácida
<b>FB</b>	Fibra bruta
<b>FD</b>	Fibra detergente
<b>FDN</b>	Fibra detergente neutra
<b>g</b>	Gramo
<b>h</b>	Hora
<b>GMD</b>	Ganancia media diaria
<b>HCl</b>	Ácido clorhídrico
<b>ID</b>	Intestino delgado
<b>IG</b>	Intestino grueso
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kg<sup>0.75</sup></b>	Kilogramo del peso metabólico
<b>m</b>	Metro
<b>mg</b>	Miligramo
<b>MF</b>	Materia Fresca
<b>PV</b>	Peso vivo
<b>mm</b>	Milímetro
<b>MN</b>	Moneda nacional
<b>MS</b>	Materia seca
<b>msnm</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>P</b>	Fósforo
<b>PB</b>	Proteína a bruta
<b>PNA</b>	Polisacáridos no amiláceos
<b>PV</b>	Peso vivo
<b>R<sup>2</sup></b>	Coeficiente de determinación
<b>SD</b>	Desviación estándar
<b>Sign.</b>	Significación
<b>t/ha</b>	Tonelada por hectárea
<b>TGI</b>	Tracto gastrointestinal
<b>USD</b>	Dólar estadounidense (del inglés, <i>United States Dollars</i> )

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y económico de sustituir en cerdos de ceba, según los requerimientos, el 30% de la proteína bruta que aporta el concentrado comercial, mediante variantes de alimentación que incluyeron harina de sorgo y plantas forrajeras proteicas (*Morus alba* y *Tithonia diversifolia*). La investigación se efectuó en las áreas de producción de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey. Se utilizaron 44 cerdos distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos experimentales con 11 cerdos cada uno y peso promedio inicial de 26 kg. El grupo control (C) recibió solo concentrado comercial; el grupo concentrado-sorgo (C-S) dispuso de 70% de concentrado y 30% de harina de sorgo; grupo concentrado-sorgo-tithonia (C-S-T) recibió, 70% concentrado, 20% de harina de sorgo y un 10% de forraje fresco de tithonia y el grupo concentrado-sorgo-morera (C-S-M) 70% concentrado más 20% de harina de sorgo y un 10% de forraje fresco de morera. Los incrementos de peso vivo, el consumo de alimentos y la conversión alimenticia se determinaron con una frecuencia quincenal y al final de las investigaciones se realizó un análisis de factibilidad económica. El experimento se detuvo a los 108 días cuando los animales alcanzaron el peso de sacrificio. Las ganancias promedios acumuladas de los grupos, g/animal/día, C, 0,623y C-S, 0,625, mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0,01$ ) con respecto a los grupos C-S-T, 0,570 y C-S-M, 0,524 La conversión global por concepto del concentrado mostró valores entre 2,43 y 3,56 kg de concentrado/kg de incremento de peso, La conversión global Kg MS/Kg Peso vivo, fue 3,56 para C; 4,21 para C-S; 5,39 en C-S-T y 5,18 para C-S-M El costo total de la ración fue de 107,25; 128,92; 124,54 y 125,83 para C, C-S, C-S-T y C-S-M, respectivamente, lo cual permitió ahorros de 21,75 USD por cerdo cebado según los precios actuales del concentrado nacional. Se concluye que la inclusión de la harina de sorgo como recurso energético y su combinación con forraje de plantas forrajeras proteicas constituye una alternativa viable para la porcicultura cubana.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática del tracto gastrointestinal del cerdo. ....	18
Figura 2. División anatómica del estómago del cerdo.....	20
Figura 3. Representación esquemática de los carbohidratos dietéticos, fibra y polisacáridos no amiláceos (PNA). .....	25
Figura 4. Comportamiento del peso vivo (PV) de los animales en los tratamientos experimentales.....	36
Figura 5. Ganancia de peso de los animales (GMD) en cada tratamiento experimental. ....	37
Figura 6. Cumplimiento de los requerimientos de proteína bruta (PB) en los tratamientos experimentales.....	40
Figura 7. Consumo de Materia Seca (MS) de los cerdos durante el periodo experimental.....	41
Figura 8. Consumo de Energía Metabolizable (EM) de los cerdos durante el periodo experimental. ....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de aminoácidos y N promedio de variedades de morera y la pasta de soya.....	11
Tabla 2. Análisis bromatológico del forraje de <i>T. diversifolia</i> . ....	13
Tabla 3. Composición química (% de MS) del sorgo.....	18
Tabla 4. Composición de las formulaciones (A y B) de concentrado comercial suministradas a los animales durante el período experimental. ....	31
Tabla 5. Peso vivo promedio y coeficiente de variación de los animales en cada grupo experimental. ....	32
Tabla 6. Aporte de proteína bruta (PB, %) de los alimentos utilizados en los tratamientos.....	33
Tabla 7. Ecuaciones de regresión del comportamiento del peso vivo de los animales en cada tratamiento. ....	37
Tabla 8. Indicadores productivos del periodo experimental para cada tratamiento. ....	43
Tabla 9. Costo de los alimentos ofrecidos en la etapa experimental. ....	44
Tabla 10. Consumo de alimentos para un cerdo en cada grupo durante el periodo experimental.....	45
Tabla 11. Costo total de la ración en moneda nacional (MN) y divisas (USD). ....	45



## ÍNDICE GENERAL

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>6</b>
1. 1 Antecedentes	6
1.2 <i>Morus alba</i> (morera)	7
1.2.1 Descripción de la morera	7
1.2.2 Estudios agronómicos	9
1.2.3 Calidad nutritiva	9
1.2.5 Composición de aminoácidos	10
1.3 <i>Tithonia diversifolia</i> (tithonia, girasolillo)	11
1.3.1 Origen y distribución	11
1.3.2 Producción de biomasa	12
1.3.3 Características nutricionales	12
1.3.4 Usos	13
1.4 <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench (sorgo)	14
1.4.1 Origen e importancia del sorgo	14
1.4.2 Clasificación taxonómica y descripción del género	14
1.4.3 Morfología	15
1.4.4 Situación del sorgo a nivel mundial y en Cuba	16
1.4.5 Empleo del sorgo como alimento energético en la dieta animal	17
1.5 Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal (TGI) del cerdo	18
1.5.1 Generalidades	18
1.5.1 La boca	19
1.5.2 La faringe y el esófago	19
1.5.3 El estómago	19
1.5.4 El intestino delgado	21
1.5.5 El intestino grueso	22
1.6 La fibra en la dieta de los cerdos	24
1.6.1 Composición química de la fibra de la dieta	25
1.6.2 Importancia nutricional de la fibra en la dieta	26
1.6.3 Papel de la fibra en la fisiología digestiva de los cerdos	26
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</b>	<b>30</b>
2.1 Ubicación y clima	30
2.2 Instalaciones	30
2.3 Alimentos	30
2.4 Animales	32
2.5 Diseño y tratamientos	32
2.6 Procedimiento experimental y mediciones	33
2.7 Análisis estadístico	34
2.8 Análisis de la factibilidad económica	34
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>46</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>47</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>61</b>

## **INTRODUCCIÓN**

En el trópico latinoamericano, la baja productividad del ganado está relacionada directamente con la poca disponibilidad de alimentos y el pobre valor nutritivo que presentan, por lo que la productividad ganadera se eleva cuando se dispone de insumos suficientes y un adecuado valor nutritivo, de manera que permitan satisfacer los requerimientos de los animales (Sánchez, 2002).

Como resultado de la actual situación económica, los países en vías de desarrollo están obligados a generar alternativas en el campo de la alimentación que les permitan satisfacer las necesidades crecientes de la población. Es por eso que en estos países están emergiendo modelos agropecuarios basados en el aumento de la producción, mediante la reducción de la dependencia de insumos externos, no solo con vistas a disminuir los costos e incrementar los beneficios económicos por unidad de área, sino también para estar en armonía con el ambiente.

En el caso particular de las explotaciones porcinas, entre los principales problemas que afrontan los sistemas de producción, basados en el confinamiento de los animales, se encuentra la necesidad de suministrar alimentos que cubran los requerimientos tanto en cantidad como en calidad.

En la actualidad, prevalece la utilización exclusiva de alimento concentrado, elaborado a base de granos de cereales y de tortas de oleaginosas; ello origina que los costos de producción se incrementen de manera considerable y que compitan con la alimentación del hombre.

El alimento concentrado representa del 70 al 80% de los costos de producción, por lo que una reducción en dichos costos, mediante una correcta administración de este insumo, permitirá obtener una mayor utilidad económica para los productores y obtener niveles rentables y óptimos de producción, aspectos que constituyen los objetivos de esta tesis.

El uso de fuentes de alimentos fibrosos no tradicionales en la alimentación de los cerdos es una alternativa viable para sustituir, en parte, los piensos comerciales, ya que estos han aumentado considerablemente su costo como consecuencia de la producción de biocombustibles y de la crisis económica mundial.

Estas materias primas pueden sustituir importaciones y reducir la competencia con la alimentación humana; sin embargo su empleo constituye un reto, tanto para los nutricionistas como para los

pequeños y medianos productores, en la búsqueda de soluciones para lograr producciones avícolas, porcinas y cunículas económicamente sostenibles y eficientes (Nieves, 2005).

El uso de forrajes en la alimentación de los cerdos permite obtener ventajas nutricionales y fisiológicas. Estos constituyen una buena fuente de vitaminas y minerales, además de provocar un sentimiento de saciedad y, por consiguiente, una reducción del período de hambre (Vestergaard, 1997).

Esta práctica se realiza en algunas regiones tropicales, donde la cría de cerdos es libre y sin cuidados especiales, con la utilización de excedentes de cosecha y de algunas especies forrajeras (Gómez, 1997).

Incluir especies leñosas forrajeras en las dietas de los cerdos ha constituido uno de los retos más importantes en los últimos 25 años. En la actualidad existe un buen número de opciones y mayores conocimientos zootécnicos que permiten diseñar la mejor manera de emplearlas (Savón,*et al*, 2005).

Hernández y Babbar (2001) señalan que las plantas leñosas desempeñan un importante papel en la sostenibilidad de los sistemas porque aportan sombra y alimento fresco al ganado. Además, protegen los cultivos contra el viento y de la escorrentía; pueden ser usados como combustible y material de construcción; no permiten el escape de carbono y reciclan nutrientes de forma natural.

Ly (2005), al recapitular sobre los avances logrados en este tema, señala que el mayor interés se ha centrado en sustituir con las leñosas forrajeras, al menos, una parte de la proteína requerida para el buen desarrollo de los cerdos, con el interés de abaratar costos e independencia en las fuentes de abastecimiento.

Existen aspectos que se deben tener en cuenta antes de introducir estos alimentos en la dieta de los animales, que son fundamentales para utilizar la fibra de manera eficiente como son: su valor nutritivo y caracterización que incluye el origen, composición química, su estructura morfológica, propiedades físico-químicas, así como el contenido de factores antinutricionales que posibilitan determinar la calidad, a la vez que intervienen en los procesos fisiológicos y metabólicos y como consecuencia en la respuesta productiva de los cerdos (Savón, 2002)

En este sentido, se le ha prestado particular atención al empleo de la morera (*Morus alba* Lin) y la tithonia, (*Thitonia diversifolia*) por sus reconocidos valores bromatológicos y la adaptación que presentan a los cortes frecuentes y rendimientos.

En este sentido, la especie *M. alba* sobresale en Cuba por su excelente capacidad de producción de biomasa, composición química (Duke, 2001), alta degradabilidad (González *et al.*, 1998), adaptabilidad a diversas condiciones de clima y suelo (Datta, 2002), perennidad ante el corte (Martín *et al.*, 2002) y disponibilidad de materia seca (Benavides, 1994).

El uso principal de la morera a nivel mundial ha sido como alimento del gusano de seda; de ahí que la mayoría de las investigaciones realizadas en esta planta hayan estado orientadas a su producción en la sericultura.

A partir de la década de los 80 en América Central comenzó a evaluarse su potencial forrajero y se recomendó su uso en sistemas de corte y acarreo para ovinos, caprinos, bovinos y en la alimentación de monogástricos (Benavides, 1994).

El árbol maravilla, girasol mexicano, falso girasol, crisantemo de Nitobe, Quil Amargo, Wild Sunflower (Nash, 1976; Cairns, 1996) son algunos de los nombres con los que se identifica a *T. diversifolia*, planta de la familia *Asteraceae*, la cual se encuentra en las áreas tropicales y subtropicales del planeta y posee casi 15 000 especies distribuidas por todo el mundo.

La tithonia posee diez especies en Centroamérica y es comúnmente aceptado que su centro de origen es América Central o México, aunque no se descarta que lo sea América del Sur.

Roig (1974) observó y clasificó esta planta en Cuba y en el medio rural cubano se conoce como margaritona o árnica de la tierra (Roig, 1974), pero en los últimos tiempos, dada su distribución acelerada, se identifican otros nombres como girasolillo y el propio tithonia.

También ha sido reportada en Las Filipinas y Kenia (Wanjau *et al.*, 1998), India, Ceilán, en el Sur de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia y Venezuela (Martínez, 1979; Ríos, 1993), con diversos nombres y usos, incluida la nutrición animal.

Los estudios sobre la respuesta productiva de los animales que consumen forraje u otros alimentos derivados de la tithonia son aún muy incipientes.

En Colombia y otros países del área tropical es una práctica común el uso del follaje en la alimentación de conejas de cría y animales de ceba. El follaje se mezcla con concentrado y pasto de corte en la fase

de adaptación de los alimentos y posteriormente se utiliza como fuente alternativa de proteína. (Rosales, 1992; 1996; Ríos y Salazar, 1995; Ríos, 1999).

Rodríguez y Navarro (citados por Rodríguez, 1990) informan que los bovinos, las cabras, las ovejas, los cuyes y los conejos consumen bien este forraje sin necesidad de ser troceado, hasta un diámetro de tallo de 1,0 a 1,5 cm, especialmente cuando se suministra tierno, alrededor de 50 días de edad, en la cual presenta un buen valor nutricional.

En Cuba, el desarrollo de altas producciones de sorgo constituye una alternativa viable para solucionar el obstáculo que frena el crecimiento de las producciones ganaderas: la base alimentaria.

El sorgo puede ser utilizado para incrementar el valor alimenticio de las raciones. Su composición bromatológica lo convierte en una fuente energética y proteínica de alta calidad nutricional en la crianza y engorde de los animales (Pérez *et al.*, 2010).

Las producciones porcinas que se desarrollan con sistemas de explotación con tecnologías muy avanzadas incluyen altos volúmenes de cereales y fuentes proteínicas, que por lo general no se producen en cantidades suficientes y rentables en los países en vía de desarrollo, lo que genera una fuerte dependencia de las materias primas importadas (Argenti y Espinosa, 2000).

Acuero *et al.* (1983) y Saucedo *et al.* (2008) señalan que la sustitución parcial o total del maíz por sorgo puede incrementar las ganancias de peso vivo.

Tanto la panícula ensilada como el grano seco o ensilado de sorgo pueden ser utilizados como fuentes principales de energía en la alimentación de los cerdos en crecimiento y ceba (Marrero *et al.*, 2008).

Neumann *et al.* (2002) demostraron que la utilización de *Sorghum bicolor* en ensilajes mixtos representa un menor costo de producción y es una alternativa técnicamente recomendable para los sistemas de producción que presentan deficiencias de áreas de cultivo.

Teniendo en cuenta los antecedentes existentes con el uso de forraje fresco en la dieta porcina y la importancia nutricional de algunas especies leñosas forrajeras ampliamente estudiadas, se trazó la siguiente hipótesis de trabajo:

La sustitución en las dietas de cerdos mestizos en ceba, del 30% de la proteína bruta del concentrado comercial por harina de sorgo, *Sorgum bicolor*, o por una combinación de 20% de harina de sorgo más el 10% de forraje fresco de forrajeras proteínicas, *Tithonia diversifolia* o *Morus alba*, no afecta los indicadores productivos y económicos

El objetivo general fue

Evaluar los indicadores productivos y económicos de cerdos en ceba cuando se sustituye el 30% de la proteína bruta del concentrado comercial por harina de sorgo, o por una combinación de 20% de harina de sorgo más el 10% de forraje fresco de forrajeras proteínicas, tithonia o morera.

Los objetivos específicos fueron:

1. Evaluar las respuestas productivas en cerdos mestizos, cuando se sustituye el 30% de la proteína bruta del concentrado comercial en la ración por:
  - Harina de sorgo
  - Una combinación de 20% de harina de sorgo más un 10% de tithonia fresca
  - Una combinación de 20% de harina de sorgo más un 10% de morera fresca
2. Evaluar los indicadores económicos de las raciones no convencionales con respecto al concentrado comercial.

## **CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1. 1 Antecedentes**

La agricultura debe contribuir a la satisfacción de las necesidades alimenticias y de otros bienes agrícolas de la población actual y futura. Para esto se requiere emplear sistemas de producción con altos índices de productividad y elevada eficiencia en el uso de los recursos disponibles, pero a su vez es imprescindible que estos reduzcan el impacto en la diversidad biológica y en la calidad del ambiente.

Los recursos alimentarios tropicales, como las raíces, los tubérculos, las palmas aceiteras, las leñosas forrajeras y las plantas acuáticas presentan un alto potencial para la producción en nuestras condiciones, y son proveedores de importantes cantidades de energía y proteína imprescindibles para la nutrición animal y humana.

