

Utilización de la harina de panapén (*Artocarpus altilis*) como sustituto parcial en dietas para cerdos en crecimiento

Por

Wendelyn Méndez Maldonado

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

INDUSTRIA PECUARIA

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGUEZ
2014

Aprobado por:

Aixa Rivera Serrano, MS.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Enid Arcelay Ruiz, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Víctor Siberio Torres, Ph.D.
Miembro del Comité Graduado

Fecha

Carmen S. Santana Nieves, Ph.D.
Presidente del Comité Graduado

Fecha

José R. Latorre Acevedo, Ph.D.
Director del Departamento

Fecha

Pedro Resto Batalla, Ph.D.
Representante Estudios Graduados

Fecha

Abstract

Substitution of 0 and 10% of a commercial feed with breadfruit (*Artocarpus altilis*) meal in the diet for grower pigs was evaluated. Forty six pigs (23 females and 23 intact males) with an average initial weight of 26.5 ± 1.1 kg, were allotted by sex and weight, in 12 pens (3-4 pigs/pen), until reached a final slaughter weight of 73.4 ± 5.9 kg. Growth characteristics, carcass traits and pork quality were analyzed in a one way arrangement, with a 2x2 factorial, for the fixed effects of 0 vs 10% of breadfruit meal and gender. The substitution with 10% of breadfruit meal in the diet, did not significantly affect ($P > 0.05$) average total weight gain (48.3 vs 48.7 ± 1.2 kg), average daily weight gain (826 vs 764 ± 30 g), average daily intake per pig (2.4 vs 2.3 ± 0.1 kg) or feed efficiency (0.34 vs 0.33 ± 0.02) for the pigs consuming a diet with 0 vs 10%, respectively. Duration of experimental period was significantly higher in the animals consuming 10% of breadfruit meal (63.91 vs 58.59 ± 1.55 days, for 10 vs 0% of breadfruit meal, $P \leq 0.05$). No differences were found for carcass traits or pork quality, associated to breadfruit meal intake.

No significant differences were found between females and intact males for growth characteristics, carcass traits or pork quality. Only the shear force in raw pork was greater for intact males compare with females (4.26 ± 0.51 vs 3.22 ± 0.45 for males and females, respectively $P < 0.05$). According to the results obtained in the present investigation the substitution with 10% of breadfruit meal in the diet of growing pigs can be an effective alternative ingredient for swine diets in Puerto Rico.

Resumen

La sustitución de 0 y 10% de alimento comercial con harina del fruto de panapén (*Artocarpus altilis*) en la dieta para cerdos en crecimiento fue evaluada. Cuarenta y seis cerdos (23 hembras y 23 machos enteros) con un peso promedio inicial de 26.5 ± 1.1 kg, fueron distribuidos por sexo y peso, en 12 jaulas (3-4 cerdos/jaula), hasta alcanzar un peso final de matanza de 73.4 ± 5.9 kg. Las características de crecimiento, rasgos de canal y calidad de carne fueron analizadas en un arreglo de una vía, con un factorial 2 x 2, para los efectos fijos de 0 vs 10% de harina del fruto de panapén y sexo. La sustitución con 10% de harina de panapén en la dieta, no afectó significativamente ($P > 0.05$) la ganancia promedio en peso total (48.3 vs 48.7 ± 1.2 kg), ganancia promedio en peso diario (826 vs 764 ± 30 g), consumo promedio diario por cerdo (2.4 vs 2.3 ± 0.1 kg) ni la eficiencia alimenticia (0.34 vs 0.33 ± 0.02) para 0 y 10%, respectivamente. El largo del periodo experimental fue significativamente mayor en los animales consumiendo 10% de harina de panapén (63.91 vs 58.59 ± 1.55 días, para 10 vs 0% de harina de panapén, $P \leq 0.05$). No se encontró ninguna diferencia para los rasgos de canal ni calidad de carne, asociado al consumo de harina de panapén.

No se encontraron diferencias significativas entre hembras y machos enteros para las características de crecimiento, rasgos de canal o para calidad de carne. Solo la fuerza de corte en carne cruda fue mayor para machos enteros comparado con hembras (4.26 ± 0.51 vs 3.22 ± 0.45 para machos y hembras, respectivamente $P < 0.05$). De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, la sustitución con 10% de harina de panapén en la dieta de cerdos en crecimiento, puede llegar a ser un ingrediente alternativo efectivo en la dieta para cerdos en Puerto Rico.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia, a mi hijo Adriel Jovan Romero Méndez y mi esposo Carlos Jovan Romero García, y a mis padres Wanda Iris Maldonado Maldonado y Jorge Del Valle Torres por haberme dado el coraje para comenzar y terminar la trayectoria de esta etapa, por haber sido la motivación de mis fuerzas y porque fueron mi roca de apoyo incondicional durante todo el proceso.

Agradecimientos

Le agradezco primeramente a Dios por darme la fuerza, la oportunidad, la gracia y el orgullo de brillar por mi esfuerzo. Mi más profundo agradecimiento va a la Dra. Carmen S. Santana y a todas las personas que pusieron su grano de sabiduría, me regalaron su tiempo y caminaron junto a mí a través de esta jornada. A todos se les agradece su esfuerzo, dedicación y colaboración para hacer de esta meta trazada una meta alcanzada. Al personal de la Granja de Industrias Pecuarias en Lajas y Departamento de Industria Pecuaria del RUM, a mi familia y mis amistades, reciban mi agradecimiento y gratitud por su disposición a ayudar y apoyo para conmigo.

Gracias a Todos.

Tabla de Contenido

Contenido	Página
Lista de Tablas	viii
Lista de Figuras	ix
I. Introducción	1
II. Objetivos	3
III. Revisión de Literatura.....	4
A. Fuentes tradicionales de alimentación en cerdos	4
B. Características de crecimiento, canal y calidad de carne en cerdos.....	8
a. Características de crecimiento	8
b. Características de canal	10
c. Calidad de carne	11
C. Fuentes alternas de alimentación	12
D. Panapén (<i>Artocarpus altilis</i>)	16
a. Descripción	16
b. Usos	17
c. Limitaciones.....	20
IV. Materiales y Métodos	22
A. Animales y facilidades físicas	22
B. Alimentación	23
C. Proceso de matanza	24
D. Variables analizadas	24
a. Características de crecimiento	24

b. Características de canal	27
c. Calidad de carne	30
E. Análisis estadístico	35
a. Características de crecimiento	35
b. Características de canal y calidad de carne	36
V. Resultados y Discusión.....	39
A. Características de crecimiento	39
B. Características de canal	43
C. Calidad de carne	51
VI. Conclusiones	56
VII. Recomendaciones	57
VIII. Bibliografía	58

Lista de Tablas

Tablas	Página
Tabla 1. Valor nutricional del fruto de panapén	18
Tabla 2. Composición química de la harina del fruto de panapén en base seca (BS)	19
Tabla 3. Factores antinutricionales de la harina de panapén	21
Tabla 4. Variables analizadas	25
Tabla 5. Características de crecimiento analizadas por efecto de sustitución con harina del fruto de panapén y sexo	40
Tabla 6. Características de canal analizadas por efecto de sustitución con harina del fruto de panapén y sexo	44
Tabla 7. Distribución de los componentes de la canal analizados por efecto de sustitución con harina del fruto de panapén y sexo.....	48
Tabla 8. Rendimiento de cortes principales en base a suma total de cortes principales	50
Tabla 9. Calidad de carne analizada por efecto de sustitución con harina del fruto de panapén y sexo	52

Lista de Figuras

Figuras	Página
Figura 1. Jaula con animales	22
Figura 2. Comederos fijos en cemento	22
Figura 3. Cosecha, corte, secado y molienda del panapén	23
Figura 4. Procesos en el matadero	24
Figura 5. Pesaje de animales	27
Figura 6. Pesaje de vísceras rojas y blancas	28
Figura 7. Canales frías de cerdos	28
Figura 8. Banda derecha e izquierda de una canal	29
Figura 9. Colorímetro	31
Figura 10. Metro de pH	32
Figura 11. Capacidad de Retención de Agua (de izquierda a derecha: Prensa Carver, papel de filtro con muestra y planímetro)	33
Figura 12. Sistema de extracción ANKOM	34
Figura 13. Warner Bratzler Meat Shear	35

I. Introducción

La producción porcina ha sido durante siglos parte de la cultura puertorriqueña, siendo la carne de cerdo su principal producto. En orden de la aportación que hacen al ingreso bruto agrícola de Puerto Rico, esta empresa se encuentra actualmente entre las primeras diez empresas agrícolas del país (Anónimo, 2010). De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Puerto Rico, se estima que el consumo de carne de cerdo en la Isla es alrededor de 200 millones de libras y de estos solo el 6.1% es producido localmente (Anónimo, 2009). Una de las principales causas para este bajo porcentaje de producción se debe a que muchas fincas porcinas han cesado operaciones debido a los altos costos de producción que estas conllevan.

El costo principal en el manejo y la crianza de cerdos es la alimentación, la cual puede representar más del 75% de los costos totales de producción (Argenti y Espinoza, 2007; Castellanos, 2013). Según Argenti y Espinoza (2007), las dietas para cerdos se formulan principalmente en base a su contenido de proteína y energía. Estos nutrientes son esenciales para el mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción (Espinoza y Cataño, 2005) en los cerdos. Entre los ingredientes tradicionales utilizados mundialmente en la formulación de las dietas de cerdos para aportar estos nutrientes se encuentran el maíz como fuente de energía y la soya como fuente de proteína (Argenti y Espinoza, 2007).

Estados Unidos es considerado mundialmente como el principal productor y exportador de maíz, utilizando gran cantidad de este en la producción de etanol (Urriola et al., 2007). El uso de maíz para esos fines ha causado un gran aumento en

el costo de este ingrediente y promete seguir aumentando ya que algunos estudios revelan que, para el año 2017, se espera que se utilice más de un 70% de la producción total de maíz en los Estados Unidos para la producción de etanol (Reyes, 2007). La utilización del maíz para la obtención de etanol ha aumentado mundialmente el costo de este ingrediente a más del 50% en la última década, según datos ofrecidos por el Banco Mundial (2012). Esto implica que no habrá suficiente maíz disponible para el consumo humano, por tanto menor aún será su disponibilidad como ingrediente para el uso animal. Esto nos indica la necesidad de evaluar fuentes alternas de alimentos que estén disponibles localmente y que puedan ser utilizados en la formulación de dietas para cerdos.

II. Objetivos

En la presente investigación se evaluó la utilización de la harina de panapén como sustituto parcial en la dieta de cerdos en crecimiento para determinar su efecto sobre las características de crecimiento, canal y calidad de carne.

La información recopilada servirá para determinar el uso de una posible fuente alterna de alimentación producida localmente (panapén), a la que puedan recurrir los porcinocultores como un ingrediente relativamente accesible en la alimentación de los cerdos.

III. Revisión de Literatura

A. Fuentes tradicionales de alimentación en cerdos

El cerdo (*Sus domesticus*), como comúnmente se le conoce hoy día, descende de la domesticación del *Sus scrofa* o cerdo salvaje originario de Europa (Graves, 1984). El mismo llega a Puerto Rico durante la colonización española a finales del siglo XV, ya que la carne de cerdo era uno de los ingredientes principales en la alimentación de los españoles y acostumbraban llevar pjaras en sus expediciones (Del Rio, 1996). Desde ese momento ha sido de igual forma un producto que forma parte de la dieta del Puerto Rico de hoy.

Al ser la carne de cerdo parte de la alimentación cotidiana en la Isla, la producción porcina ha sido antes y ahora uno de los pilares en la industria agrícola de la Isla. En una producción, de cualquier especie, la alimentación del animal es uno de los factores más importantes a tomarse en consideración porque en ello estriba el desarrollo eficiente del animal y el éxito de la empresa. El cerdo es un mamífero no rumiante o monogástrico que posee un estómago simple (Bollen et al., 2000; Flanders, 2011). Este tipo de sistema digestivo limita al cerdo en el consumo de una variedad de alimentos, ya que estos deben ser altamente digeribles y satisfacer así las necesidades de cada etapa del animal (Campabadal, 2009). Estas necesidades varían según la edad, peso y el fin con el que se cría el animal ya sea para reproducción o para carne (Huntzicker et al., 2009).

En animales destinados para la producción cárnica se busca que los mismos ganen la mayor cantidad de peso consumiendo la mínima cantidad de

alimento. Una dieta balanceada debe contener energía, proteína, vitaminas y minerales en las cantidades requeridas por el cerdo (Campabadal, 2009). La energía es uno de los nutrientes de mayor importancia ya que es necesaria para los procesos vitales del organismo y usualmente es provista al animal mediante carbohidratos y grasas (Monge, 2005; Campabadal, 2009). Las proteínas son sumamente importantes para la deposición de músculo y su calidad depende de los aminoácidos que la componen (Monge, 2005; Pinelli et al., 2004). Las vitaminas y minerales son por lo general provistos con las premezclas y fuentes de calcio y de fósforo, con el fin de satisfacer las deficiencias de vitaminas y minerales que puedan tener las fuentes principales de energía y proteína al formular la dieta (Campabadal, 2009; Pinelli et al., 2004).

Dentro de las fuentes de energía más utilizadas se encuentran el maíz, el sorgo y los subproductos de destilerías. El maíz es el ingrediente más utilizado mundialmente en la formulación de dietas para cerdos (McGlone y Pond, 2003). Según De Blass y colaboradores (2010) el maíz es uno de los ingredientes más famosos en la formulación de dietas por su valor energético, palatabilidad y bajo contenido de factores antinutricionales. En adición a sus características nutricionales, que hacen del maíz uno de los granos más utilizados, hay que sumarle el hecho de que es uno de los granos más producido a nivel mundial, con un estimado de producción mundial para febrero de 2014 de 966.63 millones de toneladas (De Blass et al., 2010). El sorgo, según De Blass y colaboradores (2010), es el cuarto grano más utilizado en la formulación de alimentos para cerdos. Se utilizan mayormente las variedades de colores claros (amarillo y

blanco) donde la presencia de taninos condensados es baja. Esto es importante ya que los taninos propician una disminución en la palatabilidad y la utilización de nutrientes por parte del animal (De Blass et al., 2010).

Los subproductos de destilería son principalmente residuos de la producción de etanol utilizando fuentes ricas en almidón, como el maíz, el sorgo y el trigo (De Blass et al., 2010). Las características de estos subproductos van a estar determinadas principalmente por el grano original, eficacia y condiciones del procesamiento (forma, tiempo y cantidad de calor), naturaleza del producto original y las condiciones de transporte y almacenaje (De Blass et al., 2010). En general este tipo de ingrediente posee de un 20-35% de proteína, 8-15% de grasa y 0.41-1.45% de fósforo (Barragan et al., 2008).