D 'Mello (1992) consideró las fuentes foliares como una de las alternativas más viables para sustituir, parcialmente, los alimentos convencionales a base de cereales para los animales en el trópico, entre ellos los cerdos.

La especie porcina está considerada como la de mayor plasticidad para adecuarse a nuevos arreglos alimenticios, por su alta eficiencia en la conversión de los nutrimentos (Figuerola, 1996).

La tendencia actual en la alimentación animal, sobre todo en los países del trópico, es utilizar forrajes de origen arbustivo o arbóreo. Estas propuestas se estimulan debido a los incrementos de los precios de los granos de cereales y oleaginosas, lo que además de incrementar los costos de producción animal, tiene el inconveniente de competir con la alimentación humana (Nieves, 2005).

Hernández *et al.* (1998) y Nieves (2005) consideran que la utilización de componentes arbóreos y herbáceos como recurso forrajero es una estrategia válida en los sistemas de producción sostenibles.

Se han realizado muchas investigaciones sobre sistemas sostenibles vinculados a la producción de forrajes para rumiantes como ovejas (Premaratne *et al.*, 1998 y García *et al.*, 2008), cabras (Wambui *et al.*, 2006 y Eugenio *et al.*, 2008) y búfalos (Premaratne, 1990), mientras que se ha avanzado poco con especies monogástricas, debido, en parte, a la condición digestiva, la cual no les permite degradar altas cantidades de fibra.

Sin embargo, en Cuba las investigaciones que conducen a emplear de manera sistemática las plantas leñosas forrajeras en la alimentación de los cerdos todavía están en proceso de ejecución y existe un buen número de incógnitas por resolver antes de proponer su utilización a gran escala (Ly, 2005).

Savón *et al.* (2002) afirman que para la inclusión de alimentos fibrosos, como las harinas de forraje en las dietas de los monogástricos, es necesario la caracterización de su fracción “fibra”, la cual incluye la composición química, la estructura de sus paredes celulares, el origen, la naturaleza y las propiedades físicas que permiten determinar la calidad de los alimentos fibrosos y predecir sus efectos en los procesos fisiológicos y metabólicos del organismo.

En cerdos, los forrajes de hoja ancha surgen como una alternativa alimentaria debido a su alta y fácil producción de biomasa, la amplia distribución en el trópico, la diversidad de especies y la composición química, que, a diferencia de las gramíneas, tienen menor contenido de fibra, buen por ciento de proteína bruta y algunas poseen escasos factores antinutricionales (Phuc *et al.*, 2000 y Dung *et al.*, 2002).

Se han realizado estudios con algunas plantas como fuentes no convencionales en la alimentación de los cerdos, tales como: batata o boniato (*Ipomoea batatas* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), morera (*M. alba*), nacedero (*Trichantera gigantea*) y girasolillo (*T. diversifolia*).

La utilización de estos recursos representa una importancia estratégica para el trópico y deben ser considerados en los sistemas integrados de producción porcina.

## **1.2 *Morus alba* (morera)**

### **1.2.1 Descripción de la morera**

Esta fue descrita por primera vez por Carl Von Linneus y presenta una gran capacidad para adaptarse a diferentes climas y altitudes.

La morera es una planta milenaria que, por ser una especie cosmopolita, se ha hecho extremadamente difícil situar con seguridad su origen; no obstante, varios autores señalan al Himalaya como el lugar más probable (Sánchez, 2001).



Esta especie perenne, de fácil propagación, rápido crecimiento y alto vigor, ha sido utilizada por más de 5 000 años para alimentar el gusano de seda (*Bombyx mori*).

La morera pertenece al orden de las Urticales, familia *Moraceae* y género *Morus*. Los rangos climáticos para su cultivo son: temperatura de 18 a 38°C, precipitación de 600 a 2500 mm, fotoperiodo de 9 a 13 horas/día y humedad relativa de 65 a 80%. Se cultiva desde el nivel del mar hasta 4 000 m de altitud y se reproduce por semilla, estaca, acodo e injerto (Ting-Zing *et al.*, 1988).

González (1996) considera que son dos las especies de morera de mayor interés, *Morus nigra* y *M. alba*.

En Europa el moral o morera negra (*M. nigra*) se utilizó a comienzos del siglo XV para la alimentación del gusano de seda. En la actualidad se cultiva y su uso ha quedado limitado al aprovechamiento de sus frutos jugosos y sus hojas en pequeña escala

La morera blanca (*M. alba*) ha sido empleada exclusivamente en sericultura en todos los países sederos. Es un árbol de origen asiático, de menor desarrollo que *M. nigra*, y sus hojas son más delgadas, de color claro y casi lampiñas, a diferencia del moral que presenta hojas verde oscuro, pubescentes y ásperas.

En general, los frutos de la morera blanca son de color blanco o rosado y están provistos de pedúnculo; en tanto que los del moral son rojizos oscuros, casi negros y carecen de pedúnculos. Sin embargo, la denominación de morera blanca o negra no corresponde, como pudiera creerse, al color del fruto sino a otros caracteres, como el color de la madera, ya que hay variedades de morera blanca que dan el fruto morado como la variedad Valenciana, negro como la variedad Cristiana o blanco como la variedad Moscalla

Su introducción en Cuba data del siglo XIX; en la década del 30 del siglo pasado se realizaron esfuerzos para desarrollar un programa de sericultura en Cuba y con ello el cultivo de la morera; este programa, por causas aún no esclarecidas, no tuvo un feliz término y desaparecieron muchas áreas de morera que se habían establecido en el país (Fernández, 1935).

Además se le confiere una significativa importancia como árbol ornamental; sombra en cafetales, pastizales y áreas naturales; fuente de materia prima para la obtención de tejidos a partir de la fibra de su corteza y para la confección de papel; así como madera para accesorios deportivos, mueblería e

implementos agrícolas. El cultivo de la morera contribuye al control de la erosión del suelo. También se ha reportado como planta comestible a partir del consumo de sus hojas tiernas.

Se considera como una planta medicinal, con cualidades diuréticas y expectorantes y se emplea, además, para reducir la presión y el azúcar en sangre. Se destacan también las posibilidades de empleo de *M. nigra* y *M. alba* en la industria vinatera y como colorante de productos alimenticios y confituras (Benavides, 1999).

### **1.2.2 Estudios agronómicos**

Los estudios agronómicos indican que la producción de biomasa total y comestible de la morera depende de la época del año y de la fertilización nitrogenada.

Las variedades Acorazonada y Tigreada presentan un mejor comportamiento con una frecuencia de corte de 60 días en el período lluvioso y la variedad Indonesia a los 90 días en el poco lluvioso.

La fertilización nitrogenada no debe ser inferior a 300 kg/ha/año, y puede ser aplicada con formas químicas y/o orgánicas.

La aplicación de biofertilizantes, como el *Azotobacter* combinado con materia orgánica, estimula de manera significativa la producción de biomasa total y comestible, la cual puede alcanzar valores entre 10 y 12 t de MS/ha/año en biomasa comestible (70% solo hojas) y entre 25 y 30 t de MS/ha/año en biomasa total (Martín, 2004).

Con la aplicación del follaje como abono verde de *Albizia lebbbeck* y *Gliricidia sepium*, se logran mayores rendimientos de biomasa comestible, cuando se aplica el 100% del follaje de la albizia al suelo (Pentón y Reyes, 2004), y un incremento de la fauna edáfica, y en particular de la comunidad de invertebrados (Sánchez y Reyes, 2003).

### **1.2.3 Calidad nutritiva**

En varios países se emplea como suplemento proteínico para diferentes especies de animales y se ha impuesto como un recurso forrajero de gran aceptación entre quienes desarrollan y promueven los sistemas agroforestales sostenibles de producción.

Su forraje ha mostrado tener vastas posibilidades de empleo en las dietas de los animales. Se

caracteriza por una elevada digestibilidad de la MS (75%-85%) y un excelente nivel de proteína (15-28% de PB), comparables con los de cualquier concentrado comercial (Ojeda, 2005).

En general, los valores de proteína pueden ser considerados similares a la mayoría de los forrajes de leguminosas. La fracción fibrosa es baja, comparada con otros forrajes tales como: *Medicago sativa*, *Digitaria decumbens* y el pasto elefante (Van Soest, 1992).

En su conjunto, las hojas de la especie se caracterizan por presentar una composición química superior a la de los pastos tropicales y subtropicales, los tallos no lignificados presentan un mejor potencial nutricional que los encontrados en las hojas de los pastos característicos del trópico (Shayo, 1997 y Boschini, 2002).

La PB de la hoja de morera tiene una digestibilidad *in vivo* de 90% (Jegou *et al.*, 1994) y altos contenidos de nitrógeno, potasio y calcio, que llegan a 3,35; 2,0 y 2,5% para cada indicador.

La calidad del follaje se afecta por factores ambientales. En la costa del Pacífico de Costa Rica, con alta luminosidad y elevadas temperaturas, la PB y la DIVMS de las hojas se redujeron a un 15,1 y 71,5%, en comparación con sitios más elevados, de más nubosidad y menor temperatura, 24,8 °C y 74,9% (Espinoza, 1996).

Debido a su poca fibra y al alto nivel de carbohidratos el follaje de morera puede ensilarse sin aditivos, con un patrón láctico de fermentación y pocas pérdidas en PB (entre 16 y 21%) y entre 66 y 71% de DIVMS para rumiantes, indicadores superiores a los obtenidos en los ensilajes fabricados con gramíneas tropicales (Vallejo, 1995; González, 1996).

En un ensayo realizado por Trigueros y Villalta (1997) con cerdos en crecimiento, donde sustituyeron un concentrado comercial hasta por el 20% de harina de hoja de morera, obtuvieron que el mejor nivel de sustitución era el 15%. Este nivel incrementó las ganancias diarias de 680 g, con solo concentrado, hasta 740 g, con mejor rentabilidad

### **1.2.5 Composición de aminoácidos**

En la tabla 1 se presenta una comparación entre la composición de aminoácidos y el contenido de N promedio de 119 variedades de morera cultivadas experimentalmente en Japón, con respecto a la pasta de la *Glycine max* (soya).

Los aminoácidos esenciales fueron más del 46% de los aminoácidos totales, semejante a la pasta de soya.

Los 204,3 mg de aminoácidos por gramo de proteína son equivalentes a 3,47% de N, lo cual representa el 80% del total de N en las hojas de morera. El triptófano no fue incluido en el análisis.

Estos resultados indican que existe una buena aproximación entre los aportes de aminoácidos obtenidos cuando se ofrece morera en comparación con la pasta de soya, desde el punto de vista nutricional (Machii, 1989).

Tabla 1. Composición de aminoácidos y N promedio de variedades de morera y la pasta de soya.

Compuesto	Torta de soya Contenido (mg/g MS)	Torta de soya % <sup>1</sup>	Morera Contenido (mg/g MS)	Morera SD	Morera % <sup>1</sup>
AA no esenciales	n.d. <sup>2</sup>	n.d. <sup>2</sup>	108,93	n.d. <sup>2</sup>	53,3
AA esenciales (AAE)					
Lisina	32,92	6,7	12,33	2,58	6,0
Metionina	7,30	1,5	2,99	0,61	1,5
Treonina	20,34	4,1	10,52	1,75	5,2
Valina	26,29	5,3	12,83	2,17	6,3
Isoleucina	26,85	5,4	10,04	1,88	4,9
Leucina	39,55	8,0	19,45	3,10	3,1
Tirosina	14,38	2,9	7,40	1,39	3,6
Fenilalanina	25,51	5,2	12,26	2,06	6,0
Histidina	12,92	2,6	4,61	0,82	2,3
Triptófano	6,97	1,4	n.d. <sup>2</sup>	-	-
Total de AAE	213,03	43,1	92,43 <sup>3</sup>	-	45,3
Amoniaco (NH <sub>3</sub> )	n.a. <sup>2</sup>	-	2,89	0,54	1,4
Total (AA + NH <sub>3</sub> )	494,38	100	204,25	-	100
Nitrógeno %	7,91	-	4,36	9,63	-

<sup>1</sup> Porcentaje de los aminoácidos en el total de aminoácidos más amoníaco).

<sup>2</sup> No disponible <sup>3</sup> Sin triptófano

Fuente: Machii (1989) y NRC (1998)

### 1.3 *Tithonia diversifolia* (tithonia, girasolillo)

#### 1.3.1 Origen y distribución

*T. diversifolia* es una planta herbácea perteneciente a la familia *Asteraceae*, originaria de Centro América. Su altura oscila entre 1,5 y 4,0 m, posee hojas con bordes aserrados y pedúnculos que pueden variar de 5,0 a 20 cm de largo. Su inflorescencia se presenta en capítulos y es de color amarillo (Nash, 1976).

En la actualidad se encuentra distribuida en la zona tropical; se tienen reportes del Sur de México, Venezuela y Colombia (Ríos, 1993); Cuba (Roig y Mesa, 1974) y Kenia y Filipinas (Wanjau *et al.* 1998).

En Colombia se le conoce como botón de oro, en Cuba se denomina margaritona o girasolillo; en Guatemala, quil amargo y en otras regiones, wild sunflower (Nash, 1976 y Cairns, 1996).

Existen evidencias de que acumula en sus hojas tanto nitrógeno como las leguminosas. Esta planta presenta altos niveles de calcio y fósforo, recupera escasos nutrientes del suelo, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad del suelo, es muy ruda y puede soportar la quema y la poda a nivel del suelo (Wanjau *et al.*, 1998). Otras características es el rápido crecimiento y la baja demanda de insumos y manejo para su cultivo (Ríos, 1998).

### **1.3.2 Producción de biomasa**

Es una especie con buena capacidad de producción de biomasa, esta puede variar de 30 a 70 t/ha de forraje verde, en dependencia de la densidad de siembra, el suelo y el estado vegetativo (Mahecha y Rosales, 2005).

Ríos (1998) reportó una producción potencial de forraje de 31,46 t/ha en densidades de siembra de 0,75 x 0,75 m y una producción potencial de 21,16 t/ha en densidades de 1,0 x 0,75 m, sin diferencias significativas entre estas distancias. No obstante, mencionó que es posible obtener un mayor rendimiento por unidad de área en la densidad de 0,7 x 0,75 m, aunque se podrían correr los riesgos fitosanitarios inherentes a esta forma de cultivo.

### **1.3.3 Características nutricionales**

Navarro y Rodríguez (1990), en una evaluación para determinar el contenido de nutrientes de tithonia en cinco estados de desarrollo, encontraron que la materia seca (MS) varió desde 14,1 a 23,25% y la PB osciló entre 14,84-28,51%; los valores más bajos de proteína se encontraron en estados avanzados de la floración (89 días); los menos avanzados, en estado de crecimiento (30 días) y los más altos, en prefloración (50 días). El contenido de extracto etéreo varió en dependencia de su estado vegetativo de 1,93 a 2,43%.

Los contenidos de proteína se encuentran dentro del rango reportado por Devendra (1992), para hojas de 12 especies de árboles (14-36,6%) y por Benavides (1994), en un conjunto de datos compilados de 24 especies arbóreas y 22 arbustivas (10,9 a 42,4%).

Si se compara el valor promedio de PB con los encontrados por Rosales (1996), en tres de las especies arbóreas más utilizadas para la alimentación de rumiantes en Colombia, *G. sepium* (14,7%), *Leucaena leucocephala* (22,2 %) y *Erytreina poeppigiana* (21,4%), podría considerarse que su contenido proteínico se encuentra en un rango alto dentro de las especies forrajeras utilizadas para la alimentación de rumiantes. En la tabla 2 se refleja algunas de las características físico-químicas de la tithonia.

Tabla 2. Análisis bromatológico del forraje de *T. diversifolia*.

Indicadores	(% de MS)
Calcio	0,80
Fósforo	0,40
FDN	37,57
PB	16,73
Humedad, % en MF	81,19

Fuente: Mahecha *et al.* (2007).

#### 1.3.4 Usos

En Colombia se utiliza como cerca viva, flora para apicultura, planta ornamental, en silvopastoreo de ganado bovino y como forraje en la alimentación de cerdos, ovejoes, conejos, bovinos y búfalos. Sin embargo, existen reportes sobre su uso en otros países como atracción de insectos benéficos en cultivos, antiparasitario para animales, paja para cama en ganadería y abono verde en cultivos, siendo este último el uso más difundido (Mahecha y Rosales, 2005).

Su utilización en la alimentación animal ha ido en aumento en los últimos años (Mahecha, 2002).

Se ha reportado su uso en vacas (Mahecha y Rosales, 2005), ovejas (Premaratne *et al.*, 1998), búfalos (Premaratne, 1990) y cabras (Wambui *et al.*, 2006).

Botero (2008) y Mahecha y Rosales (2005) resaltan el potencial de la tithonia como forrajera, pues sin ser leguminosa presenta un forraje de alto valor nutritivo, con altos contenidos de proteína, minerales, alta digestibilidad de la materia seca, presencia de aceites tanto en hojas como en las flores y un porcentaje de azúcares totales del 39,8%.