Las fuentes de proteína proceden de dos orígenes: vegetal y animal. La más utilizada de origen vegetal es la harina de soya (Campabadal, 2009). Campabadal (2009) expone que existen dos tipos de esta harina, las cuales se caracterizan por el porcentaje de proteína que contienen, y que la utilizada en dietas para cerdos es la que contiene 48% de proteína por la calidad de los aminoácidos presentes. Se utiliza este ingrediente en forma de harina ya que su forma cruda tiene una cantidad considerable de factores antinutricionales que se disminuyen al ser expuesta al calor adecuado y necesario para producir la harina (De Blass et al., 2010). Aun así, contiene otros factores antinutricionales que son termoresistentes como las saponinas que afectan el consumo y el aprovechamiento de los nutrientes por el animal (De Blass et al., 2010).

Entre las fuentes de proteína de origen animal figuran la harina de pescado y la harina de sangre. La harina de pescado proviene de los residuos de la preparación del pescado para la venta. Santana (2004) explica que existen dos formas para obtener la harina de pescado a saber: harina de pescado de pista y harina de pescado industrial. Según éste, la harina de pescado de pista consiste en secar al sol los desperdicios de pescado para luego molerlos y empacarlos, y la harina de pescado industrial es mediante el uso de diferentes maquinarias industriales. La harina de pescado posee más de 60% de proteína, es una fuente excelente de aminoácidos esenciales digeribles, altas cantidades de fósforo, presencia de minerales de importancia y vitaminas del complejo B (Santana, 2004; Campabadal, 2009; De Blass et al., 2010).

La harina de sangre es el resultado del procesamiento de la sangre proveniente del faenado de animales (Beltrán y Perdomo, 2007). Algunos investigadores indican que la harina de sangre posee más de 70% de proteína y altos niveles de lisina, uno de los aminoácidos más importante en la dieta de cerdos, y de hierro, debido a su contenido de células rojas (Albarracin, 2003; McGlone y Pond, 2003; Campabadal, 2009). Su uso era limitado por su baja palatabilidad y digestibilidad debido a los métodos de secado, pero estos métodos se han mejorado y, a su vez, ha mejorado la palatabilidad y digestibilidad del producto (McGlone y Pond, 2003; Campabadal, 2009). Su preparación consiste en recolección, deshidratación, molienda y empaque (Beltrán y Perdomo, 2007).

A pesar de que existe una variedad de ingredientes para la formulación de raciones para cerdos, el maíz y la harina de soya continúan siendo los dos más populares en la industria de producción porcina. Sin embargo, en las últimas décadas se ha observado un incremento en la utilización de los granos secos de destilería con solubles (Yoon et. al., 2010; Whitney et. al., 2006).

B. Características de crecimiento, canal y calidad de carne en cerdos

a. Características de crecimiento

En animales destinados para la producción de carne, las dietas utilizadas están formuladas para lograr la máxima eficiencia de los cerdos (Pinelli et al., 2004). Cuando los investigadores evalúan el desempeño de un animal para características de crecimiento, estos miden variables como lo son el consumo y la ganancia diaria promedio, y la razón ganancia : consumo o eficiencia alimenticia del animal. Se estima que animales para terminado, entre los pesos de 80-120 kg, deben tener un consumo diario de 2.95 kg de alimento, una ganancia diaria de 0.90 kg de peso y una eficiencia de 0.30 (Lammers et al., 2007).

Fortin y colaboradores (2003) utilizaron dietas formuladas con trigo/soya y avena/soya, para evaluar el consumo, la ganancia y la eficiencia alimenticia de animales recibiendo las mismas. Los investigadores encontraron que los animales alimentados con la dieta de trigo, en promedio consumieron más alimento y ganaron más peso que los animales alimentados con la dieta formulada con avena, pero obtuvieron la misma eficiencia alimenticia para ambas dietas (Fortin et al., 2003). Real y

colaboradores (2002) reportaron un mayor consumo, ganancia en peso y eficiencia alimenticia en cerdos consumiendo una dieta a base de maíz y harina de soya de 46.5% de proteína en comparación con animales que recibieron una dieta de maíz y harina de soya de 48% de proteína (Fabian et al., 2003).

Whitney y colaboradores (2006) reportaron que cerdos alimentados con dietas formuladas a base de 20% ó 30% de granos secos de destilería con solubles de maíz (Distillers Dried Grains with Soluble, DDGS), tuvieron una ganancia diaria de peso menor comparado con los alimentados con dietas formuladas a base de 0% ó 10% de DDGS. El consumo diario no se vio afectado con la inclusión de ninguno de los niveles de DDGS a la dieta y la eficiencia alimenticia disminuyó cuando las dietas contenían 30% vs 0%, 10% y 20% de DDGS (Whitney et al., 2006). Por otra parte, Linneen y colaboradores (2008) no reportaron diferencias significativas para consumo diario, ganancia diaria ni para eficiencia alimenticia en dietas con 10, 20 y 30% de DDGS. Así mismo, Widmer y colaboradores (2008) exponen que el desarrollo del cerdo no se ve afectado al añadir 10 o 20% de DDGS a las dietas. Estos investigadores sugieren que la diferencia obtenida entre los diferentes estudios realizados puede estar relacionado a la calidad del ingrediente utilizado ya que la misma puede verse afectada por el procesamiento al que es sometido el ingrediente (Widmer et al., 2008).

b. Características de canal

Para clasificar un cerdo tipo carne se han desarrollado valores estandarizados para las características de canal de mayor importancia. Algunas de estas características lo son el rendimiento y largo de la canal, la medida de la capa de grasa dorsal y el área del músculo dorsal largo (*Longissimus dorsi*). Se espera que el rendimiento de la canal de un animal adulto esté alrededor del 75%, el largo de la canal promedio de 78.23 cm, una capa de grasa dorsal promedio de 3.81 cm y una área del músculo dorsal largo promedio de 28.83 cm² (Ray, 2004; Salazar, 2009; Rosas, 2010).

Al evaluar el impacto de diferentes dietas sobre las características de canal, Fortin y colaboradores (2003) reportaron un mayor rendimiento de canal y espesor de capa de grasa en cerdos consumiendo dietas formuladas con avena y soya vs trigo y soya en los cuales el área del músculo dorsal largo fue mayor. Por otra parte, los cerdos consumiendo dietas formuladas con maíz y harina de soya conteniendo 46.5% de proteína, obtuvieron una mayor área del músculo dorsal largo en comparación con una dieta formulada con maíz y harina de soya con 48% de proteína, en la cual se obtuvo valores más altos para el espesor de la capa de grasa en la decima costilla (Real et al., 2002; Fabián et al., 2003).

Para dietas formuladas con inclusiones de granos secos de destilería con solubles, Widmer y colaboradores (2008) indican que en sus datos el rendimiento de canal, espesor de la capa de grasa y el área del músculo

dorsal largo no se vieron afectados por inclusiones de 10 y 20% de este producto. Por el contrario, Whitney y colaboradores (2006) reportaron efectos negativos para inclusiones de 20 y 30% de DDGS con una disminución en el rendimiento de la canal. Linneen y colaboradores (2008) reportaron efectos similares en animales alimentados con dietas formuladas a basa de una inclusión de 20% de DDGS.

c. Calidad de carne

Para evaluar la calidad de la carne se toma en consideración ciertos parámetros donde los de mayor importancia son el pH, la capacidad de retención de agua, el color y la terneza. El pH de la carne afecta directamente la capacidad de retención de agua, el color y la terneza básicamente como una reacción en cadena. El pH afecta principalmente a las proteínas y esto a su vez impacta las demás medidas (Lonergan, 2008). Dietas formuladas con ingredientes como el trigo, la avena, el maíz y la harina de soya con 46.5 y 48% de proteína no han mostrado efectos adversos para las principales medidas de calidad de carne (Real et al., 2002; Fabian et al., 2003; Fortin et al., 2003).