Estos autores llegaron a la conclusión de que el uso de esta planta como reemplazo parcial del alimento concentrado en vacas Holstein × Cebú no altera la producción ni la composición de la leche, cuando se utilizó hasta un 35% de reemplazo y señalaron que los consumos totales del forraje de tithonia ofrecido a los animales, tanto en la época seca como en la época de lluvias, muestra una aceptación favorable por los animales, lo cual coincide con Vargas (1996), quién al suplementar carneros con el 50% y 100% de la dieta básica por forraje de tithonia; encontró consumos de 0,868 kg/d y 1,67 kg/d en base fresca, respectivamente.

Premaratne *et al.* (1998) al comparar el uso de la tithonia con *L. leucocephala* y *G. sepium* en la alimentación de ovejas encontró que la tithonia tuvo la mejor respuesta en términos de consumo (55,5; 54,9 y 55,0 g/kg<sup>0.75</sup>, respectivamente), una mayor tasa de crecimiento, una eficiencia en la producción de biomasa microbial y un aporte extra de proteína.

Wambui *et al.* (2006), al suplementar cabras con forraje de *T. diversifolia*, *Calliandra calothyrsus* y *Sesbania sesban*, informaron los mayores consumos de forraje con tithonia (154, 146, 145 g/kg<sup>0.75</sup>, respectivamente).

#### **1.4 *Sorghum bicolor* L. Moench (sorgo)**

##### **1.4.1 Origen e importancia del sorgo**

El origen de este cultivo ha sido discutido a través de los años, ya que se plantea que procede del noreste de África, en la región ocupada por Etiopía, aunque se ubicó inicialmente en la India.

Se introdujo en América en el siglo XVIII, donde muchas especies distintas se cultivan de forma esporádica en diferentes países y se considera que los sorgos actuales son híbridos de esas introducciones o de mutantes que han aparecido.

Este cultivo tiene gran importancia a escala mundial, pues está comprobado que puede sustituir cereales como el trigo y el maíz en la mayoría de sus usos, tanto en la alimentación humana como en la producción de forraje o grano para la ceba de animales, y también en la industria ya que posee un alto potencial de producción de granos y buenas perspectivas de contribución al desarrollo de la agricultura.

##### **1.4.2 Clasificación taxonómica y descripción del género**

La clasificación taxonómica del sorgo, según Wikipedia (2012), es la siguiente:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Subfamilia: *Panicoideae*

Tribu: *Andropogoneae*

Género: *Sorghum* Moench, 1974

El sorgo se conoce con varios nombres: mijo grande y maíz de guinea en África occidental, kafir en África austral, duro en el Sudán, mtama en África oriental, iowar en la India y kaoliang en China (Duke, 1983).

Se le denominó sorgo por la capacidad de crecer hasta alcanzar una altura elevada, el nombre procede del latín *surgere*.

### **1.4.3 Morfología**

El sorgo tiene hábito y fisiología vegetal (metabolismo de las plantas C<sub>4</sub>) similares a los del maíz (*Zea mays*).

Presenta inflorescencias en panojas; las flores tienen estambres y pistilos y cada panícula puede contener de 400 a 8 000 granos, con un valor energético aproximado de 1,08 Mcal/kg; comparado con el maíz es un más rico en proteínas, pero más pobre en materia grasa deficitaria en lisina.

Su semilla es gruesa, comprimida, oval y desnuda y presenta varios colores como café, azulado, negro, blanco, rojizo y amarillo, entre otros.

El color del grano varía desde un blanco traslúcido hasta un pardo rojizo muy oscuro, con gradaciones de rosado, rojo, amarillo, pardo y colores intermedios; sus semillas son esféricas y oblongas, de aproximadamente 3 mm de tamaño.

Es una planta que puede crecer desde 0 a 1 500 msnm, pero la mejor altura para su cultivo está entre 0 y 800 m.



Es una especie fotoperiódica, en Nicaragua García *et al.* (2003) reportaron respuestas acerca de las variedades fotonsensibles, y en El Salvador asocian el sorgo al maíz (DGEA, 2004).

Arias *et al.* (2004) plantean que si se asocia con soya representaría una opción ventajosa en Cuba, no sólo para mejorar la eficiencia de utilización de la tierra, sino también para promover una mayor calidad del forraje cosechado, sin afectar la producción del grano.

#### **1.4.4 Situación del sorgo a nivel mundial y en Cuba**

El sorgo tropical (*S. bicolor*) presenta una buena adaptabilidad y rendimientos aceptables, por lo que se le ha denominado “el cereal del siglo XXI”.

A nivel mundial, a principio de los 60, una gran producción de sorgo se empleaba directamente en la alimentación humana; mientras que en la actualidad la utilización de sorgo para el consumo animal se ha duplicado. En Cuba es muy utilizado en la agricultura urbana para evitar la incidencia de plagas (Rodríguez *et al.*, 2006).

El sorgo es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo, después del trigo, el arroz, el maíz y la avena (Pacheco, 1998).

Los principales lugares de producción de sorgo se encuentran en las regiones áridas y semiáridas de los trópicos y subtrópicos (Hidalgo, 1997; Doggett, 1998).

En África, una parte importante se destina al consumo humano, mientras que en América y Oceanía la mayor parte del sorgo producido se emplea para el consumo animal; por ejemplo, en la alimentación del ganado (Ostrowski, 1998; Salermo, 1998; Oramas *et al.*, 2002) y en aves de corral (Caballero, 1998a; Oramas *et al.*, 1998a; Gilbert, 1999). Además, es muy utilizado en otros países como materia prima en la almidonería y la industria alcoholera (Vitale *et al.*, 1998).

La demanda de sorgo se encuentra fuertemente concentrada en países tales como: Estados Unidos de América, con una producción de 11,9 millones de toneladas (Mt) de grano; India (9,5 Mt); Nigeria (7,5 Mt) y México (6,4 Mt), los cuales se consideran como productores líderes.

En Cuba el sorgo se ha consumido como alimento humano y animal durante los últimos 100 años, en zonas limitadas del país tales como Bejucal, Alquizar, Quivicán y otras (Oramas *et al.*, 2003).

Sus características de adaptabilidad en las condiciones edafoclimáticas de Cuba fueron estudiadas por Funes y Yepes (1978) y descritas por Machado y Menéndez (1979), quienes reportaron su buena plasticidad.

Se considera que este cultivo ofrece perspectivas favorables en relación con otros granos (Baffes, 1998), debido, en general, a que tiene menos requerimientos agrotécnicos; presenta una mayor plasticidad respecto a la época de siembra y el tipo de suelo (FAO-ICRISAT, 1997; ICRISAT, 1998; Niemeijer, 1998; Caballero, 1998b; Sánchez, 1998; Oramas *et al.*, 1998b).

#### **1.4.5 Empleo del sorgo como alimento energético en la dieta animal**

En Cuba, el desarrollo de altas producciones de sorgo constituye una alternativa viable para solucionar el gran obstáculo que frena el crecimiento de las producciones porcinas, avícolas y ganaderas: la base alimentaria.

Su contenido de celulosa, lignina y otros carbohidratos complejos en la fibra bruta lo convierten en una fuente energética y proteínica de alta calidad nutricional en la crianza y engorde de los animales. El exceso de energía se almacena en forma de grasa corporal, y este es el elemento más costoso en la producción porcina.

Acuero *et al.* (1983) y Saucedo *et al.* (2008) señalan que la sustitución parcial o total del maíz por sorgo puede incrementar las ganancias de peso vivo; mientras que Neumann *et al.* (2002) señalaron que cuando se utiliza *S. bicolor* en ensilajes mixtos, esto representa un menor costo de producción y podría ser una alternativa técnicamente recomendable para los sistemas de producción que presentan deficiencias de áreas de cultivo.

Tanto la panícula ensilada como el grano seco o ensilado de sorgo pueden ser utilizados como fuentes principales de energía en la alimentación de los cerdos en crecimiento y ceba (Marrero *et al.*, 2008). En la tabla 3 se muestra el valor nutricional del sorgo según FEDNA (2004).

Tabla 3. Composición química (% de MS) del sorgo.

Materia seca	FB	FND	FAD	EM (Mcal/kg)
< 20	32,39	60,28	36,84	2,21
20-25	31,17	58,32	35,63	2,20
25-30	30,13	56,88	33,94	2,19
30-35	29,10	55,43	33,06	2,21
>35	29,72	55,78	33,78	2,21

## 1.5 Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal (TGI) del cerdo

### 1.5.1 Generalidades

Ly (1979) señala que en comparación con otros animales de granja, el cerdo no posee un TGI con modificaciones anatómicas complicadas.

Se extiende desde la boca hasta el ano y su misión consiste en la ingestión y digestión de alimentos, la absorción de nutrientes y la eliminación de material sólido y gaseoso de desecho.

Está conformado anatómicamente por: boca, faringe, esófago, estómago, intestino delgado (ID), intestino grueso (IG) y glándulas anexas como el hígado y el páncreas (fig. 1); estas últimas participan en el metabolismo intermediario por la gran importancia de la bilis y el jugo pancreático en la digestión intestinal.

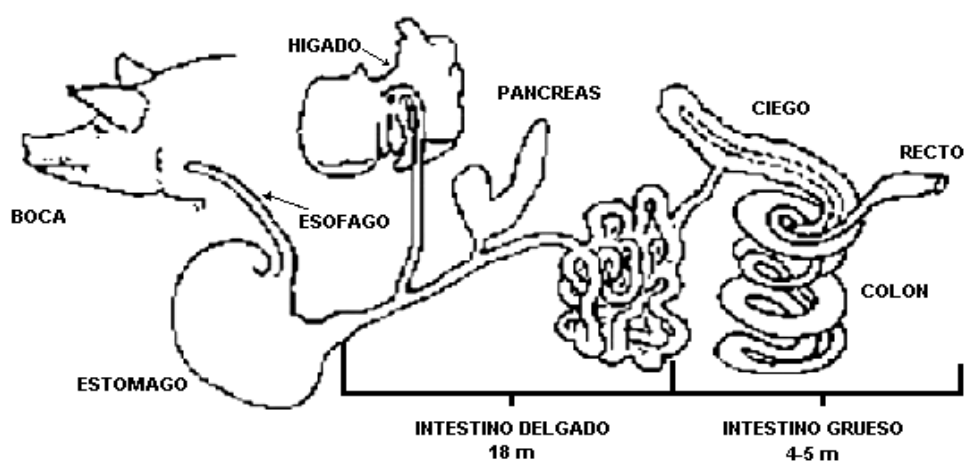


Figura 1. Representación esquemática del tracto gastrointestinal del cerdo.

Estos órganos, sin ser tan especializados como el de otros animales monogástricos herbívoros como el caballo y el conejo, son más complejos que el de otros omnívoros, como la rata, el hombre o los carnívoros.

### **1.5.1 La boca**

La boca es el vestíbulo del sistema digestivo, en ella ocurre la ingestión y comienza la digestión de los alimentos mediante los procesos de prensión, masticación-insalivación y deglución.

Estos procesos se realizan gracias a la presencia de órganos accesorios como las encías, los dientes, la lengua, los labios y las glándulas salivares (Álvarez *et al.*, 2004).

Su saliva, como en todos los mamíferos, contiene enzimas digestivas dentro de las cuales se destaca la alfa amilasa salival (ptialina), la cual desempeña, por su gran proporción, un papel importante en la digestión mediante la hidrólisis parcial de los almidones (Dihigo, 2005).

### **1.5.2 La faringe y el esófago**

La faringe es una cavidad muscular donde se cruzan el sistema digestivo y el respiratorio. Es corta y ancha, casi cónica y posee tres segmentos: bucal, nasal y laríngeo.

El esófago es un tubo muscular generalmente largo que conecta la faringe con el estómago.

La porción del estómago por donde se conecta el esófago se denomina cardias, el cual está formado por músculos circulares hipertrofiados que forman un esfínter, el cual se mantiene cerrado, excepto durante el momento de la deglución. Su relajación ocurre con la llegada de una información nerviosa involuntaria que permite el paso del bolo alimenticio (Álvarez *et al.*, 2004).

### **1.5.3 El estómago**

El estómago tiene forma diverticular; se divide en una pequeña región esofágica, una zona glandular cardial relativamente extensa que pertenece al área del extremo izquierdo, una zona fúndica amplia y una zona pilórica glandular en la curvatura menor (fig. 2).

Es un órgano cavitario voluminoso con una capacidad aproximada entre 5 y 8 litros, relativamente elevado para el tamaño corporal de la especie.

La región esofágica es blanda y glandular; la cardíaca se caracteriza por secretar un mucus no enzimático, cuya función es proteger físicamente y lubricar la mucosa gástrica.

La zona fúndica tiene tres tipos de células: parietales, que segregan ácido clorhídrico (HCl); principales, que secretan pepsinógeno, y células del cuello, que producen mucus.

La región pilórica se caracteriza por segregar mucina, la cual actúa como antiséptico (Dihigo, 2005).

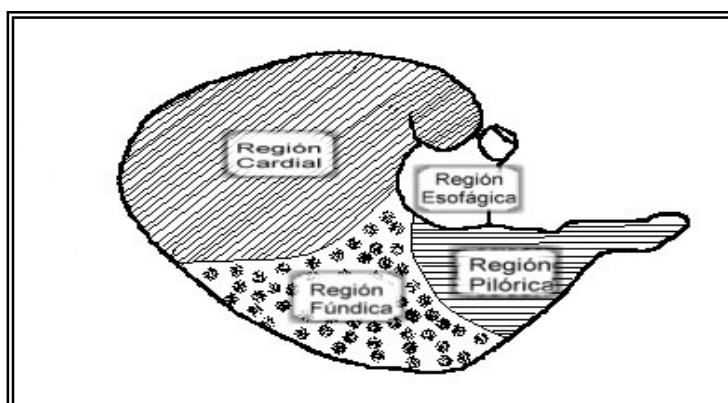


Figura 2. División anatómica del estómago del cerdo.

Según Álvarez *et al.* (2004), el jugo gástrico es el producto de la secreción de las glándulas gástricas, es un líquido incoloro, muy ácido y casi isotónico, compuesto por sustancias orgánicas e inorgánicas.

#### ❖ ***Sustancias orgánicas***

- Pepsina: Participa en la hidrólisis de las proteínas llevándolas a péptidos.
- Quimosina: Fermento que, bajo la acción del HCl u otro ácido, se convierte en esta enzima; su acción específica es coagular la leche.
- Lipasa gástrica: Enzima de gran importancia en los lactantes. Actúa en grasas de bajo peso de fusión y requiere de un pH no muy ácido o ligeramente neutro.
- Mucus gástrico: Protege el epitelio de la acción del propio jugo gástrico. Disminuye los efectos de sustancias cáusticas como el alcohol. La liberación de mucus es totalmente independiente de la secreción de enzimas y de agua.

### ❖ *Sustancias inorgánicas*

Campadbadal y Navarro (2000) y Álvarez *et al.* (2004) señalan que la sustancia inorgánica de mayor importancia en el jugo gástrico es el HCl, el cual interviene en varios procesos fisiológicos, entre ellos:

- Convierte el pepsinógeno en pepsina y provee el pH adecuado para su acción.
- Ataca el tejido conjuntivo, permitiendo la disociación de las fibras musculares y haciéndolas perder su estriación para ser disgregadas más tarde por la pepsina.
- Hidroliza ciertas cantidades de disacáridos desdoblándolas en glúcidos simples.
- Ejerce una potente acción antiséptica en el contenido gástrico e impide los fenómenos de putrefacción y de fermentación.
- Estimula la producción duodenal de colecistoquinina y secretina.

#### **1.5.4 El intestino delgado**

El proceso de digestión continúa en el intestino delgado (ID), gracias a la acción combinada del jugo pancreático y la bilis, en lo que se conoce como digestión luminal, la cual ocurre en el lumen o luz de este órgano; mientras que la digestión membranosa tiene lugar a nivel de la membrana luminal de los enterocitos (células que recubren internamente el intestino) (Álvarez *et al.*, 2004).

Este órgano mide de 15 a 20 m de largo, los primeros 60 cm constituyen el duodeno, el cual se continúa con el yeyuno y el ileón sin que exista una línea de demarcación entre estos dos. En toda la superficie del ID la mucosa posee pliegues y presenta un aspecto aterciopelado, debido a las prolongaciones digitiformes llamadas vellosidades. Entre las vellosidades se hallan numerosas glándulas intestinales llamadas de Lieberkuhn que, conjuntamente con las glándulas de Brunner, segregan el jugo entérico. Los conductos biliares y pancreáticos se abren en el duodeno a una distancia del píloro de 5 y 10 cm, respectivamente (Dihigo, 2005).

El páncreas descarga de forma continua el jugo pancreático, mediante el conducto de Wirsung, el cual drena de forma independiente al conducto colédoco hepático. La producción del jugo pancreático alcanza los 7,2 g/kg de peso vivo (Álvarez *et al.*, 2004).

### 1.5.5 El intestino grueso

En el sistema digestivo posterior encontramos el IG, que alcanza una longitud de unos 5 m y se encuentra formado por los segmentos ciego, colon y recto; los procesos digestivos que se realizan en este segmento son de gran importancia en esta especie animal, principalmente cuando están sometidos a dietas alimentarias de origen vegetal (Álvarez *et al.*, 2004).

El ciego presenta de 20 a 30 cm de largo y se localiza a la izquierda del plano medio del ijar; es de menor tamaño que el de las especies herbívoras monogástricas, pero mayor que el de las carnívoras. El ileón se une con el ciego oblicuamente, así un pliegue muscular que pasa de uno a otro lado del orificio ileocecal actúa como válvula. Su extremidad dorsal se comunica con el colon (Dihigo, 2005).

Según Álvarez *et al.* (2004), el colon tiene en su inicio el mismo diámetro que el ciego, pero a medida que avanza hacia el recto disminuye de calibre. Está formado por el segmento espiral y el segmento caudal. El recto es la última porción del tubo digestivo y se comunica con el exterior mediante el esfínter anal, generalmente se encuentra circundado por una gran cantidad de grasa.

#### 1.5.5.1 Digestión en el intestino grueso

El intestino grueso se caracteriza por ser la parte del tracto gastrointestinal donde mayor tiempo reside la digesta, la cual se caracteriza por ser una mezcla de residuos alimentarios que han escapado de la digestión enzimática en el intestino delgado, junto con restos de secreciones digestivas, descamaciones celulares y cierta masa bacteriana (Ly, 1999).

Se conoce que al nacer, el cerdito posee un tracto gastrointestinal estéril, pero que en contacto con la madre y el ambiente que le rodea se contamina rápidamente, estableciéndose una abundante flora bacteriana y viral que coloniza el TGI en las primeras 24 horas de vida (Pond y Houpt, 1981).

La digestión posileal, o sea, la digestión que ocurre en el IG, es esencialmente microbiana, constituida en un 90% por los géneros *Streptococcus* y *Eubacterium*. Un gran número de estas bacterias se multiplican y proliferan desde el ciego hasta el recto en un medio estrictamente anaerobio y su papel principal es la fermentación de las proteínas que escapan a la digestión proteínica del ID, así como los compuestos proteínicos procedentes de los microorganismos muertos, de las células epiteliales decamadas del tracto digestivo anterior y de las propias secreciones digestivas.

La fermentación microbiana da origen a un conjunto de compuestos finales tales como: aminoácidos, AGV, indol, escatol, fenol, cresol, aminas, histamina, tiramina, diaminas, metano, sulfuro, amoníaco e hidrógeno que pueden ser absorbidos por la mucosa intestinal, sufrir otras transformaciones o ser eliminados por las heces, en el caso de los compuestos sólidos, o mediante el flatos para los compuestos gaseosos.

Otra función fundamental del IG es devolver a la sangre el agua vertida por medio de las secreciones de las glándulas digestivas, así como los electrolitos, las vitaminas y los aminoácidos (Brito y Álvarez, 1989; Dihigo 2005).

Los principales mecanismos de control cuantitativo y cualitativo de la microflora son el tipo, la cantidad de sustrato y las condiciones ambientales de la digesta. Entre ellas, las más importantes son el pH y la concentración de amoníaco, pero también el proceso de mezcla y la velocidad de tránsito de la digesta (Morales, 2002). Sin embargo, se considera que la composición del sustrato es el principal factor determinante de la composición de la población microbiana del tracto digestivo (Gibson y McCartney, 1998; Jensen, 2001).

El sustrato mas utilizado por la microflora intestinal son los carbohidratos que provienen del alimento (Morales, 2002).

En principio, todos los carbohidratos que escapan de la digestión en el ID son susceptibles de ser fermentados, y se estima que en las heces sólo aparece un 15% de los polisacáridos no amiloideos (PNA) ingeridos (Bach Knudsen y Canibe 2000).

Los PNA incluyen una amplia variedad de moléculas y, a su vez, su composición y contenido son altamente variables entre especies vegetales.

Los PNA, junto a la lignina, fueron definidos como fibra dietética y representan mayoritariamente los polisacáridos estructurales de la pared celular. (Theander *et al.* 1999),

La degradabilidad de los PNA es un indicador muy variable, ya que viene determinada por varios factores con sus correspondientes interacciones.

Los principales son el tipo y la cantidad de carbohidratos del alimento ingerido y el tiempo de tránsito de la digesta (Morales, 2002); y son más susceptibles de ser fermentados cuanto más accesible



resulten a la flora microbiana y de la solubilidad en agua de los carbohidratos y el tamaño de partícula de la digesta los cuales condicionarán su digestibilidad (Jensen, 2001).

En un estudio realizado por Johansen *et al.* (1996), donde suministraron salvado de avena molido en forma gruesa o fina, encontraron que la fracción retenida de salvado de avena pasó casi íntegra a través del intestino delgado.

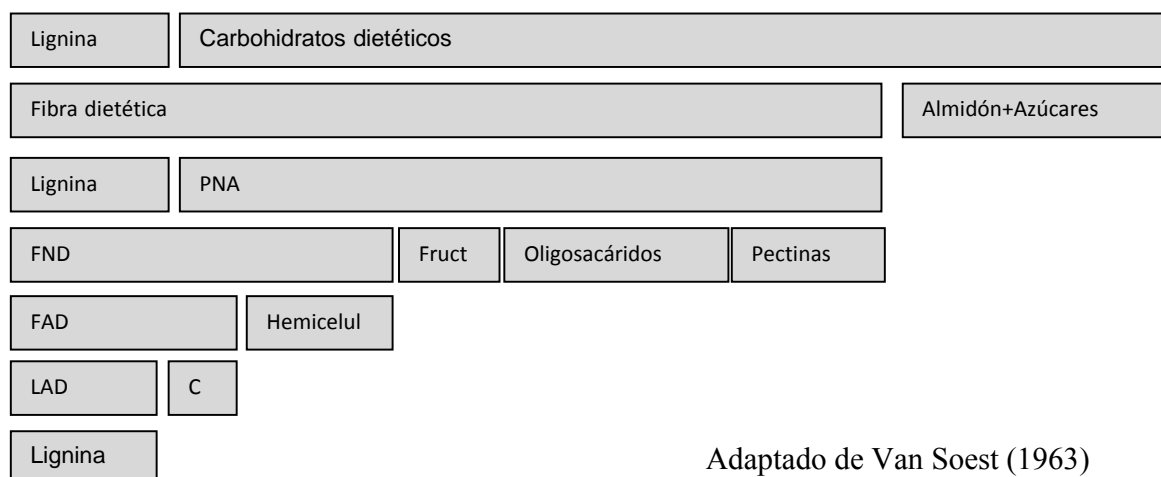
Con la dieta gruesa a las tres horas después de alimentar los cerdos, la solubilización de  $\beta$ -glucano estuvo en el rango de 40 al 55%; mientras que con la dieta fina fue entre un 25 y 32%. Ambas dietas presentaron una baja y muy variable viscosidad *in vivo*, sin una buena correlación con la concentración de  $\beta$ -glucano en la fase líquida de la digesta.

La fibra dietética, FD, en general, reduce la digestibilidad de la materia seca y la energía en este sitio del tracto digestivo, ya que esta fracción alimentaria resiste la digestión de las enzimas secretadas en el intestino delgado (Bach Knudsen y Hansen, 1991b; Bach Knudsen *et al.*, 1993; Graham *et al.*, 1986a).

## **1.6 La fibra en la dieta de los cerdos**

Históricamente, la fibra dietética (FD) se ha descrito como los componentes vegetales resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas del hombre, en otras palabras, es el material que necesita de enzimas microbianas para su digestión. Últimamente se ha aceptado el término de polisacáridos no amiláceos (PNA) como la definición más apropiada.

La figura 3 muestra los componentes de los hidratos de carbono y FD de la dieta, según el método de Van Soest (1963).



Adaptado de Van Soest (1963)

Leyenda: FND: Fibra neutro detergente, FAD: Fibra ácido detergente, LAD: Lignina ácido detergente, C: Celulosa, Hemicel.: Hemicelulosa y Fruct.:Fructanos)

Figura 3. Representación esquemática de los carbohidratos dietéticos, fibra y polisacáridos no amiláceos (PNA).

Durante muchos años, varios grupos de investigadores han estudiado la digestibilidad de la fracción PNA por el cerdo, en función del nivel de ingestión de estos nutrientes. Generalmente, el efecto del consumo de PNA sobre su digestibilidad depende de la composición de estos, y de su origen (Rijnen, 2003). Normalmente la fracción soluble de los PNA se digiere con facilidad, mientras que la parte insoluble no se digiere totalmente. La digestibilidad de los PNA mejora con el peso y la edad de los cerdos, lo que puede estar relacionado con un mayor tiempo de retención del alimento en el intestino.

### 1.6.1 Composición química de la fibra de la dieta

La fibra de la dieta se deriva, principalmente, de las paredes celulares de las plantas, las cuales están formadas por una serie de polisacáridos, a menudo asociados con proteínas y los componentes del polímero fenólico lignina.

El mayor componente de la pared celular es la lignina, que puede ser descrita como cadena muy ramificada construida por unidades de fenilpropano.

En la pared celular la lignina se une a los polisacáridos no celulósicos (PNC) y tiene dos funciones principales: fortalecer y soportar las microfibrillas de la celulosa y actuar como matriz de los polisacáridos.

El complejo polisacárido-lignina endurece las paredes, para prevenir la degradación bioquímica y el daño físico (Liyama y Stone, 1994).

Los polisacáridos de las paredes celulares son las pentosas (arabinosa y xilosa), las hexosas (glucosa, galactosa y manosa), las 6-deoxihexosas (ramnosa y fructosa) y los ácidos urónicos (glucorónico y galacturónico); además de la celulosa, arabinoxilanos y una mezcla ligada de  $\beta(1-3)$  y  $(1-4)$ -D-glucano ( $\beta$ -glucano), xiloglucanos, ramnogalacturonanos y arabinogalactanos (Selvendran, 1984; Bacic *et al.*, 1988; Theander *et al.*, 1989).

### **1.6.2 Importancia nutricional de la fibra en la dieta**

El término fibra en la dieta (FD) se utiliza para agrupar los componentes de la pared celular; la parte soluble compuesta por los polisacáridos no almidones (PNA), determinada por métodos enzimáticos y químicos, y la porción insoluble, la lignina cuantificada a través de técnicas gravimétricas.

Los PNA son un grupo diverso de moléculas con grados variables de solubilidad, tamaño y estructura; su acción es esencialmente física. De los componentes de la pared celular de las plantas, a los PNA les corresponde entre 700 y 900 g kg<sup>-1</sup> del total y en ellos se incluyen residuos de lignina, proteínas, ácidos grasos, ceras y otros compuestos. Estos actúan como barrera para la liberación de los nutrientes y pueden influir en las propiedades del contenido gastrointestinal, el flujo de la digesta, la viscosidad de la fase líquida y la regulación del proceso de absorción (Bach Knudsen, 2001).

Los polisacáridos no almidones del alimento son recuperados a partir de la digesta contenida en el íleon y degradados mediante procesos de fermentación anaeróbica en el intestino grueso, en dependencia de los grados de lignificación, solubilidad y estructura de los polisacáridos (Bach Knudsen, 2001).

### **1.6.3 Papel de la fibra en la fisiología digestiva de los cerdos**

La fibra presente en la dieta de los cerdos tiene importantes funciones fisiológicas en el tracto gastrointestinal. La edad, la adaptación del animal a las dietas fibrosas y la masa corporal del cerdo interactúan en los procesos de digestión.

La fibra en la dieta es considerada como una fracción con un bajo contenido de energía y su efecto de dilución en animales con un bajo desempeño productivo permite incrementar el consumo de los alimentos, al disminuir el tiempo de tránsito de la digesta.

Los forrajes fibrosos favorecen el crecimiento microbiano en el tracto gastrointestinal; ello permite que se produzcan, en mayor cuantía, los ácidos grasos de cadenas cortas y que los microorganismos indeseables sean excluidos; además de regular la acción peristáltica de los intestinos, lo que evita la posibilidad de constipación en los animales (Wen, 2001).

La reducción en la tasa de vaciado gástrico es una ventaja nutricional en cerdas preñadas, ya que prolonga el sentimiento de saciedad y reduce el período de hambre, lo que evita el incremento de agresiones y competencias entre las cerdas alimentadas en grupos (Vestergaard, 1997).

Planas (1999), cuando alimentó hembras preñadas canalizadas en el tracto gastrointestinal, con una dieta convencional baja en concentración de fibra y la comparó con dos dietas altas en fibra (una a base de fibra insoluble de salvado de trigo y otra con fibra soluble de pulpa de remolacha de azúcar), encontró que solo una pequeña fracción de fibra de la dieta se solubilizó en el estómago.

Langhans *et al.* (1999) encontraron que el contenido de fibra de la dieta está directamente relacionado con la cantidad de nutrientes y de energía que el cerdo puede consumir.

Una dieta con un contenido alto en fibra insoluble aporta menos energía metabolizable que una dieta con un bajo contenido de fibra, no solo por la calidad del alimento, sino también porque desfavorece el consumo, al provocar una saciedad temprana en el animal por elongación de la pared del estómago. Sin embargo, cuando esta fibra es soluble ocurre una mayor captación de agua en este órgano y se reduce el volumen de la digesta; por lo tanto, disminuye la sensación de saciedad y el tiempo de tránsito de la digesta en este órgano. Además, en esta circunstancia la viscosidad de la digesta se incrementa y el pH se estabiliza a un nivel bajo (Van der Meulen y Bakker, 1991).

En un experimento realizado con cerdos en crecimiento por Drochner y Coenen (1986), donde estudiaron el pH en el estado posprandial en la región fúndica del estómago, después de alimentarlos con dietas que tenían niveles altos y bajos de fibra, el pH con la dieta alta en fibra permaneció casi constante, cercano a 2,5; mientras que aumentó en las primeras horas hasta 4, cuando los cerdos fueron alimentados con la dieta baja en fibra. El valor del pH decreció, gradualmente, a un nivel similar a los valores encontrados con la dieta alta en fibra, pasadas las siguientes seis horas.

Las dietas con altos contenidos de fibra influyen en la morfología intestinal y en la tasa de renovación de las células intestinales de los cerdos, y propician un incremento significativo en la secreción de los fluidos endógenos (Jin *et al.*, 1994).

La fibra no lignificada en la dieta es una fuente de nutrientes para los cerdos; no es digerida por los procesos endógenos, pero sí por la flora microbiana; mientras que el almidón de los cereales se digiere casi completamente en el duodeno y el remanente transita hasta el íleon y provoca su distensión.

Bach Knudsen y Jensen (1991a) determinaron que una gran proporción de fibra soluble proveniente del trigo de la dieta pasó al íleon de los cerdos y comenzó a digerirse, lo que representó un buen sustrato para los microorganismos a nivel intestinal. Resultados similares han sido hallados por Gdala *et al.* (1991), Smits *et al.* (1991) y Schulz *et al.* (1998) para otros forrajes.

El incremento de la actividad microbiana en el tracto digestivo no solo refleja una mejor utilización de los nutrientes de los alimentos, sino también representa un incremento en la excreción de sustancias microbiales (Bach Knudsen y Jensen 1991a).

#### **1.6.4 Acción de la fibra en el intestino delgado**

La fibra soluble de la dieta (FD) influye en la absorción de nutrientes del intestino delgado, por sus efectos sobre la viscosidad luminal.

Rainbird *et al.* (1984) realizaron un estudio con goma de guarano (*Paullinia cupana*) adicionada a una solución de glucosa difundida en el yeyuno de cerdos, en el cual encontraron que la tasa de absorción de glucosa estuvo en el rango de 7,1 a 3,7 g/m/h, debido a una reducción de la difusión del lumen intestinal a las células epiteliales o a la inhibición del proceso de absorción.

En contraste, la FD insoluble no viscosa (salvado de trigo o celulosa) solamente influenció la absorción de glucosa de 6,8 al rango de 5,5 – 5,7 g/m/h (Low *et al.*, 1985).

El efecto de la FD soluble en la tasa de absorción de glucosa, cuando es ingerida como una parte integrada de la estructura de la pared celular, se debe a la baja solubilización de la pared celular de los polisacáridos y a la significativa despolimerización microbial que puede ocurrir con algunos tipos de polisacáridos.

### **1.6.5 El valor energético de los PNA para cerdos en crecimiento**

La valoración energética de los PNA ha interesado a varios grupos de investigadores y los resultados obtenidos se han adoptado ampliamente.

La fibra dietética se considera una fuente pobre en energía para el cerdo en crecimiento, debido, especialmente, a la baja digestibilidad de los PNA cuando se compara con los almidones.

En lo que respecta a la utilización de la energía de los PNA ingeridos, se suele adoptar un 70% de la del almidón (Bach Knudsen, 2001). Este presupuesto suele basarse en los cálculos bioquímicos o los estudios tradicionales de valoración energética por calorimetría indirecta (Noblet *et al.*, 1994

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **2.1 Ubicación y clima**

Las investigaciones se desarrollaron en la unidad de producción porcina, perteneciente al módulo de Ganado Menor de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”, ubicada a 22°48'7" de latitud Norte y los 81°1' de longitud Oeste, a una altitud de 19,01 msnm.

El experimento inició el día 23 de marzo de 2009 y finalizó el 9 de julio de 2009. Durante los estudios, el clima predominante fue cálido, con temperaturas media de 22,5°C y precipitación acumulada de 63 mm.