Widmer y colaboradores (2008) indican que el pH, color y terneza en la carne no se vieron afectados por la inclusión de 10-20% de DDGS en la dieta. Estos datos fueron similares a los obtenidos por Whitney y colaboradores (2006) donde reportan que inclusiones de 10, 20 y 30% de DDGS no afectan los principales parámetros de calidad de carne. Widmer y colaboradores (2008) también evaluaron la palatabilidad de la carne de

cerdos consumiendo DDGS. En general, estos no encontraron ningún efecto significativo en las preferencias del consumidor para la carne proveniente de estos animales.

C. Fuentes alternas de alimentación

La existente crisis mundial por la utilización de granos de gran importancia, como el maíz en la producción de etanol, ha forzado la necesidad de buscar alternativas alimentarias para humanos y animales. El alza en los precios del maíz ha provocado que la industria porcina en Puerto Rico se vea deteriorada por los altos costos de producción que esto acarrea. Por esta razón surge la necesidad de buscar fuentes alternas de alimentación que utilicen materia prima local con el fin de salvaguardar ésta en la Isla.

En las últimas décadas se han realizado estudios en países como Colombia, Venezuela, Cuba, entre otros, donde se le ha dado especial énfasis a cultivos no convencionales para la alimentación de cerdos (Vásquez, 2003; Leyva, 2010). Entre estos se encuentran: leguminosas, gramíneas, raíces y oleaginosas que puedan ser utilizados como fuentes alternas de alimentación y/o sustitución parcial al alimento comercial (Vásquez, 2003) y que son producidos en cada país. Algunos de estos han sido utilizados en el pasado como ingredientes en la alimentación de cerdos en la Puerto Rico. Entre estos se encuentran la yuca, batata, calabaza, panapén y coco. Adicional a la incorporación de ingredientes no tradicionales en la dieta de cerdos, algunos países han adoptado prácticas de crianza distintas a las comúnmente utilizadas de mantener los animales en confinamiento. Esto se ha hecho con el fin de

reducir la cantidad de concentrado que se le dá a los cerdos. En algunos lugares, como regiones de Estados Unidos, Puerto Rico y Cuba, se han utilizado o se mantiene la cría de cerdos en sistemas de pastoreo. La implementación correcta de estos sistemas han reflejado efectos positivos en la producción porcina (Sáinz, 2004; Ly y Rico, 2006).

Las leguminosas son consideradas un alimento de gran valor nutricional, principalmente proteico. Estas tienen la capacidad de fijar nitrógeno, haciéndolo disponible para el uso por la planta (Acuña, 1996). Las diferentes especies de leguminosas pueden encontrarse en forma de arbustos, rastreras, vainas, hierbas, entre otros (Armstrong, 2005). Algunas leguminosas utilizadas en la alimentación de cerdos incluyen: *Medicago sativa*, conocida comúnmente como alfalfa y *Vigna unguiculata*, conocida comúnmente como caupí (Vásquez, 2003). La alfalfa se considera como una de las leguminosas con más porciento de proteína, es un cultivo perenne y puede crecer en climas subtropicales (Vásquez, 2003). Esta leguminosa posee factores antinutricionales como: ácido oxálico y taninos, entre otros (Duke, 1983). Según Vásquez (2003) algunos síntomas que puede presentar el animal de causarle daño el consumo de éstas son: fotosensibilización, desórdenes reproductivos, nefritis intersticial, pericolangitis e ictericia. El caupí se considera, al igual que la alfalfa, un ingrediente de alto valor proteico. Estudios revelan que la utilización de la harina de caupí puede sustituir hasta un 20% la fuente proteica comúnmente utilizada en el alimento de cerdos dando resultados biológica y económicamente viables (Castro, 2002).

El grupo de las gramíneas también representa una buena fuente alterna de alimentación para cerdos. Estas pueden producirse efectivamente en diferentes climas por la resistencia a condiciones climáticas que posee (San Miguel, 2008) lo que facilita la producción en Puerto Rico. El arroz (*Oryza sativa*) se encuentra entre las gramíneas a utilizarse como posibles fuentes alternas de alimentación o como sustituto de los principales ingredientes para formular dietas de cerdos. Una investigación en Venezuela enfatiza que el arroz es uno de los granos que más se produce mundialmente, su precio se ha mantenido relativamente estable, no posee componentes tóxicos y puede sustituir hasta un 50% las dietas basadas en maíz y soya (Anónimo, 2006). Otras gramíneas utilizadas en la alimentación de cerdos en sistemas de pastoreo son *Digitaria swazilandesis* (Swazi) y *Dichanthium aristatum* (Ángleton) (Mora et al., 2005).

El uso de raíces y follaje de plantas, como la yuca (*Manihot esculenta*) y la batata (*Ipomoea batata*), también se han considerado, ya que estos pueden cubrir las necesidades energéticas y proteicas requeridas en una dieta para cerdos. Estudios demuestran que los cerdos aceptan dietas que contengan follajes y raíces de estos cultivos, ya sea en forma fresca o deshidratada (Trómpiz et al., 2000; González et al., 2003). Al momento de cosechar la yuca esta debe tener alrededor de 240 días y se puede utilizar la raíz como fuente de energía y el follaje (hojas y partes tiernas) como fuente de proteína con un 20-25% de contenido proteico (Trómpiz, 2000). Trómpiz y colaboradores (2000) compararon la inclusión de 0 y 15% de harina de follaje de yuca en dietas para cerdos en crecimiento e indicaron que no hubo diferencias significativas para

ganancia en peso, conversión alimenticia y tiempo en llegar al peso deseado. Sin embargo, los animales alimentados con la dieta que contenía el 15% de harina de follaje de yuca consumieron una mayor cantidad de alimento. González y colaboradores (2003) estudiaron la sustitución de maíz y soya por un 25, 50, 75 y 100% de raíz de batata deshidratada. Estos investigadores encontraron que la ganancia en peso y la conversión alimenticia disminuyó para sustituciones con 75 y 100% de raíz de batata deshidratada mientras que el tiempo en llegar al peso deseado fue mayor (23 días más) con un 100% de sustitución con raíz de batata deshidratada (González et al., 2003).

Las oleaginosas son plantas cuyos frutos sirven para la extracción de aceites (Vásquez, 2003). En este grupo podemos encontrar cultivos como la palma africana (*Elaeis guineensis*) de la cual se utiliza su fruto, aceite y la cachaza como una fuente alterna de energía en dietas para cerdos (Ocampo, 1990). Ocampo y colaboradores (1990) reportaron que la sustitución del sorgo por la cachaza de palma africana (0, 25, 50, 75, 100%) en raciones para cerdos, aumentó la ganancia diaria y disminuyó el tiempo en alcanzar el peso deseado según aumentaba el nivel de sustitución. Gómez y colaboradores (2007) reportaron que la sustitución de la ración para cerdos de engorde por 0, 10 y 20% de torta de palmiste no fue significativamente diferente para la ganancia en peso, el consumo de alimento y conversión alimenticia. Sin embargo, la capa de grasa aumentó según el incremento en el nivel de sustitución de torta de palmiste (Gómez et al., 2007). Estudios realizados en la Universidad de Illinois

demonstraron una disminución considerable en los costos de alimentación en cerdos criados a pastoreo (Vásquez, 2003). O'Meara (2010) reporta que la crianza de cerdos a pastoreo permite la expresión de ciertos comportamientos naturales, disminuye los costos de producción y los costos de alimentación, por lo tanto, termina resultando beneficioso para el animal y para el bolsillo del productor. Por otro lado, un mal manejo de estos sistemas de pastoreo puede conducir a problemas severos de infestación por parásitos y en la disipación de calor. Estos problemas pueden ser corregidos con la implementación de un sistema de rotación de pastos, programas de desparasitación y con pozas de enfriamiento como un método para disipar el calor (O'Meara, 2010).