### **2.2 Instalaciones**

Para los animales de ceba se emplearon cubículos de 3 x 5 m, con piso de cemento, comederos lineales y tetinas para el suministro de agua, lo que garantizó un espacio vital de 1,36 m<sup>2</sup> animal. Estos cubículos poseían paredes y techo con el objetivo de mantener a los animales protegidos de las inclemencias del tiempo y de los rayos solares.

### **2.3 Alimentos**

El concentrado utilizado provino del Grupo Porcino municipal de Perico suministrado por el almacén del Combinado Industrial de Piensos del poblado de Máximo Gómez, perteneciente al Ministerio de la Agricultura.

Durante la fase experimental se suministraron dos formulaciones de concentrado (tabla 4), las cuales difirieron en los porcentajes de inclusión de las materias primas, con la consecuente disminución de los porcentajes de proteína bruta. La formulación B fue solamente suministrada por dos semanas, lo cual se correspondió con el tercer pesaje de los animales.

Tabla 4. Composición de las formulaciones (A y B) de concentrado comercial suministradas a los animales durante el período experimental.

Elemento	% Inclusión		PB (%)		EM (Mcal/Kg MS)		Ca (%)		P (%)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Afrecho	60,84	19,2	8,82	2,78	1,89	0,60	0,09	0,02	0,06	0,02
Maíz	16,2	60,84	1,13	4,26	0,57	2,15	0,36	1,18	0,49	1,61
Soya	18	15	6,80	6,3	0,59	0,55	0,04	0,04	0,02	0,08
Fosfato	2	2	0	0	0	0	0,05	0,05	0,03	0,03
Calcio	2	2	0	0	0	0	0,08	0,08	0	0
Sal común	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0
Premezcla	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
Colina	0,06	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			16,76	13,34	3,29	3,29	0,61	1,36	1,74	1,74

La tithonia se cosechó en un área dedicada a la obtención de forrajes para las diferentes producciones animales que se desarrollan en el módulo de Ganado Menor.

En el momento de estudio poseía una edad aproximada de 12 meses, con un marco de siembra de 0,50×0,50 m y una densidad 40 000 plantas/ha.

Esta plantación se mantuvo en seco y se fertilizó con Fitomas® (fertilización foliar en dosis de 100 mL/16 L de agua) en una sola aplicación.

En el caso de la morera también se correspondió con parcelas dedicadas a la alimentación de diferentes especies animales del mismo módulo de investigación. Tenía una edad de plantada de 7 años y un marco de siembra de 1,0 × 0,4 m y una densidad de 25 000 plantas/ha. Esta plantación recibió una fertilización orgánica (estiércol bovino maduro) de 4 000 kg/ha/año en una sola aplicación durante el periodo lluvioso. No recibió riego durante la etapa experimental.

Por otra parte, el sorgo se sembró en áreas aledañas al módulo destinadas a la cosecha del grano para el fin investigativo. Se utilizó *Sorghum bicolor* (Var.UDC-110) con una distancia de siembra de 10-12 plantas/m y no recibió riego ni fertilización.



El follaje de las plantas (hoja y tallos tiernos) tuvo como promedio entre 45 y 60 días de rebrote, este se cortó en horario de la mañana según las necesidades de los grupos experimentales.

En el caso del sorgo se cosechó, secó, benefició antes de ser almacenado en sacos y con posterioridad y se molió en un molino de martillo con criba de 2 mm.

Los alimentos se ofrecieron a los animales en comederos tubulares colectivos, que garantizaron un frente de comedero de 0,30 m/animal.

## 2.4 Animales

Para evaluar el comportamiento de los indicadores productivos se utilizó un total de 44 animales de ambos sexos, hembras y machos castrados con un buen estado de salud. Tenían como promedio, una edad de 90 días y un peso vivo de 26,3 kg. Estos se dividieron de forma aleatoria para formar cuatro grupos experimentales, el peso vivo inicial por grupo aparece en la tabla 5.

Tabla 5. Peso vivo promedio y coeficiente de variación de cada grupo experimental.

<b>Grupo</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>C.V (%)</b>
Concentrado	26,30	13,44
Concentrado+ 30 % Harina de Sorgo	26,60	10,72
Concentrado+20% Harina de Sorgo+10% de Tithonia	26,40	12,55
Concentrado+20 % Harina de Sorgo+ 10 % de Morera	26,20	12,76

## 2.5 Diseño y tratamientos

Se empleó un diseño completamente aleatorizado para la distribución de cuatro tratamientos con 11 repeticiones que se corresponden con cada animal.

Las variantes de alimentación se establecieron sobre la base de cubrir los requerimientos proteicos de los cerdos según su peso (NRC 1998).

Los aportes de proteína bruta (PB, %) de los alimentos utilizados en los tratamientos se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Aporte de proteína bruta (PB, %) de los alimentos utilizados en los tratamientos.

Tratamiento	Aporte de PB según requerimientos %			
	Concentrado	Sorgo	Tithonia	Morera
Control	100			
C + S	70	30		
C + S + T	70	20	10	
C + S + M	70	20		10

## 2.6 Procedimiento experimental y mediciones

Los cerdos se ubicaron en los cubículos y se desparasitaron antes de iniciar el experimento y se verificó la eficacia del medicamento antiparasitario empleado (Levamisol 10%®, en dosis de 7,5 mg/kg de PV). Todos los grupos recibieron, previo al inicio de las mediciones, una adaptación a las dietas experimentales por 10 días.

La alimentación se inició con la oferta del total de forraje en horario de la mañana (8:30 a.m.), luego, en el horario comprendido entre las 10:30 am y 11:00 a.m., se ofreció la totalidad de la mezcla del concentrado y sorgo según el tratamiento experimental.

El forraje se suministró fresco; se cortado diariamente, según la necesidad, en horas de la mañana y se brindaba sin trocear en comederos tubulares; con un 5% por encima de las necesidades calculadas para posibilitar la selección del alimento.

Previo a la oferta de los alimentos se realizaba el pesaje de los residuos con una balanza digital Canon (15 kg,  $\pm 10$  g), en los grupos que recibían forraje.

Los pesajes individuales de los animales se realizaron con una frecuencia quincenal, mediante una balanza de gancho (100 kg  $\pm 100$  g) para de inmediato efectuar los balances alimentarios a partir del peso promedio de cada grupo y la calidad bromatológica de los alimentos.

Antes de ofrecer los alimentos se realizaba la limpieza mecánica diaria con barrido de los residuos y agua a presión.

Durante el periodo de ceba se registró el peso vivo de los animales para determinar su incremento a través de su ganancia media diaria (GMD, g/animal/día).

También se determinó el rechazo de los alimentos ofrecidos y por diferencia se determinó el consumo, fundamentalmente de morera y tithonia; con esta información se calculó la conversión alimentaria (kg de peso vivo/kg de alimento) para el concentrado y total, en función de la cantidad de concentrado y la ración completa (Andrial, 2002).

$$GMD = \frac{\text{Peso final (kg)} - \text{Peso inicial (kg)}}{\text{Cantidad de días}} \times 1000$$

$$\text{Conversión} = \frac{\text{Consumo de alimento (kg)}}{\text{Incremento de peso (kg)}}$$

## 2.7 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se registraron en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® y se procesaron en el paquete estadístico SPSS® versión 15.0 para Windows®.

Se realizó, para la GMD, un análisis de covarianza con el peso vivo inicial como covariable. Previo a la realización de este análisis se comprobó la distribución normal de los datos con el test de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de las varianzas con el test de Levene (Guerra *et al.*, 1990). Las diferencias entre medias se determinaron con el test de rangos múltiples de Duncan (Steel y Torrie, 1992).

## 2.8 Análisis de la factibilidad económica

Para el análisis económico se consideró como premisa el ahorro en concentrado de las dietas alternativas, debido al costo en moneda libremente convertible (MLC) del concentrado nacional.

Durante toda la etapa para cada grupo experimental se consideró el costo de una tonelada de concentrado de producción nacional de 251,26 USD (Almaguel *et al.*, 2010).

Por otro lado, se obtuvo de la fábrica de piensos de la localidad el costo del concentrado ofrecido durante la experimentación.

El costo del sorgo se determinó a partir de la ficha de costo del sorgo, elaborada por la Facultad de Ciencias Empresariales y la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (Anon, 2010).

Debido a la no existencia de una ficha de costo institucional para los forrajes de tithonia y morera, se elaboró una para el área en la cual se cosechó el forraje. Se tuvieron en cuenta los principales elementos de gastos directos e indirectos y, en función de los rendimientos estimados para cada forrajera, se determinó el costo de producción en base seca.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de variantes de alimentación porcina constituye una de las necesidades de mayor prioridad, debido a los altos costos y la inestabilidad de la materia prima para la elaboración de los concentrados. Ello adquiere una mayor dimensión en el contexto local, en el cual se concretan las modalidades de “Convenios Porcinos”, donde los productores deben aportar el 30% del alimento que recibirán los animales en el ciclo de ceba. La presente investigación se desarrolló bajo estas premisas.

En la figura 4 se muestra el comportamiento del peso vivo promedio de los animales en cada grupo experimental. Se puede apreciar que los animales comenzaron con un peso superior a los 26 kg y culminaron el período de ceba sin diferencias significativas en los pesos finales, con 103,3; 104,0; 96,9 y 96 kg para el grupo concentrado, concentrado-sorgo, concentrado-sorgo-tithonia y concentrado-sorgo-morera, respectivamente. El periodo de ceba se fijó hasta que los cerdos alcanzaran un peso promedio superior a los 90 kg, lo cual se logró a los 108 días.

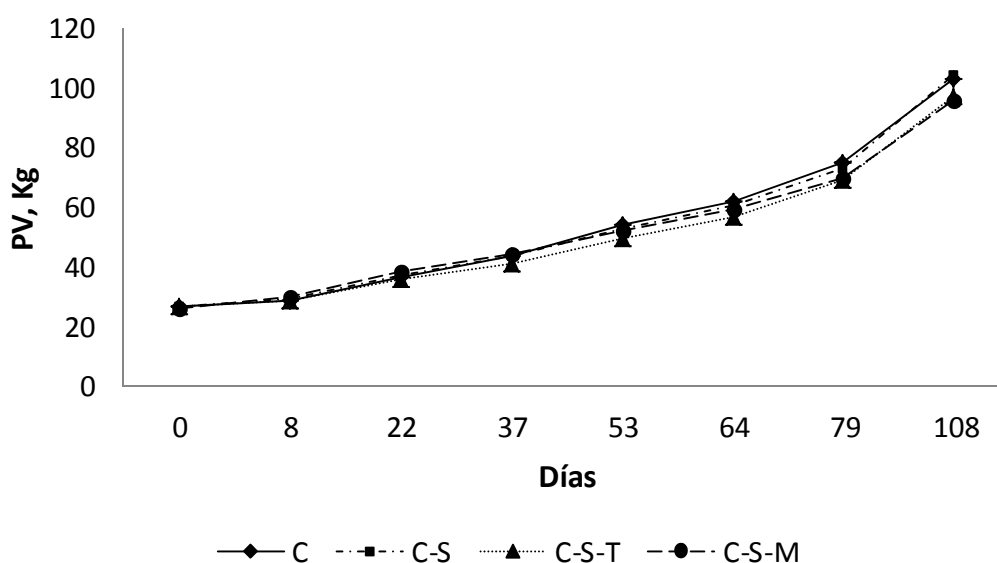


Figura 4. Comportamiento del peso vivo (PV) en los tratamientos experimentales.

Las curvas de crecimiento se ajustaron a una ecuación cuadrática (tabla 7) con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) entre 0,84 y 0,89; se mostraron ajustes significativos en cada uno de los tratamientos ( $P < 0,001$ ).

En similitud de condiciones, Contino (2007) encontró una tasa de crecimiento con ajuste a modelos lineales en cerdos mestizos alimentados con concentrado y forraje de morera.

Tabla 7. Ecuaciones de regresión del comportamiento del peso vivo de los animales en cada tratamiento.

Tratamiento	Ecuación	ES±		R <sup>2</sup>	Sign.
		b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>		
C	Y=27,84-1.84X+1.37X <sup>2</sup>	1,81	0,19	0,89	***
C-S	Y=29,32-2.76X+1.42X <sup>2</sup>	2,03	2,19	0,87	***
C-S-T	Y=30,35-3.16X+1.35 X <sup>2</sup>	1,97	0,21	0,84	***
C-S-M	Y=27,76-0.83X+1.09 X <sup>2</sup>	1,97	0,21	0,85	***

R<sup>2</sup> – Coeficiente de Determinación

\*\*\*-P<0,001

La ganancia de peso vivo, expresada en ganancia media diaria (GMD), constituye un indicador muy fiable para conocer el comportamiento productivo de los animales en diferentes sistemas de alimentación. En ocasiones esta no es similar a las del incremento de peso, sobre todo si se trata de un análisis de covarianza como el realizado en el presente estudio, en la cual los promedios se ajustan, en cada grupo, en función del peso vivo inicial (covariable) (Infostat, 2004).

En la figura 5 aparecen las variaciones de la GMD en los grupos experimentales en cada pesaje.

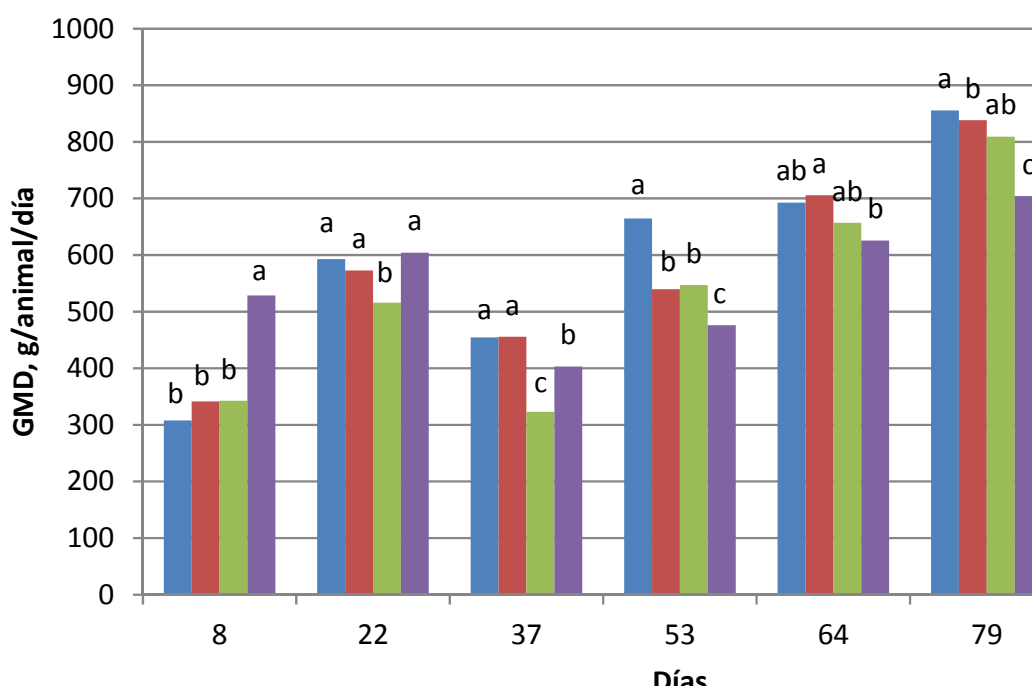


Figura 5. Ganancia de peso de los animales (GMD) en los grupos experimentales en cada pesaje de los tratamientos experimentales.

Los valores de la GMD en el primer pesaje fueron similares en tres de los grupos experimentales, con valores que no superaron los 350 g/animal/día, no así en el grupo que recibió la dieta mixta con forraje de morera que presentó en esa etapa las mayores ganancias de peso (520 g/animal/día, ( $P<0,05$ )) lo que pudo estar relacionado con la interacción de diversos factores, entre los que se destacan el estrés del traslado, el reagrupe y la adaptación a nuevas dietas.

Otro factor que posiblemente influyó en las diferencias de la ganancia de peso de los animales, además del balance heteroenergético de las raciones, fue el nivel de fibra en cada una de ellas al incluir el follaje de estas arbustivas.

Osorio *et al.* (2007), al incluir hojas de morera frescas picadas *ad libitum* en cerdos en ceba con una dieta convencional restringida al 2,5% de su peso vivo (control), obtuvieron ganancias de peso superiores ( $P<0,01$ ) al grupo control de 782 vs 633 g/animal/día, respectivamente. Los valores de conversión fueron similares (3,15 vs 3,01, para morera y control, respectivamente), debido a un incremento ( $P<0,01$ ) de los días de estancia de los animales (14 días) para alcanzar el peso al sacrificio. En el presente estudio todos los animales culminaron el periodo de ceba con 108 días, sin diferencias estadísticas en los pesos finales.

La fibra constituye un elemento de gran importancia cuando se pretende emplear el follaje de plantas en la alimentación de los cerdos, ya que estos no poseen enzimas capaces de digerirla (Low, 1985), por lo que la mayor parte de ella se degrada en el intestino grueso por fermentación microbiana (Ly, 1995).

Esta situación influye en que haya una disminución en la eficiencia energética de los alimentos (Ruíz, 1992; Ly y Macías, 1995), debido, fundamentalmente, a que producto de la degradación microbiana se forman ácidos grasos volátiles de cadena corta (acético, propiónico y butírico), cuya eficiencia en la producción de energía es inferior a la de los monosacáridos absorbidos a nivel del intestino delgado y, además, porque cierta parte de la energía se pierde como calor de fermentación y como metano (Ly, 1995). Por otro lado, se ha comprobado que la fibra induce efectos desfavorables en la utilización digestiva de los nutrientes de la dieta (Just *et al.*, 1983, citado por Dierick *et al.*, 1989).

Según varios autores, esto se debe a un efecto de bloqueo mecánico por el exceso de fibra, que impide el contacto del quimo con las enzimas y jugos gástricos, reduce la capacidad de absorción de nutrientes, aumenta la excreción de nitrógeno endógeno, entre otras. Además, la capacidad del cerdo para digerir y utilizar la fibra se afecta por su fuente (Ehle *et al.*, 1982) y el contenido de lignina (Mitaru *et al.*, 1984).

Stanogias y Pearce (1985) encontraron que la digestibilidad de la fibra depende, predominantemente, del origen de la fibra y en menos cuantía de su cantidad en la dieta.

En el cerdo de ceba, e incluso en cerdos pequeños de 15-20 kg, tienen un proceso de adaptación relativamente rápido, tan sólo de unos 15 días, cuando se le administra una dieta más fibrosa (Santoma, 1997). Este proceso consiste en un aumento del tamaño del estómago, el intestino grueso y ciego, que intenta aumentar la capacidad de ingestión del animal, pero que en dietas no isoenergéticas, no llega a compensar la menor densidad nutricional de las dietas fibrosas, especialmente a edades tempranas (Kyriazakis y Emmans, 1995).

La ganancia de peso mostró una recuperación en todos los tratamientos, transcurridos los primeros 14 días de adaptación; sin embargo, en el tercer pesaje se apreció una inflexión no prevista que requirió efectuar una valoración al respecto. En este sentido, se halló que en ese período se recibió una formulación de alimentos con tres unidades porcentuales menos de proteína, lo cual influyó en el comportamiento productivo de los animales. Al realizar el análisis del completamiento de los requerimientos de proteína se aprecia (figura 6) que efectivamente no se logró satisfacer la cantidad de este nutriente en ese período, pues el balance alimentario se realizaba a partir de la formulación inicial recibida, deficiencia que fue corregida durante el tiempo restante de la experimentación.

Las tendencias de este indicador productivo fueron a ascender en la medida que los animales crecían, y se adaptaban a las diferentes variantes de alimentación. A partir del segundo pesaje se comienza a apreciar que los cerdos bajo el sistema de alimentación con 100% de concentrado y la mezcla con sorgo presentaron las mayores GMD, situación que se mantuvo hasta el final del experimento.

Se ha demostrado que el valor de energía productiva del sorgo es similar al del maíz (3,439 vs 3,527 Mcal/kg), de igual forma, los valores de proteínas, lípidos, fibra, cenizas, vitaminas y minerales, se asemejan en ambos granos (Quisenberry y Tanksley, 1975). Es por ello, que el sorgo ha ganado espacio en la elaboración de concentrados, unido al hecho de que no compite con la alimentación humana como el maíz (Acurero *et al.*, 1983).

Osorto *et al.*, (2007), cuando evaluaron dietas integrales para la ceba de cerdos utilizaron valores similares de inclusión en una de las dietas de la presente investigación en la sustitución del maíz aunque estos autores llegaron a suplantarlo hasta un 60%, sin afectaciones en las ganancias.



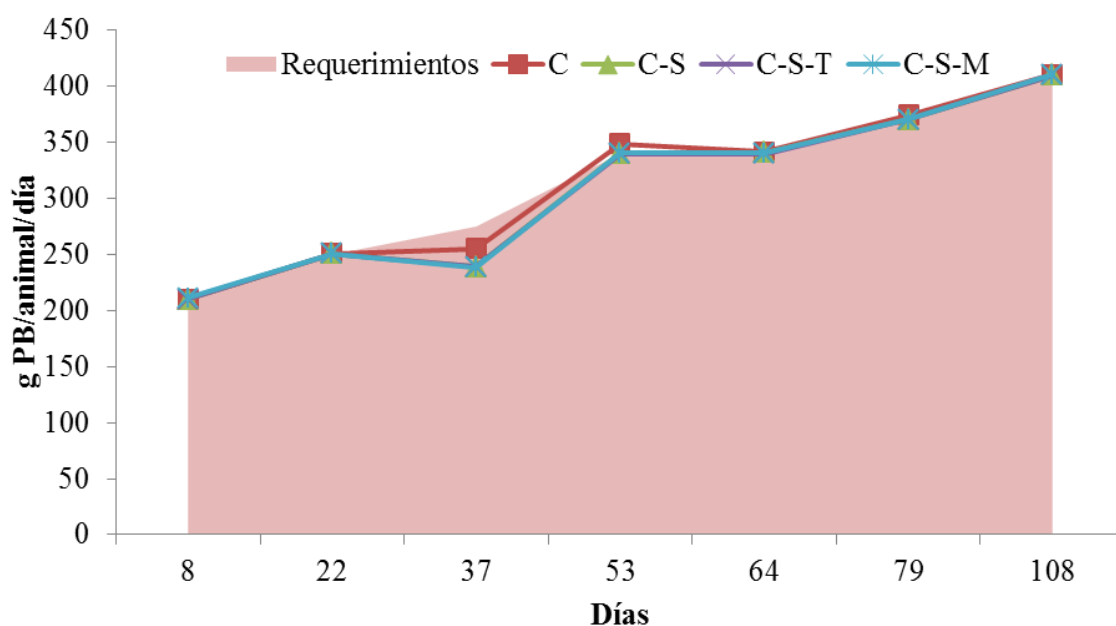


Figura 6. Comportamiento del aporte a los requerimientos de proteína bruta de los tratamientos de acuerdo a la calidad de los concentrados.

Las dietas empleadas partieron solo del principio de ser isoproteicas pues el balance alimentario se realizó sobre la base de garantizar el cumplimiento de este factor limitante.

En las figuras 7 y 8 se aprecian los consumos de materia seca y energía metabolizable.

En los dos nutrimentos se aprecia una tendencia similar pues el grupo que recibe concentrado presentó las menores ofertas MS y EM, mientras que el grupo de animales que recibió el 30% de la ración a base de sorgo presentó los mayores consumos de estos elementos. Ello obedece a que las dietas solo recibieron balance por proteína y no por estos dos nutrientes. Esta situación pudo, en cierto modo, influir en los resultados alcanzados en la presente investigación.

Sin embargo esta no es siempre la respuesta cuando se incluye arbóreas en las dietas, en estudios desarrollados por Mena (1989), en los cuales se suministraron hojas frescas de guásima (*Guasuma ulmnifolia*) en un 10% de la ración diaria, los animales solo consumieron el 7,6% de la misma, con deterioro de la conversión alimenticia.

Los consumos hallados en las especies utilizadas en este estudio pudieron estar influenciados por la elevada digestibilidad fecal de la MS que presentan las cuales superan el 80% (Phiny *et al.*, 2003;

González *et al.*, 2006) y por la elevada palatabilidad, posiblemente relacionado con la ausencia de metabolitos secundarios (taninos, fenoles, saponinas, entre otros) que afecten el consumo voluntario (Rosales, 1992; Vargas, 1994; García *et al.*, 2003, 2008; Ríos, 2002).

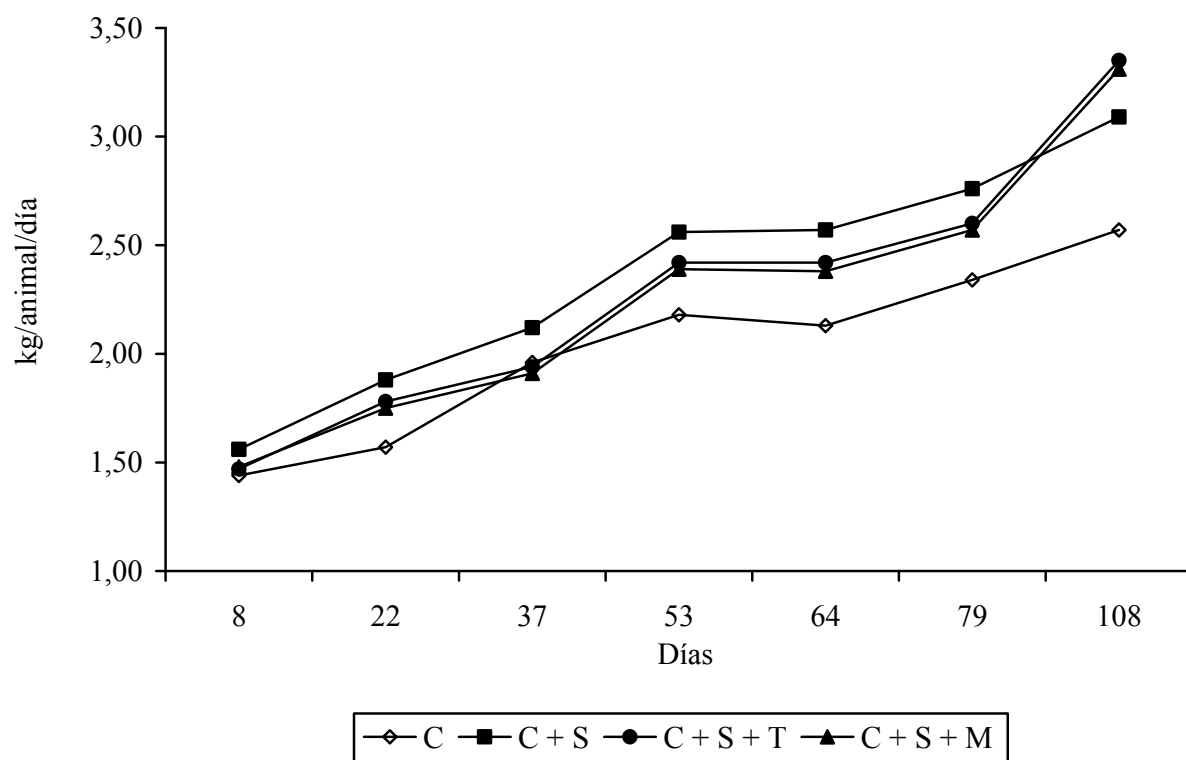


Figura 7. Consumo de Materia Seca (MS) durante el periodo experimental.

De las plantas empleadas, *M. alba* ha sido la más ampliamente estudiada en la alimentación porcina. Ly *et al.* (2001) encontraron que la morera no afectó las variables productivas en cerdos Mong Cai, debido a la alta digestibilidad de la FND y del nitrógeno, 79,6 y 83,6%, respectivamente.

Phiny *et al.* (2003) encontraron que la retención de nitrógeno puede ser mejorada con el incremento de los niveles de inclusión de morera en cerdos, aunque se debe prestar atención a la expulsión fecal de agua que se incrementa en la misma medida que se aumenta la cantidad de forraje de esta planta en la dieta de los animales.

En un estudio donde se analizó el uso de forrajes como fuente de proteína en sustitución del núcleo proteínico, Sarria (1999) observó que los animales alimentados con forrajes ganaron menos peso que

los alimentados con núcleo proteínico. Se supone que la razón de esta diferencia se debe a que la fibra contenida en los forrajes provocó que los animales defecaran más rápido, lo cual limitó el tiempo para el aprovechamiento de los nutrientes dentro del tracto digestivo.

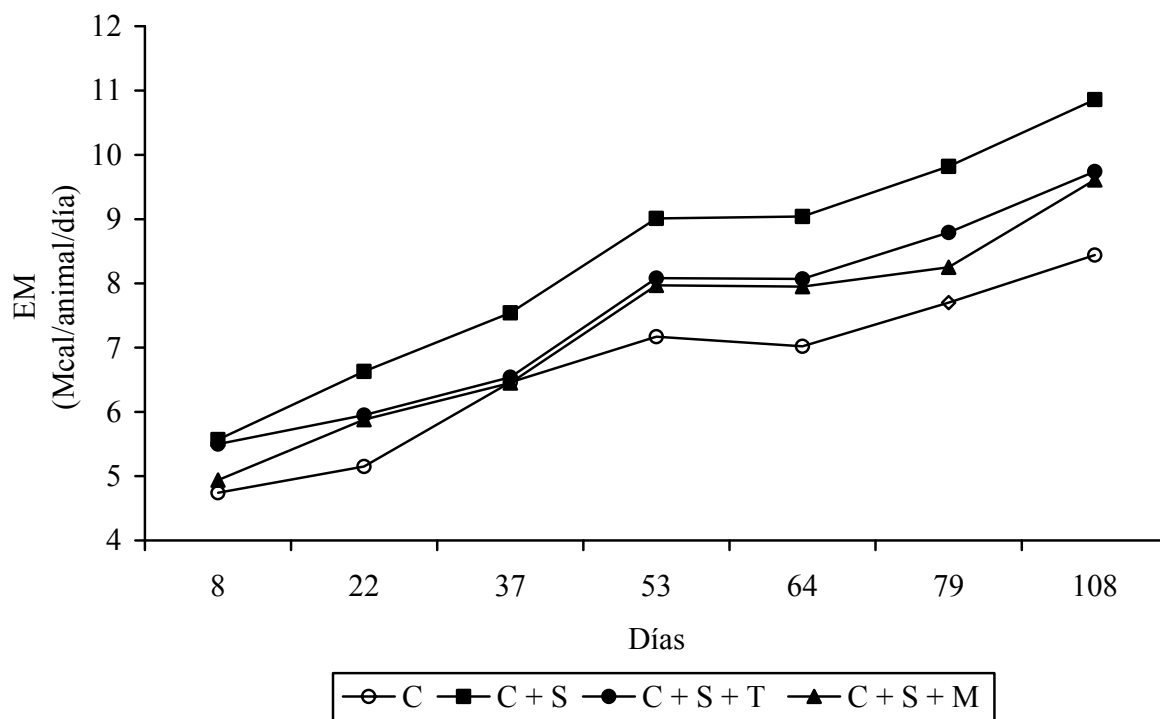


Figura 8. Consumo de Energía Metabolizable (EM) durante el periodo experimental.

Generalmente, en dietas convencionales la inclusión de fibra se relaciona con un incremento del peso del tracto gastrointestinal, ello depende del nivel de inclusión y las características del material fibroso, especialmente las características físico-químicas (Savón *et al.*, 2008).

En investigaciones desarrolladas en Cuba, al incluir hasta un 20% de harina de tithonia en sustitución del concentrado no se encontraron influencias negativas en la morfometría de los órganos gastrointestinales, por lo que estos autores consideran que es posible la inclusión de esta harina hasta un 20%, sin interferir en el comportamiento productivo de los cerdos (Savón *et al.*, 2008), respuesta que hace suponer que esta planta posee excelentes características en la fibra dietética y la hace promisorio para la alimentación de monogástricos.

En la tabla 8 se muestra los principales indicadores productivos de los animales en experimentación.

El peso vivo final de cada grupo de animales fue superior a los 90 kg y no se encontraron diferencias entre los tratamientos evaluados.

Las ganancias de peso al finalizar la evaluación fueron superiores, ( $P < 0,05$ ), en los tratamientos C y C-S sin diferencia significativa entre ellos, los cuales, a su vez, presentaron diferencias estadísticas con respecto a los tratamientos C-S-T y C-S-M aunque este último fue estadísticamente similar al tratamiento C-S-T.

Tabla 8. Indicadores productivos para cada tratamiento.

Indicadores	Tratamientos			
	C	C-S	C-S-T	C-S-M
Peso vivo inicial (kg)	26,30	26,60	26,40	26,20
Peso vivo final (kg)	103,30	104,00	96,90	96,00
GMD (g/animal/día)	0,623 <sup>a</sup>	0,625 <sup>a</sup>	0,570 <sup>bc</sup>	0,524 <sup>c</sup>
Consumo (kg alimento/animal/día)	2,54	3,02	3,51	3,34
Consumo concentrado (kg/animal/día)	2,54	1,74	1,74	1,74
Conversión (kg concentrado <sup>§</sup> /kg de peso vivo)	3,56	2,43	2,67	2,69
Conversión (kg alimento total <sup>§</sup> /kg de peso vivo)	3,56	4,21	5,39	5,18
Conversión (kg alimento total <sup>†</sup> /kg de peso vivo)	3,20	3,80	3,90	3,90
Duración de la ceba (días)	108	108	108	108

<sup>§</sup>Base húmeda

<sup>†</sup>Base seca

En una investigación en la cual se sustituyó la fuente energética principal del concentrado (maíz) por grano de sorgo al 50%, las ganancias de peso de los cerdos no mostraron diferencias significativas con respecto a los animales que recibieron la dieta de 100% de concentrado aunque sustituciones superiores si disminuyeron las ganancias y aumentó la conversión (Acurero *et al.*, 1983).

Si se considera como criterio de referencia para la conversión alimentaria la dieta que utilizó solo el concentrado comercial se halla que la inclusión del sorgo la incrementa en un 11,9 %, su combinación con tithonia o con morera, la aumenta en un 12,2%.

De estos resultados se infiere que la eficiencia alimentaria disminuye con la sustitución del concentrado por las dietas alternativas, no obstante estos valores requieren ser evaluados con un sentido más amplio. En los cerdos que solo consumieron concentrado el índice fue menor pero ello no significa que la cantidad de concentrado empleada para producir un kilogramo de carne fuera más bajo que en los grupos experimentales, donde se sustituyó una parte del concentrado por el sorgo o su combinación con plantas proteínicas, pues para cubrir los porcentajes de proteína bruta requeridos, fue necesario incorporar una cantidad mayor de materia seca en la dieta, lo cual desvirtúa los resultados tradicionales y su interpretación.