D. Panapén (*Artocarpus altilis*)

Otro ingrediente que ha sido evaluado en la dieta de los cerdos y que muestra un gran potencial en la Isla, es el panapén.

a. Descripción

Taxonómicamente el panapén pertenece al género *Artocarpus* de la familia de las Moraceae (Ragone, 1997; Leyva, 2010). Es originario del Pacífico, de las islas de la Polinesia, y fue introducida a las islas del Caribe por el Capitan Bligh alrededor del 1793. Se considera una planta perenne, no posee semillas y su producción se da mejor en climas tropicales húmedos que tengan una precipitación anual que oscile entre 1500 y 2500 mm y con temperaturas anuales entre 18 y 32 °C (Parrota, 1994). Las flores del árbol de panapén son monoicas (flores masculinas y femeninas en un mismo árbol, Ragone, 1997), comienzan a dar fruto entre

los 4-7 años de edad y la producción ocurre dos veces al año (Parrota, 1994). Su propagación es vegetativa, principalmente por esquejes radicales adquiridas de árboles con alrededor de 5 años de edad. Generalmente los árboles adultos de panapén alcanzan 12 y 18 m de altura (Parrota, 1994). Según Parrota (1994), en Puerto Rico no se ha observado ningún agente dañino para este cultivo.

b. Usos

El fruto del árbol de panapén es comúnmente utilizado para la alimentación de humanos por ser una buena fuente de carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales (Tabla 1). Se ha vinculado su uso a remedios caseros y en la medicina. Como remedio casero se ha utilizado para contrarrestar diarreas, dolor de oído, diabetes y conjuntivitis, entre otros (Leyva, 2010). En la medicina se ha utilizado para tratar tumores y leucemia (Parrota, 1994). Además de esto, del árbol de panapén se obtiene madera, se considera ornamental y ayuda al suelo (Leyva, 2010).

El panapén ha sido estudiado como una fuente alterna en la alimentación de cerdos durante varias décadas en países como Cuba (Leyva, 2010). El fruto del panapén se considera una excelente fuente de alimentación para animales como cerdos, pollos y conejos. En Cuba se ha evaluado la utilización de la harina del fruto de panapén (Ortiz et al., 2011) y del follaje del árbol, como fuentes de alimentación en cerdos, conejos, pollos y ovinos (Leyva, 2010).

Tabla 1. Valor nutricional del fruto de panapén.

Nutriente	Fresco (por cada 100g)	Cocido (por cada 100g)
Agua (%)	61.9	47.7
Proteína (g)	7.9	8.1
Carbohidrato (g)	26.6	38.2
Grasa (g)	2.0	4.9
Calcio (mg)	48.3	46.6
Fosforo (mg)	189	186
Hierro (mg)	2.3	2.3
Niacina (mg)	1.8	2.1
Tiamina	0.13	0.33
Riboflavina	0.08	0.10
Vitamina C	22.6	1.9

Adaptado de: Ragone (1997).

En la Tabla 2 se presenta la composición química de la harina de panapén en base seca. Estudios realizados en cerdos indicaron que una inclusión de 10 y 20% de harina del fruto de panapén como sustituto del maíz, podría disminuir los costos de alimentación sin degradar significativamente el desempeño del animal (Leyva, 2010). Ortiz y colaboradores (2010) no encontraron efectos adversos en las características de crecimiento y rendimiento de la canal en cerdos, con una inclusión de 10% de harina de panapén. Tampoco reportaron efecto

en la composición química del músculo *L. dorsi* y la palatabilidad de la carne con la inclusión de 10, 20 y 30% de harina de panapén en la dieta de cerdos de engorde.

Tabla 2. Composición química de la harina del fruto de panapén en base seca (BS).

Criterio	Concentración, %
Materia seca	88.79
Proteína bruta	5.80
Extracto etéreo	0.71
Fibra bruta	7.74
FDN	27.82
FDA	17.7
Lignina	6.17
Celulosa	11.13

Tomado de: Leyva (2010).

En otros animales como el pollo, no se ha encontrado que la inclusión de 10 y 20% de harina de panapén tenga un impacto perjudicial en el consumo, rendimiento de canal y cortes de importancia económica (Leyva et al., 2010). El uso de harina del fruto de panapén también ha sido evaluado en animales pseudorumiante y rumiante. Leyva y colaboradores (2010) realizaron una investigación en conejos donde encontraron que dietas formuladas solamente a base de harina del fruto y follaje del árbol de panapén resultan beneficiosas biológica y económicamente para la industria agrícola. Así mismo, la suplementación

de dietas de ovinos con harina de panapén mejoró el rendimiento de canal de los animales sin afectar la salud, ni la composición química y palatabilidad de su carne (Leyva, 2010).

c. Limitaciones

Un tamizaje fitoquímico de la harina del fruto de panapén, indicó la presencia de factores antinutricionales de importancia en la nutrición de monogástricos como lo son los taninos condensados y saponinas (ver Tabla 3, Leyva, 2010). Oña y Novillo (2010) indicaron que los taninos son compuestos fenólicos de alto peso molecular que contienen grupos hidroxi-fenólicos y carboxilos, lo que promueve enlaces fuertes con proteínas. Estos investigadores establecen que la presencia de taninos condensados en la dieta de monogástricos tiene efectos contraproducentes como lo son la inhibición microbiana y enzimática por la presencia de ácido tánico, insolubilización y precipitación de proteínas, disminución en la digestibilidad de la materia seca y la utilización del nitrógeno, provocan carcinogénesis y disminuyen la palatabilidad (Oña y Novillo, 2010).

Tabla 3. Factores antinutricionales de la harina de panapén.

Factor Antinutricional	Cantidad (g/100gde MS)
Taninos condensados	4.24
Saponinas	0.33

Tomado de: Leyva (2010).

Por otra parte, las saponinas son compuestos formados por una aglicona que generalmente está unida a azúcares y/o oligosacáridos (Belmar y Nava, 2005). La presencia de saponinas está relacionada con una disminución en el crecimiento del animal asociado a una reducción en consumo debido a una baja palatabilidad (sabor amargo) y disminución en la absorción de nutrientes. En adición, las saponinas forman espuma en soluciones acuosas, hemólisis de glóbulos rojos, disminuye el colesterol sanguíneo y hepático e inhibe el funcionamiento del músculo liso y la función enzimática.

A pesar de la presencia de estos factores antinutricionales en el fruto del panapén, su uso se ha hecho muy popular en las dietas de cerdos en países como Cuba que no producen maíz o soya (Leyva, 2010; Ortiz et al., 2011). En Puerto Rico, la producción porcina depende totalmente de granos importados para la elaboración de alimento. Esto implica altos costos en la adquisición de estos ingredientes añadido a la dificultad en la disponibilidad y accesibilidad de los mismos. Por otra parte, el árbol de panapén se localiza a través de toda la Isla y su uso podría ser considerado como alternativa en la formulación de dietas para cerdos.

IV. Materiales y Métodos

A. Animales y facilidades físicas

Cuarenta y seis animales (23 hembras y 23 machos enteros) provenientes de diferentes cruces entre las razas Landrace, Yorkshire, Duroc y Pietran fueron separados por sexo y agrupados según el peso en 12 jaulas (3-4 animales por jaula). El peso individual promedio por jaula al comienzo del experimento fue de 26.5 ± 1.1 kg. Los animales fueron pesados individualmente una vez a la semana y permanecieron en las mismas jaulas durante todo el periodo experimental. Las jaulas tenían un área de 9.29 m^2 , con piso en concreto (Figura 1), comederos fijos (Figura 2) y bebederos automáticos.