Estos cambios siempre están presentes cuando se incluye un alimento diferente al concentrado o una planta arbórea en la alimentación de los cerdos., no obstante, cuando se hace un balance total del concentrado aportado durante el período experimental, los resultados señalan las ventajas de incluir alimentos no convencionales en las dietas, lo que para nuestras condiciones de producción constituye una ventaja.

A pesar de esta situación, aunque en Cuba según Alonso *et al.* (2001), los rangos de conversión obtenidos son considerados como buenos cuando están en valores próximos a 3,5 Kg de concentrado/Kg de peso vivo, las ganancias obtenidas demuestran la factibilidad de emplear estas alternativas pues se logró disminuir el empleo del concentrado de importación por fuentes autóctonas.

### **Análisis de factibilidad económica**

Los costos de los alimentos ofrecidos durante el experimento se muestran en la tabla 9.

El costo de producción del sorgo es similar al del concentrado en moneda nacional; sin embargo este último posee un costo adicional en divisas que es de 0,25 USD/ kg (Almaguel *et al.* 2010), mientras que los costos de las plantas proteínicas no superan los 0.18 MN y sus gastos están asociados, en lo fundamental, a la utilización de la fuerza de trabajo.

Tabla 9. Costo de los alimentos ofrecidos en la etapa experimental.

<b>Algunos elementos del costo</b>	<b>Valor (\$/kg)</b>
Costo kg concentrado (MN)	0,39
Costo kg concentrado (USD)	0,25
Costo sorgo (MN)	0,40
Costo kg morera (MN)	0,18
Costo kg tithonia (MN)	0,16

En la tabla 10 se muestra el consumo de alimento para un cerdo en cada grupo durante el periodo experimental. A partir de ellos se determinó el costo total de la ración en moneda nacional y en USD en el caso del concentrado (tabla 11).

Las dietas alternativas presentaron costos superiores a la dieta a base de concentrado en moneda nacional, sin embargo la sustitución parcial por fuentes alternativas representó, en cada cerdo, un ahorro en divisas de 21,75 USD.

Tabla 10. Consumo de alimentos para un cerdo en cada grupo durante el período experimental.

<b>Consumo total alimento/animal (kg)</b>	<b>C</b>	<b>C-S</b>	<b>C-S-T</b>	<b>C-S-M</b>
Concentrado	275	188	188	188
Harina de sorgo		139	91	91
Tithonia fresca			100,68	
Morera fresca				82,32
Total	275	279	379,68	362,32

Tabla 11. Costo total de la ración en moneda nacional (MN) y divisas (USD).

Costo de la ración	C	C-S	C-S-M	C-S-T
Costo total de la ración/animal/día, MN	107,25	128,92	124,54	125,83
Costo total de la ración/animal, USD*	68,75	47,00	47,00	47,00

El análisis de factibilidad económica indica que las propuestas de alimentación alternativa con sorgo y forraje de plantas proteínicas son económicamente viables para el país.

Su generalización permitiría lograr la sustitución de importaciones de alimentos balanceados o materias primas para el sector.

## CONCLUSIONES

1. Las ganancias diarias individuales:
  - No se afectan cuando se aporta el 30% de la proteína bruta del concentrado comercial a través de la harina de sorgo.
  - Disminuyen cuando se sustituye en un 10% la harina de sorgo como fuente de proteína por forraje de tithonia y morera.
2. La incorporación de plantas proteínicas facilita un mejor desenvolvimiento de las explotaciones porcinas porque son perennes mientras que el sorgo requiere de más labores agrotécnicas.
3. La sustitución del 30% de la proteína bruta del concentrado comercial mediante las dietas alternativas permite:
  - Ahorrar 86,4 kg de este alimento en el ciclo de ceba/animal.
  - Reducir la conversión, sobre la base del concentrado, de 1,13 a 0,8 kg concentrado/kg de peso vivo.
  - Ahorrar durante el ciclo de ceba 21,75 USD/animal.
4. La combinación de harina de sorgo con follaje fresco de tithonia o morera no induce grandes cambios en la conversión alimentaria con respecto a su empleo sola

## RECOMENDACIONES

- ✓ Continuar la evaluación de dietas no convencionales donde se emplee sorgo y plantas forrajeras proteínicas para la porcicultura,
- ✓ Establecer como sistema de trabajo en la producción porcina las variantes de alimentación estudiadas.
- ✓ Proponer a la Dirección del GRUPOR el desarrollo de talleres demostrativos a productores para disminuir el empleo de los concentrados comerciales.
- ✓ Utilizar la información obtenida en la tesis en la enseñanza de pre y postgrado.



## REFERENCIAS

1. Acurero, R. *et al.* 1983. Utilización del grano de sorgo como fuente energética en raciones para cerdos en crecimiento y engorde. *Zootecnia Tropical*. 1:54.
2. Almaguel, R.E., Mederos, Carmen María, Cruz, Elizabeth, Piloto, J.L., Camino, Yusimy. 2010. Utilización de piensos iniciadores cubano en la alimentación de cerditos hasta los 75 días de edad. *REDVET*, 11(4):1-18. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030310/031012.pdf>. [Consulta: 6 de junio de 2012].
3. Alonso, R. *et al.* 2001. El cerdo. Editorial ENPSES. La Habana. 212p.
4. Álvarez, C.A. *et al.* 2004. Fisiología Animal Aplicada. Fisiología digestiva comparada. Particularidades del proceso digestivo en herbívoros monogástricos. Universidad Agraria de La Habana. p. 75-87.
5. Andrial, P. 2002. Manejo de las aves de corral. Folleto para el estudio de la asignatura de Zootecnia especial. UNAH, La Habana.
6. Anon. 2010. Ficha de costo del cultivo del Sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench), para la producción de Semilla Básica. Universidad “Martha Abreu” de las Villas. Mimeo. 6p.
7. Argenti, P. y Espinosa, F. 2000. Alimentación alternativa para cerdos. Maracay. <http://www.Fonaiap.gov.ve/publica/divulga/fdG1/alimen.html>. [Consulta: 15/2/08].
8. Arias, V.A. *et al.* 2004. Comportamiento de dos variedades de sorgo asociados con soya. *Centro Agrícola*. 31 (3-4):48.
9. Bach Knudsen, K.E. 2001. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. *Animal Feed Science and Technology*. 90:3-20
10. Bach Knudsen, K.E. *et al.* 1991b. Gastrointestinal implications in pigs of wheat and oat fractions. 2. Microbial activity in the gastrointestinal tract. *British Journal of Nutrition*. 65:233–248
11. Bach Knudsen, K.E. *et al.* 1993. Digestion of polysaccharides and other major components and the small and large intestine of pigs fed diets consisting of oat fractions rich in  $\beta$ -D-glucan. *Br. Nutr.* 70:537–556
12. Bach Knudsen, K.E. y Canibe, N. 2000. Breakdown of plant carbohydrates in the digestive tract of pigs fed on wheat- or oat-based rolls. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1253-1261.
13. Bach Knudsen, K.E. y Jensen, B.B. 1991a. Effect of source and level of dietary fibre on microbial fermentation in the large intestine of pigs. En: (Verstegen, M.W.A., Huisman, J. y den Hartog,

- L.A., Eds.). Proceedings of the Fifth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. 24-26. April. Wageningen. The Netherlands, p. 389-393
14. Bacic, A. *et al.* B.A. 1988. Structure and function of plant cell walls. *Biochem. Plants.* 14:297–391
  15. Baffes, J. 1998. Structural reforms and price liberalization in Mexican agriculture. *Journal of International Development.* 10 (5):575
  16. Benavides, J.E. 1994. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico. 1-2 (236). 721 p.
  17. Benavides, J.E. 1999. Utilización de la Morera en sistemas de producción animal. En: *Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO Producción y sanidad animal.* FAO, Roma. P. 275-294
  18. Boschini, C. 2002. Nutritional quality of mulberry cultivated for ruminant feeding. En: *Mulberry for Animal Production Animal. Production and Health.* FAO, Rome. 147: 171.
  19. Botero, R. 2008. Desarrollo Profesional en Ganadería y Recursos Naturales en la Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/x6366s/x6366s16.htm>. [Consultado: 23 Marzo 2009].
  20. Brito, L. y Álvarez, R.J. 1989. Fisiología del tracto digestivo de aves y cerdos. *Bioquímica Nutricional, Fisiología Digestiva y Metabolismo*
  21. Caballero, C. 1998a. Sorgo forrajero. *ABC Rural.* p. 9
  22. Caballero, R. 1998b. Recuperación de la disponibilidad de semilla categorizada de granos básicos del país. Instituto de Investigación Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana. p. 274.
  23. Cairns, M.F. 1996. Study on farmer management of wild sunflowers (*Tithonia diversifolia*). Short communication. ICRAF SE. Asian Regional Research Programme.
  24. Contino, Y. 2007. Estudio de la inclusión del follaje fresco de *Morus alba* Linn. var Acorazonada en dietas porcinas. Tesis presentada en opción al título académico de Pastos y Forrajes. EEPF “Indio Hatuey”. 78 p.
  25. D’Mello, J.P.F. 1992. Chemical constraints to use of legume in animal nutrition. *An. Feed Sc. and Tech.* 38:237-261
  26. Datta, R.K. 2002. Mulberry cultivation and utilization in India. En: *Mulberry for animal production.* CATIE. Turrialba, Costa Rica.
  27. Devendra, C. 1992. Nutritional potential of fodder trees and shrubs as protein sources in ruminant nutrition. En: *Legume trees and other fodder trees as protein source for livestock.* FAO Animal Production and Health Paper No 102. p. 95-113.

28. DGEA. 2004. Anuario de estadísticas agropecuarias 2003. Dirección General de Economía Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). San Salvador, El Salvador. p. 989.
29. Dierick *et al.* 1989. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Animal Feed Science and Technology*, 23(1–3):141-167.
30. Dihigo, L.E. 2005. Aspectos Bioquímicos y Fisiológicos de la Nutrición Animal. II Anatomía comparada y digestiva de los animales monogástricos: aves, cerdos y conejos. Instituto de Ciencia Animal, Ministerio de Educación Superior. p. 23-32.
31. Doggett, H. 1998. *Sorghum*. 2nd Edition. Longman Scientific and Technical, London. 512 p.
32. Drochner, W. y Coenen, M. 1986. Pflanzliche Strukturstoffe in der Schweineernährung, Übers. *Tierernährg.* 14, 1-50.
33. Duke, J. 1983. *Sorghum X alnum* Parodi. Handbook of energy crops. [En línea]: [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke-energy/Sorghum-X\\_almum.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke-energy/Sorghum-X_almum.html). [Consulta: 8/8/05].
34. Duke, J.A. 2001. *Morus alba* (L.). [en línea]. Disponible en: <http://newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/dukeenergy>. [Consulta: Diciembre 2010].
35. Dung, X.N. *et al.* 2002. Tropical fibre sources for pigs: digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility *in vitro*. *Animal Feed Science and Technology* 80: 128-132.
36. Espinoza, E. 1996. Efecto del sitio y del nivel de fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de tres variedades de Morera (*Morus alba*) en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, C.R. 84
37. Ehle, F.R. *et al.* 1982. The influence of dietary fibre on digestibility, rate of passage and gastrointestinal fermentation in pigs. *J. Anim. Sci.* 55, 1071–1080.
38. Eugenio, D. *et al.* 2008. Preferencia de árboles forrajeros por cabras en la zona baja de los andes venezolanos (en línea). *Revista Científica Universidad del Zulia*, 18(5). Disponible en: <http://www.serbi.luz.edu.ve/scielo.php?pid=>. [Consultado: 20 de Febrero 2009].
39. FAO-ICRISAT. 1997. La Economía del sorgo y del mijo en el mundo; hechos, tendencias y perspectivas. ICRISAT. 123 p.
40. FEDNA. 2004. Tablas FEDNA de valor nutritivo y subproductos fibrosos húmedos. I. Forrajes. (Eds. S. Calsamiglia, A. Ferret y A. Bach). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 42 p.
41. Fernández, E. 1935. El cultivo de la morera. *Revista de Agricultura, Comercio y Trabajo*. 3:94

42. Figueroa, V. 1996. Producción porcina con cultivos tropicales y reciclaje de nutrientes. Fundación CIPAV, Cali, Colombia. 155 p.
43. Funes, F. y Yepes, S. 1978. Discriminación de especies y variedades de gramíneas introducidas en Cuba. Rev. cub. Cienc. agríc. 12:179.
44. García, D.E. *et al.* 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). I Análisis cualitativo de metabolitos secundarios. Pastos y Forrajes. 26(4):335-344
45. García, D.E. *et al.* 2008. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. Zootecnia Tropical. 26(3):191-196.
46. García, L. *et al.* 2003. Determinación del uso eficiente de nitrógeno en cuatro variedades de sorgo para grano en la zona del Pacífico de Nicaragua. La Calera. 3:36.
47. Gdala, J. *et al.* 1991. Ileal and faecal digestibility of polysaccharides in pigs fed diets with different varieties of pea. En: (Eds. Verstegen, M.W.A.; Huisman, J. y den Hartog, L.A.). Proceedings of the Fifth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. 24-26. April. Wageningen. The Netherlands. p. 447-451
48. Gibson, G.R. y McCartney, A.L. 1998. Modification of the gut flora by dietary means. Biochemical Society Transactions, 26: 222-228.
49. Gilbert, P.M. 1999. Sorgo en nutrición animal. ABC Rural, 13 de enero, p. 3.
50. Gómez, J.A. 1997. Plantas utilizadas en la alimentación del cerdo en el Pacífico colombiano. Comunidad Afrocolombiana de Coquí y Comunidad Indígena de Gengadó Partadó. Fundación ESPAVE, Medellín Colombia, 64 p.
51. González, C. *et al.* 2006. An approach to the study of the nutritive value of mulberry leaf and palm oil in growing pigs. Revista Científica, FCV-LUZ. 1:67-71
52. González, E. *et al.* 1998. Rendimiento, calidad y degradabilidad ruminal potencial de los principales nutrientes en el forraje de morera (*Morus alba*). En: Memorias III Taller Internacional Silvopastoril “Los árboles y arbustos en la ganadería”. EEPF “Indio Hatuey”, Cuba.
53. González, J. 1996. Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (*Morus sp.*) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, C.R. 84p.
54. Graham, H. *et al.* 1986. The influence of wheat bran and sugar-beet pulp on the digestibility of dietary components in a cereal-based pig diet. J. Nutr. 116:242-251
55. Guerra, Caridad W. *et al.* 1990. Estadística. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 374 p.

56. Hernández, I. y Babbar, LIANA. 2001. Sistemas de producción animal intensivos y el cuidado del ambiente: situación actual y oportunidades. *Pastos y Forrajes*. 24 (4):281
57. Hernández, I. *et al.* 1998. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Artículo No. 4.
58. Hernández, J. *et al.* 2010. Balance alimentario en la ceba de cerdos. *Revista ACPA*, 3:52
59. Hidalgo, J.C. 1997. Evaluación del control químico de cuatro malezas en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), en el valle de Zamorano. Proyecto especial del Programa de Ingenieros Agrónomos. Zamorano, Honduras. [En línea]: <http://fai.unne.edu.ar/biología/plantas/Alelopatía.htm>. [Consulta: 20/3/08].
60. ICRISAT, 1998. Partnerships in research for development. Annual Report. Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las zonas tropicales semiáridas. Andha Pradesh, India. 12 p.
61. InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 318p.
62. Jegou, D. *et al.* 1994. Consumo y digestibilidad de la morera seca y del nitrógeno del follaje de morera (*Morus* sp) y amapola (*Malvaviscus arboreus*) en cabras lactantes. En: Árboles y arbustos forrajeros en América Central. (Ed. Benavides, J.E.). CATIE. Turrialba, Costa Rica, Vol. 1, p. 155-162
63. Jensen, B.B. 2001. Possible ways of modifying type and amounts of products from microbial fermentation in the gut. En: Gut environment of pigs. (Edrs. A Piva, K.E. Bach Knudsen y J.E Lindberg). pp. 181-200. Nottingham University Press. Nottingham, UK.
64. Jensen, K.H. y Jørgensen. E. 1994. Dietary salbutamol and level protein effects on acute stress response in pigs. *Physiology Behavior*. 55 (2): 375-379.
65. Jin et al., 1994. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation, and morphology in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 72(9):2270-2278
66. Johansen, H.N. *et al.* 1996. Effects of varying content of soluble dietary fiber from wheat flour and oat milling fractions on gastric emptying in pigs. *British Journal of Nutrition*. 75:339-351
67. Kyriazakis, I. y Emmans, G.C. 1995. The voluntary feed intake of pigs given feeds based on wheat bran, dried citrus pulp and grass meal, in relation to measurements of feed bulk. *British Journal of Nutrition*. 73:191-207.

68. Langhans, W. 1999. Appetite regulation. En: Protein metabolism and nutrition. (Edrs. Lobley, G.E.; White, A. y MacRae, J. C.). Publication No 96, Wageningen Press. The Netherlands, p. 225-252.
69. Liyama, K. y Stone, B.A. 1994. Covalent cross – links in the cell wall. *Plant Physiology*. 104:315–320.
70. Low, A.G. 1985. Role of dietary fibre in pig diets. En: Recent advance in animal nutrition. Butterworths, London. p.87-112.
71. Ly, J. 1979. Aspectos morfológicos del sistema digestivo del cerdo. Centro de Investigaciones Porcinas. MINAGRI. Ciudad de La Habana. Cuba. Editorial: Centro de Información y Documentación Agropecuario. p. 5-6.
72. Ly, J. 1995. Fisiología digestiva del cerdo. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. IIP, C. Habana. 136p.
73. Ly, J. 1999. Curso de Fisiología Nutricional del Cerdo. La Habana. Cuba. Instituto de Investigaciones Porcinas. p. 126-135.
74. Ly, J. 2005. Uso del follaje de árboles tropicales en la alimentación porcina. Conferencia. *Rev. Pastos y Forrajes*. 28(1): 11-28.
75. Ly, J. *et al.* 2001. Some aspects of the nutritive value of leaf meals of *Trichanthera gigantea* and *Morus alba* for Mong Cai pigs. *Livestock Research for Rural Development*, 1:3
76. Ly, J. y Macias, M. 1995. Aspectos fisiológicos sobre la utilización de leguminosas en cerdos. En: XXX Aniv. del Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p188-190.
77. Machado, R. y Menéndez, J. 1979. Descripción de gramíneas y leguminosas. En: Los pastos en Cuba. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. p. 91.
78. Machii, H. 1989. Varietal differences of nitrogen and amino acid contents in mulberry leaves. *Acta Sericologica et Entomologica (Japan)* 1, September. P. 51-61
79. Mahecha, L. 2002. Valor nutricional y utilización del Botón de Oro *Tithonia diversifolia* en la alimentación animal En: Tres especies vegetales promisorias: Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*), Bore (*Acacia macrorrhiza*). 1 ed. Cali: CIPAV, 2002. p. 237-255.
80. Mahecha, L. *et al.* 2007. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú) (en línea). *Livestock Research for Rural Development* 19 (2). Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd19/2/mahe19016.htm>. [Consulta: 6 de junio de 2012]

81. Mahecha, L. y Rosales, M. 2005. Valor nutricional del follaje de Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. (en línea). Livestock Research for Rural Development. 17(2). Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/mahe17100.htm>. [Consulta: 6 de junio de 2012].
82. Marrero, L.I. *et al.* 2008. Producción de ensilaje de sorgo uranífero con vistas a la alimentación del cerdo. Memorias. III Seminario Internacional Porcicultura Tropical. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana. (CD-ROM).
83. Martín, G. *et al.* 2002. Agronomic studies with mulberry in Cuba. En: Mulberry for animal production. Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, Rome. p. 103-112
84. Martín, G.J. 2004. Evaluación de los factores agronómicos y sus efectos en el rendimiento y la composición bromatológica de *Morus alba*, Linn. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agronómicas. La Habana, Cuba
85. Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científico de plantas mexicana. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
86. Mena, A. 1989. Desarrollo de sistemas de producción porcina utilizando recursos tropicales: uso de jugo de caña y proteínas foliares. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Informe final. Port-au-Prince. p. 47
87. Mitaru, B.N. *et al.* 1984. Dark and yellow rapeseed hulls, soya bean hulls and a purified fiber source: their effects on dry matter, energy, protein and amino acid digestibilities in castrated pigs. Journal of Animal Science. 59, 1510–1518
88. Morales, J. 2002. Efecto de la fermentación microbiana en el intestino grueso sobre la digestión, absorción y utilización de nutrientes: comparación entre el cerdo Landrace y el Ibérico. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Barcelona, España. 195 p.
89. Nash, D. 1976. Flora de Guatemala. En: Fieldiana: Botany Vol. 24, Part XII. Field Museum of Natural History. p. 323-325.
90. Navarro, F. y Rodríguez, E.F. 1990. Estudio de algunos aspectos bromatológicos del mirasol (*Tithonia diversifolia* Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima.
91. Neumann, M. *et al.* 2002. Resposta econômica da terminação de novilhos e confinamento, alimentados com silagens de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). Ciência Rural. 32 (5):849.

92. Niemeijer, D. 1998. Soil nutrient harvesting in indigenous teras water harvesting in Eastern Sudan. *Land Degradation and Development*. 9 (4):323
93. Nieves, D. 2005. Forrajes promisorios para la alimentación de conejos en Venezuela. Valor nutricional. Alimentación no convencional para monogástricos en el trópico. Memorias del VIII Encuentro de Nutrición de animales monogástricos, del 15-16 Noviembre. GUANARE. Venezuela. 7p.
94. Noblet, J., Fortune, H. , Shi, H.S. y Dubois, S. 1994. Prediction of net energy value of feeds for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 72:344-354
95. NRC. 1998. Nutrient Requirements of Swine: 10th Revised Edition. (en línea): Disponible en: [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=6016](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=6016). Fecha de consulta: 26 de abril de 2012.
96. Ojeda, F. 2005. Valor nutritivo y conservación de la morera (*Morus alba*). Conferencias de Maestría en Pastos y Forrajes. Matanzas. Cuba. 7 p.
97. Oramas, G. *et al.* 1998a. Evaluación de variedades promisorias de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) de grano para consumo humano y animal. Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova», La Habana. 164 p.
98. Oramas, G. *et al.* 1998b. Nueva colección se sorgo (*Sorghum bicolor* L.) para diferentes fines. IIHLD, La Habana. 161 p.
99. Oramas, G. *et al.* 2002. Obtención de variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) de doble propósito a través del método de selección progenie por surco. *Agrotecnia de Cuba*. 28 (1):39.
100. Oramas, G. *et al.* 2003. Evaluación de nuevas variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de grano para consumo humano y animal. *Cultivos Tropicales*. 24 (1):73.
101. Osorto, W.A. *et al.* 2007. Morera (*Morus alba*) fresca o en forma de harina en la alimentación de cerdos en crecimiento y engorde. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 41(1):61
102. Ostrowski, B. 1998. Sistemas intensivos en invierno. *Mundo Lácteo*. 4 (44):148.
103. Pacheco, D.R. 1998. Caracterización agronómica de dieciséis maicillos mejorados (*Sorghum bicolor* L. Moench) en diferentes localidades. Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciatura. El Zamorano, Honduras.
104. Pentón, G. y Reyes, F. 2004. Efecto de la sombra de leguminosas arbóreas intercaladas en plantaciones de morera (*Morus alba*). *Pastos y Forrajes*, 27:299
105. Pérez, A. *et al.* 2010. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) *Pastos y Forrajes* (33):1, 1-15.
106. Phiny, C. *et al.* 2003. Mulberry (*Morus alba*) leaves as protein source for young pigs fed rice-based diets: Digestibility studies. *Livestock Research for Rural Development*. 15(1).



107. Phuc, B. *et al.* 2000. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf protein in cassava root meal based diets for growing pigs on digestibility and N retention. *Animal Feed Science and Technology* 83: 223-235.
108. Planas, N.M. 1999. Dietary fibre: effect on gastric emptying in pregnant sows. MSc. Thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
109. Pond, W.G. y Houpt, A. 1981. *Biología del cerdo*. Zaragoza, Acribia. p. 265.
110. Premaratne, S. 1990. Effect of non-protein nitrogen and fodder legumes on the intake, digestibility and growth parameters of buffaloes. Domestic buffalo production in Asia. Proceedings of the final research co-ordination meeting on the use of nuclear techniques to improve domestic buffalo production in Asia - phase II, Rockhampton, Australia, organised by the joint FAO-IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture.
111. Premaratne, S. *et al.* 1998. Effects of type and level of forage supplementation on voluntary intake, digestion, rumen microbial protein synthesis and growth in sheep fed a basal diet of rice straw and cassava. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 11(6): 692-696.
112. Quisenberry, J.H. y Tanksley, Jr. T.D. 1975. El sorgo granífero en la nutrición de aves de corral y cerdos. *Producción y usos del sorgo*. Ed. Hemisferio Sur. p. 303-324.
113. Rainbird, A.L. y Zebrowsca, T. 1984. Effect of guar gum on glucose and water absorption from isolated loops of jejunum in conscious growing pigs. *British Journal of Nutrition*. 52:489-498
114. Rijnen, M.M.J.A. 2003. Energetic utilization of dietary fiber in pigs. PhD Thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
115. Ríos, C.I. 1993. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, evaluada en cortes sucesivos. Investigación, validación y capacitación en Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Convenio CETEC-IMCA-CIPAV. Informe de avance. Cali. p. 81
116. Ríos, C.I. 1998. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica (en línea) Artículo No. 14. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/Rios14.htm>. [Consulta: 5 de junio de 2012].
117. Ríos, C.I. 1999. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. En: *Agroforestería para la producción animal en América Latina*. (Sánchez M.D. y Rosales, M., Eds). Estudio FAO Producción y Sanidad Animal N° 143. FAO, Roma. p. 311

- 118.Ríos, C.I. y Salazar, A. 1995. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 6 (3):75
- 119.Ríos, Clara I. 2002. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. En: Árboles y arbustos utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Gómez, María y col. (Edrs). CIPAV. Colombia. 171p.
- 120.Rodríguez, A.N. *et al.* 2006. Agricultura Urbana: Una expresión de la agricultura agraria cubana. En: Las Investigaciones agropecuarias en Cuba cien años después. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. p. 115.
- 121.Roig, J. T. y Mesa, A. 1974. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. La Habana. 709 p.
- 122.Roig, J.T. 1974. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. Ediciones de Ciencia y Técnica. Instituto del Libro. La Habana. 949 p
- 123.Rojas, H. y Benavides, J.E. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y otros suplementos en el trópico húmedo de Costa Rica. *Rev. CATIE*. Turrialba, Costa Rica, Vol. 2, p. 145-152
- 124.Rosales, M. 1992. Nutritional value of Colombian folder trees. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y Natural Resources Institute United Kingdom. 50 p.
- 125.Rosales, M. 1996. In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. D. Phil. Departament of Plant Sciences, Oxford University, Oxford, UK. 214 p.
- 126.Ruíz, B. 1992. El componente fibroso en los alimentos para cerdos: utilización de la cascarilla de soya (AN #114). Asociación Americana de Soya, México D.F. 11p.
- 127.Salermo, J.C. 1998. Forrajeras en su máximo esplendor. *Mundo Lácteo*. 4 (40):46.
- 128.Sánchez, M. 1998. Densidad de población óptima de sorgo enano de grano "V-3018". Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIH «Liliana Dimitrova». La Habana, Cuba. p. 47.
- 129.Sánchez, M. 1998. Densidad de población óptima de sorgo enano de grano "V-3018". Producción de cultivos en condiciones tropicales. IIH «Liliana Dimitrova». La Habana, Cuba. p. 47.
- 130.Sánchez, M. D. 2001. Mulberry as animal feed in the world. En: *Mulberry for animal feeding in China*. Hangzhou. China. p. 1
- 131.Sánchez, M.D. 2002. World distribution and utilization of mulberry and its potential for animal feeding. En: *Animal Production and Health Paper No. 147*. FAO, Rome. p. 1-8

- 132.Sánchez, Saray y Reyes, Francisco. 2003. Estudio de la macrofauna edáfica en una asociación de *Morus alba* y leguminosas arbóreas. Pastos y Forrajes. 26:315
- 133.Santoma, G. 1997. ¿Máximo de fibra en cerdos en cebo? Factores que influyen sobre el rendimiento de la canal. XIII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, España.
- 134.Sarría, P. 1999. Experiencias en la utilización de nacedero (*Trichanthera gigantea*) en la alimentación de cerdos. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, CO. 4 p.
- 135.Saucedo, O.M. *et al.* 2008. Sistema de control de daño de las aves en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la provincia de Villa Clara. Memorias. III Seminario Internacional Porcicultura Tropical. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana. (cd-rom).
- 136.Savón, Lourdes. *et al.* 2002. Valor potencial de fuentes fibrosas tropicales para especies monogástricas. Memorias del V Encuentro Regional de Especies Monogástricas, La Habana, Cuba. 4
- 137.Savón, Lourdes. 2002. Fuentes fibrosas tropicales para la alimentación del conejo. II Congreso de Cunicultura de las Américas. 19-22 de Junio. La Habana. Cuba. 69 p.
- 138.Savón, Lourdes *et al.* 2005. Harinas de follajes tropicales: una alternativa para la alimentación de especies monogástricas. Mesa redonda. Pastos y Forrajes. 28(1): 69-79.
- 139.Savón, Lourdes, *et al.* 2008. Efecto de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba. Zootecnia Tropical, 26(3):387
- 140.Schulz, E. *et al.* 1998. Investigations on the digestion of carbohydrates in the different parts of the intestine in pigs. En: Buraczewska, L., Buraczewski, S., Pastuszewska, B, Zebrowska, T (Edrs.) Proceeding of the Fourth International Seminar on Digestive physiology in pigs. Jablonna, Poland, pp. 196-202.
- 141.Selvendran, R.R. 1984. The plant cell wall as a source of dietary fibre: chemistry and structure. Amercian Journal of Clinical Nutrition. 39:320–337
- 142.Shayo, C. M. 1997. Uses yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arid areas of central Tanzania. Tropical Grasslands. 31(6):599-604.
- 143.Smits, C.H.M. *et al.* 1991. En: (Edrs.,Verstegen, M.W.A., Huisman, J. y den Hartog, L.A.). Proceedings of the Fifth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. Wageningen. The Netherlands. p. 471-476

144. Steel y Torrie. 1992. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Editorial Graf América. México 622 p.
145. Stanogias, G. y Pearce, G.R. 1985. The digestion of fibre by pigs. 1. The effects amount and type of fibre on apparent digestibility nitrogen balance and rate of passage. Br. J. Nutr. 53, 513–530.
146. Theander, O. *et al.* 1989. Plant cell and monogastric diets. Anim. Feed Sci. Technol. 23:205–225
147. Theander, O. *et al.* 1999. Enzymatic/chemical analysis of dietary fibre. Journal of AOAC, 77: 703–709.
148. Ting-Zing, Z. *et al.* 1988. FAO Agricultural Services Bulletin. No. 73/1. FAO, Roma. 127 p.
149. Trigueros, R.O. y Villalta, P. 1997. Evaluación del uso de follaje deshidratado de morera (*Morus alba*) en la alimentación de cerdos de la raza Landrace en etapa de engorde. En: Resultados de Investigación. CENTA, El Salvador. p. 150-155
150. Vallejo, M.A. 1995. Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales. Tesis de Maestro en Ciencias. CATIE. Turrialba, C.R. 98 p.
151. Van der Meulen, W. y Bakker, J.M. 1991. Effect of various sources of dietary fibre on chemico-physical characteristics of digesta in the stomach and the small intestine of the pig. En: (Edrs., Verstegen, M.W.A.; Huisman. J. y den Hartog, L.A.). Proceedings of the Fifth International Symposium on Digestive Physiology in Pigs. 24-26. April. Wageningen. The Netherlands. p. 440-445
152. Van Soest, P. J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Ass. Offic. Agr. Chem. 46:829-35.
153. Van Soest, P.J. 1992. Nutricional ecology of the ruminant. Durhan and Downey Inc. Portland. USA. 345 p.
154. Vargas, J. E. 1996. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. Tesis Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana - IMCA - CIPAV. Cali. 104 p.
155. Vargas, J.E. 1994. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. En: Memorias II Seminario Internacional Desarrollo sostenible de Sistemas Agrarios, Maestría en Sistemas Sostenibles de Producción Animal en los Trópicos. Cali. P 135-149.
156. Vestergaard, E.M. 1997. The Effect of dietary fiber on Welfare and productivity of sows. Ph.D. Thesis. The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen

157. Vitale, J.D. *et al.* 1998. Expected effects of devaluation on cereal production in the Sudanian region of Mali. *Agricultural Systems*. 57 (4):489.
158. Wambui, C.C. *et al.* 2006. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. *Livestock Research for Rural Development*. Vol. 18 (64). Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/5/abdu18064.htm>. [Consulta: 6 de junio de 2012].
159. Wanjau, S. *et al.* 1998 Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante. *Boletín de ILEIA*. 25 p.
160. Wen, K.C. 2001. The role of dietary fiber in the digestive physiology of the pig. *Animal Feed Science and Technology*. 90: 21-23.
161. Wikipedia, 2012. *Sorghum bicolor* (en línea). Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sorghum\\_bicolor](http://es.wikipedia.org/wiki/Sorghum_bicolor). [Fecha de consulta: 26 de abril de 2012].

## ANEXOS

### Anexo 1. Características bromatológicas de los alimentos ofrecidos en las dietas experimentales

<b>Alimento</b>	<b>MS (%)</b>	<b>PB (%)</b>	<b>EM (MCal. Kg/MS)</b>	<b>FND (%)</b>	<b>FAD (%)</b>	<b>Ca (%)</b>	<b>P (%)</b>
Concentrado	88	16,76	3,29			0,67	
Sorgo	88	9,6	2,86	19,50		6,00	2,52
Titonia	24	22,68	2,16	27,54	19,61	1,67	0,32
Morera	25	17,67	2,23	26,03	13,91	1,92	0,15