Figura 1. Jaula con animales.



Figura 2. Comederos fijos en cemento.

B. Alimentación

El alimento utilizado fue una dieta comercial en forma aperdigonada conteniendo 16 % de proteína cruda y medicado con Tilosina (ADM Alliance Nutrition of Puerto Rico, LLC). El total de alimento ofrecido era estimado semanalmente en base al peso de los animales para garantizar un consumo “ad libitum” según las recomendaciones establecidas por el Consejo Nacional de Investigación (NRC por sus siglas en inglés, 1998). Un diez por ciento de este total era sustituido por harina del fruto de panapén para los cerdos que estaban consumiendo la dieta experimental. El alimento era servido diariamente a las 11:00 am.

Para la preparación de la harina de panapén se cosechó el fruto fresco y se trozó en piezas pequeñas (2” x 1/2”). Los pedazos fueron colocados en un horno a 57°C por 24 horas para secarlos. Luego de secar, se procedió a moler las piezas en una moladora pequeña, dando como resultado final la harina de panapén (Figura 3). Los animales tuvieron acceso a agua y alimento en todo momento.



Figura 3. Cosecha, corte, secado y molienda del panapén.

C. Proceso de Matanza

Todos los animales fueron sacrificados cuando alcanzaron un peso individual promedio por jaula de 73.4 ± 5.9 kg. Los animales fueron transportados al matadero temprano en la mañana. La matanza tuvo lugar en un macelo comercial bajo la supervisión de inspectores del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Figura 4).



Figura 4. Procesos en el matadero.

D. Variables analizadas

Las variables analizadas para evaluar las características de producción y características de canal se presentan en la tabla 4.

a. Características de Crecimiento

Entre los datos colectados para evaluar las características de producción se encontraban el consumo de alimento y peso de los animales. Para estimar el consumo de alimento, cada martes se recogió el alimento sobrante del comedero, se pesó y se le restó al peso del total de alimento ofrecido durante esa semana. Los animales se pesaron individualmente una

Tabla 4. Variables analizadas.

Variables	Fórmulas
Periodo de experimentación (días)	Día de finalización-Día de comienzo
Ganancia promedio en peso total por cerdo (kg)	$(\text{Peso al final del periodo experimental de los cerdos en la jaula} - \text{Peso al inicio del periodo experimental de los cerdos en jaula}) / \text{número de cerdos en la jaula}$
Ganancia promedio en peso diario por cerdo (kg)	$\text{Ganancia promedio en peso total por cerdo} / \text{Periodo de experimentación}$
Consumo promedio total por cerdo (kg)	$(\text{Alimento total ofrecido por jaula durante el periodo experimental} - \text{Alimento total rechazado por jaula durante el periodo experimental}) / \text{número de cerdos en la jaula}$
Consumo promedio diario por cerdo (kg)	$\text{Consumo promedio total por cerdo} / \text{Periodo de experimentación}$
Peso promedio final por cerdo (kg)	$\text{Peso final total de la jaula} / \text{número de cerdos en la jaula}$
Eficiencia alimenticia	$\text{Ganancia promedio en peso diario por cerdo} / \text{Consumo promedio diario por cerdo}$
Conversión alimenticia	$\text{Consumo promedio diario por cerdo} / \text{Ganancia promedio en peso diario por cerdo}$

Tabla 4. Continuación

Variables	Fórmulas
Edad (días)	Fecha de matanza-Fecha de nacimiento
Rendimiento canal caliente (%)	$(\text{Peso de canal caliente}/\text{Peso a la matanza}) \times 100$
Rendimiento canal fría (%)	$(\text{Peso de canal fría}/\text{Peso a la matanza}) \times 100$
Porcentaje de contracción por enfriamiento (%)	$[1 - (\text{Peso de canal fría}/\text{Peso de canal caliente})] \times 100$
Rendimiento de corte principal respecto a suma de cortes principales (%)	$(\text{Pesos de corte principal}/\text{suma de cortes principales}) \times 100$
Capa de grasa promedio por cerdo (cm)	$(\text{capa de grasa en } 1^{\text{ra}} \text{ costilla} + \text{capa de grasa en última costilla} + \text{capa de grasa en última vértebra lumbar})/3$
Proporción de vísceras respecto a peso canal caliente (%)	$(\text{Peso de las vísceras}/\text{Peso canal caliente}) \times 100$
Proporción de grasa cavitaria respecto a peso de canal fría (%)	$(\text{Peso de grasa cavitaria}/\text{Peso canal fría}) \times 100$

vez a la semana para calcular la ganancia en peso diario por jaula y durante todo el periodo experimental (Figura 5). Una vez los animales de la misma jaula alcanzaron el peso individual promedio de matanza se les retiró el alimento y fueron sacrificados 24 horas más tardes. Los animales fueron pesados 24 horas antes y justo previo a la matanza.



Figura 5. Pesaje de animales.

b. Características de Canal

Una vez el animal fue sacrificado en el matadero comercial, se colectaron las vísceras rojas, vísceras blancas, testículos y sus pesos fueron registrados (Figura 6). La canal fue pesada inmediatamente luego de la matanza y eviscerado (peso de canal caliente) y veinticuatro horas más tarde (peso de canal fría). Luego de la matanza las canales fueron transportadas en un camión refrigerado a las facilidades del Laboratorio de Ciencias y Tecnología de Carne en el RUM (Figura 7). Allí permanecieron veinticuatro horas en un congelador a 32° F, previo al despiece y toma de datos de la canal.

Las características de la canal evaluadas fueron rendimiento de canal caliente y fría, vísceras rojas y blancas, testículos, y cortes principales.



Figura 6. Pesaje de vísceras rojas y blancas.



Figura 7. Canales frías de cerdos.

También se midió la capa de grasa en la primera, décima y última costilla, en la región lumbar, el largo de la canal y el área del musculo largo.

El rendimiento de canal caliente y de canal fría se calculó en base al peso vivo de matanza, mientras que la relación entre el peso de canal fría y caliente se usó como indicador del porciento de contracción por enfriamiento

de la canal (Schweihofer, 2011). Una vez fría la canal, se comenzó por remover la cabeza haciendo un corte por la primera vértebra cervical y el atlas, y se pesó. La canal fría fue cortada longitudinalmente a lo largo de la columna vertebral en dos bandas (izquierda y derecha) y sus pesos fueron registrados (Figura 8).



Figura 8. Banda derecha e izquierda de una canal.

Se registro el largo de la banda o media canal desde la primera costilla hasta el hueso pélvico (Rourke et al., 2005) para determinar el largo de la media canal. La capa de grasa fue medida en la primera y última costilla y en la última vértebra lumbar con una regla (“lean meter” Nasco) diseñada para ese propósito (Ray, 2004). Para obtener un valor promedio de capa de grasa de la canal se utilizaron esas medidas. Se procedió a remover la grasa cavitaria de la canal y se pesó. Se trozó cada banda en los cortes principales (pernil trasero, pernil delantero (picnic + “Boston butt”), lomo y

costillas (costillas + barriga)) y patas. Del corte del lomo se obtuvo una muestra entre la décima y la última costilla para tomar la medida de capa de grasa en la décima costilla. La importancia de la capa de grasa en la décima costilla radica en la relación de su espesor con el porciento de grasa intramuscular y el área del músculo del largo.

El espesor de la capa de grasa muestra una correlación positiva con el porciento de grasa intramuscular en el músculo del lomo (Newcom et al., 2002) y negativa con el área de este mismo músculo (Álvarez y Acurero, 1988). Para obtener el área del músculo *Longissimus dorsi* se trazó el contorno del músculo en papel de acetato, utilizando la muestra que se había obtenido del corte del lomo en la décima costilla y luego se midió el área con una plantilla cuadrículada utilizada para este fin (Ray, 2004).

c. Calidad de carne

Para determinar la calidad de la carne se evaluaron las siguientes variables: color, pH, capacidad de retención de agua, porciento de grasa en músculo *L. dorsi*, terneza en crudo y cocido y pérdida por cocción. Todas las pruebas se realizaron en la muestra del musculo *L. dorsi* previamente obtenida del corte en el lomo entre la décima y última costilla. Estas muestras se almacenaron 24 horas post-matanza en un ultra congelador a -27°C hasta el momento de su análisis.

El color de la carne se midió con el Mini Scan EZ 4500L[®] de HunterLab Inc., (Figura 9) obteniendo los valores de color L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul). El colorímetro fue calibrado siguiendo las

instrucciones provistas por el fabricante. Cada muestra se dejó expuesta al ambiente por alrededor de 60 minutos antes de proceder a tomar las medidas. Luego de esto, se ubicó el lente circular directamente sobre la superficie de la carne asegurando que el lente no recibiera luz del exterior. Se tomaron tres lecturas de forma aleatoria en la superficie externa del músculo.



Figura 9. Colorímetro Mini Scan EZ 4500L[®] de HunterLab.

La medida del pH se realizó utilizando un metro de pH de banco SympHony-SB70P (Figura 10), el cual se calibró utilizando una solución de pH 7.0 y 4.0 (Weigand et al., 1998). Se utilizaron tubos de 50 mL en los cuales se mezclaron 5 gr de carne molida, libre de tejido conectivo y grasa visible, y 5 ml de agua destilada. Se tomó una lectura de cada muestra y entre cada muestra el lector se enjuagó con agua destilada y fue secado con papel absorbente (kimwipes) antes de tomar la lectura de la próxima muestra.

La capacidad de retención de agua (CRA) fue determinada utilizando una prensa Carver (212041) según el método descrito por Jay (1964). Se pesaron tres muestras de 0.5 gramos de carne y cada una se colocó en el centro de un papel de filtro Whatman Número 1.



Figura 10. Metro de pH de banco SympHony-SB70P.

El papel de filtro con la muestra se colocó entre 4 placas acrílicas de 10" x 10" y se colocó en la prensa. Las muestras fueron sometidas a 3,000 libras de presión por un minuto. Se utilizó un Planímetro Polar (K & E 62 0000) para medir las circunferencias creadas en el papel de filtro por la muestra de carne y el desplazamiento de los jugos de la carne (Figura 11). La relación entre esas dos circunferencias se utilizó para estimar la CRA de la muestra (Weigand et al., 1998). La CRA se calculó de la siguiente manera:

$$CRA = (\text{área de la carne} / \text{area del líquido desplazado}) * 100$$



Figura 11. Capacidad de Retención de Agua (de izquierda a derecha: Prensa Carver, papel de filtro con muestra y planímetro).

Para determinar el porcentaje de grasa cruda intramuscular se utilizó el método Am 5-04 de la American Oil Chemists' Society (AOCS, 2009). Se utilizó una técnica de extracción etérea con el solvente orgánico éter de petróleo. En el equipo ANKOM ^{XT10} Extraction System de ANKOM Technology (Figura12). Muestras de 2g de carne molida libre de grasa visible fueron colocadas en bolsas de filtro Ankom XT4, cerradas con un termo-sellador AIE 300, debidamente pesadas e identificadas. Luego de preparar las bolsas con la muestra, estas se secaron en un horno convencional (Shel Lab, 1370 FM) a una temperatura de 65 °C por un periodo de 24 horas. Luego fueron colocadas en un desecador de cristal con piedras de sílice hasta que llegaron a temperatura ambiente. Al llegar a temperatura ambiente fueron pesadas y se realizó la extracción etérea de la grasa cruda. Al culminar el proceso, las bolsas se colocaron nuevamente en el horno por 24 horas, se pusieron en el desecador y se pesaron. Los datos recolectados sobre los pesos se utilizaron para calcular el porcentaje de grasa.

La fórmula que se utilizó fue la siguiente (AOCS, 2005):

$$\% \text{ de grasa} = ((A - B) / A) \times 100$$

A = peso seco de la bolsa y la muestra antes de la extracción

B = peso seco de la bolsa y la muestra después de la extracción



Figura 12. Sistema de extracción ANKOM.

Para determinar la terneza objetiva en las muestras del musculo del lomo largo crudo y cocido se utilizó un equipo especializado, Warner Bratzler Shear® marca Salter, modelo 3000 de G-R Manufacturing Co., (Figura 13). Este instrumento mide la fuerza de corte necesaria para realizar un corte a una muestra de carne con un diámetro determinado. La muestra de carne fue dividida en dos porciones: una se mantuvo cruda y la otra se cocinó a una temperatura interna de 60°C. De cada muestra (cruda y cocida) se removieron tres chorizos utilizando un sacabocado de 1.27 cm de diámetro. El chorizo se colocó perpendicular a la cuchilla del equipo y se tomaron tres

lecturas de cada chorizo, con las cuales se obtuvo un valor promedio para terneza objetiva.



Figura 13. Warner Bratzler Meat Shear.

La pérdida por cocción (PPC) se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ PPC} = [1 - (\text{Peso muestra cocida} / \text{Peso muestra cruda})] \times 100$$

E. Análisis estadístico

a. Características de crecimiento

Para analizar las variables de producción se usó la jaula como unidad experimental. Se utilizó un arreglo de una vía con un factorial de 2 x 2 (0 vs 10% de harina del fruto de panapén y machos enteros vs hembras). Se usó el siguiente modelo utilizando la capacidad GLIM MIX de SAS (2013).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \beta_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde;

Y_{ijk} = Periodo experimental (días), ganancia promedio en peso total por cerdo (kg), ganancia promedio en peso diario por cerdo (kg), consumo promedio total por cerdo (kg), consumo promedio diario por cerdo (kg), eficiencia alimenticia, conversión alimenticia.

μ = media poblacional estimada

α_i = sustitución de la harina del fruto de panapén (0 vs 10%)

γ_j = sexo (machos enteros vs hembras)

$\beta x_{ijk} = \beta$: coeficiente de regresión

x: covariable (peso individual promedio por jaula al comienzo del periodo experimental)

ε_{ijk} = error experimental

Las interacciones no significativas fueron removidas para producir el modelo más simple posible.

b. Características de Canal y Calidad de Carne

Para analizar las variables de características de canal y calidad de carne se utilizó un arreglo de una vía con un factorial 2 x 2 para los efectos fijos de 0 vs 10% de harina del fruto de panapén y sexo (machos enteros vs hembras). Los datos individuales de los animales fueron agrupados para efecto de jaula por la instrucción "Random" de SAS (2013). El siguiente modelo fue utilizado según la capacidad GLIM MIX de SAS (2013).

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \lambda_k + \alpha_i \gamma_j + \alpha_i \lambda_k + \gamma_j \lambda_k + \beta x_{ijkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde;

Y_{ijkl} = peso a la matanza (kg), edad de matanza (días), peso de canal caliente (kg), rendimiento de canal caliente (%), peso de canal fría (kg), rendimiento de canal fría con respecto a peso de matanza (%), porciento de contracción por enfriamiento (%), peso de cabeza (kg), rendimiento de cabeza (%), peso de patas (kg), rendimiento de patas (%), peso de grasa cavitaria (kg), rendimiento de grasa cavitaria (%), peso de pernil trasero izquierdo (kg), rendimiento de pernil trasero izquierdo (%), peso de pernil trasero derecho (kg), rendimiento de pernil trasero derecho (%), peso de pernil delantero izquierdo (kg), rendimiento de pernil delantero izquierdo (%), peso de pernil delantero derecho (kg), rendimiento de pernil delantero derecho (%), peso de lomo izquierdo (kg), rendimiento de lomo izquierdo (%), peso de lomo derecho (kg), rendimiento de lomo derecho (%), peso de costillas y barriga izquierdo (kg), rendimiento de costillas y barriga izquierdo (%), peso de costillas y barriga derecho (kg), rendimiento de costillas y barriga derecho (%), rendimiento de suma de cortes principales respecto a la canal fría (%), rendimiento de suma de perniles traseros (%), rendimiento de suma de perniles delanteros (%), rendimiento de suma de lomos (%), rendimiento de suma de costillas y barriga (%), peso de vísceras rojas (kg), rendimiento de vísceras rojas (%), peso de vísceras blancas (kg), rendimiento de

vísceras blancas (%), peso de testículos (kg), rendimiento de testículos (%), capa de grasa promedio (cm), capa de grasa en 10^{ma} costilla (cm), largo de la canal (cm), área del lomo (cm²), color, pH, capacidad de retención de agua, porcentaje de grasa en músculo *L.dorsi*, terneza y pérdida por cocción.

μ = media poblacional estimada

α_i = sustitución de la harina del fruto de panapén (0 vs 10%)

γ_j = sexo (machos enteros vs hembras)

λ_k = raza (puro o cruce)

$\alpha_i \gamma_j$ = interacción de sustitución de harina y sexo

$\alpha_i \lambda_k$ = interacción de sustitución de harina y raza

$\gamma_j \lambda_k$ = interacción de sexo y raza

βx_{ijkl} = β : coeficiente de regresión

x: covariable (edad de matanza únicamente para características de canal)

ϵ_{ijkl} = error experimental

El efecto de pH fue evaluado como covariable sobre las características de calidad de carne, pero el mismo no resultó significativo, así que fue eliminado del modelo.

En todos los análisis se estableció un nivel de $P \leq 0.05$ para indicar diferencias significativas, mientras que valores de $P < 0.1$ se consideraron tendencias.

V. Resultados y Discusión

A. Características de Crecimiento

Las variables de crecimiento analizadas por efecto de la sustitución de alimento por harina de panapén y sexo se presentan en la Tabla 5. Los animales que recibieron la dieta que contenía 10% de harina del fruto de panapén se tardaron 5.3 días más que el grupo control en alcanzar el peso de matanza ($P \leq 0.05$, Tabla 5). Estos resultados contrastan con los reportados por Ortiz y colaboradores (2011), los cuales no encontraron diferencia significativa en el número de días en alcanzar el peso de matanza en animales que consumieron niveles similares a los evaluados en la presente investigación.

La sustitución con 10% de harina del fruto de panapén en la dieta de cerdos en crecimiento no afectó significativamente ($P > 0.05$) las variables ganancia promedio en peso total por cerdo, ganancia promedio en peso diario por cerdo, consumo promedio total por cerdo, consumo promedio diario por cerdo, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia (Tabla 5). Estos resultados coinciden con los reportados por Ortiz y colaboradores (2011) quienes evaluaron niveles similares de harina de panapén. Sin embargo, estos investigadores reportaron menores ganancias en peso y eficiencia en conversión alimenticia en animales consumiendo niveles mayores de harina del fruto de panapén (20 y 30%). En otras investigaciones realizadas con fuentes alternas de alimentación, tampoco se han reportado diferencias significativas para la ganancia en peso, el consumo y la conversión alimenticia en cerdos de crecimiento y terminado alimentados con diferentes niveles de sustitución de harina de raíz de batata o

Tabla 5. Características de crecimiento analizadas por efecto de sustitución con harina del fruto de panapén y sexo.

Características	Harina de panapén		Sexo	
	0%	10%	Hembra	Macho entero
Peso inicial individual promedio por jaula (kg)	26.69±0.47	26.26±0.47	26.27±0.47	26.69±0.47
Peso final individual promedio por jaula (kg)	73.79 ± 1.38	73.67 ± 1.42	74.56 ± 1.34	72.91 ± 1.30
Periodo experimental (días)	58.59 ± 1.55 ^a	63.91 ± 1.55 ^b	61.76 ± 1.55	60.73 ± 1.55
Ganancia promedio en peso total por cerdo (kg)	48.28 ± 1.20	48.68 ± 1.20	49.33 ± 1.20	47.63 ± 1.20
Ganancia promedio en peso diario por cerdo (g)	826 ± 30	764± 30	802 ± 30	788 ± 30
Consumo promedio total por cerdo (kg)	142.52 ± 7.54	149.24 ± 7.54	144.48 ± 7.53	147.28 ± 7.53
Consumo promedio diario por cerdo (kg)	2.44 ± 0.12	2.34 ± 0.12	2.35 ± 0.12	2.43 ± 0.12
Conversión Alimenticia	2.95 ± 0.16	3.07 ± 0.16	2.94 ± 0.16	3.09 ± 0.16
Eficiencia Alimenticia	0.34 ± 0.02	0.33± 0.02	0.34 ± 0.02	0.33 ± 0.02

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila para el mismo factor son estadísticamente diferentes $P \leq 0.05$.

dietas que contengan afrecho de yuca (Rosales y Urbietta, 1993; González et al., 2003; Tepper et al., 2012).

Estudios químicos realizados por Leyva (2010) a la harina del fruto de panapén revelaron la presencia de taninos condensados y saponinas en la harina de este fruto. Estos factores antinutricionales son responsables de deteriorar varios procesos metabólicos en el animal como la digestibilidad aparente en el tracto gastrointestinal (Mosenthin et al., 2010) por lo que se puede ver afectada la velocidad de crecimiento al reprimir el uso eficiente del alimento. Esto podría explicar la demora en alcanzar el peso de matanza sin ningún efecto aparente en el consumo de los cerdos recibiendo la dieta conteniendo 10% de harina del fruto de panapén.

En la presente investigación el sexo de los animales (hembras vs machos enteros) no afectó significativamente la ganancia promedio en peso total por cerdo, ganancia promedio en peso diario por cerdo y la conversión alimenticia ($P>0.05$, Tabla 5). Tampoco se encontró diferencia significativa entre hembras y machos enteros para consumo promedio total por cerdo (144.48 vs 147.28 ± 7.53 , $P>0.05$) y consumo promedio diario por cerdo (2.35 vs 2.43 ± 0.12 , $P>0.05$, ver Tabla 5). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Conte y colaboradores (2011), quienes reportaron un consumo diario significativamente mayor y una ganancia en peso menor para hembras comparado con machos enteros (2.16 vs 2.09 kg/día y 802 vs 836 g/día para alimento consumido y ganancia en peso en hembras vs machos enteros respectivamente, $P<0.01$). Los valores reportados por estos investigadores para ganancia diaria promedio

en hembras son similares a los encontrados en la presente investigación (802g/día para ambas investigaciones).

Rosa (2008) reportó un consumo diario significativamente menor en hembras híbridas al compararlas con machos (2.85 vs 3.3 kg) pero en su investigación los machos eran castrados. Sin embargo, otros investigadores han reportado que no existe diferencia significativa para el consumo entre hembras y machos castrados (Piao et al., 2004; Serrano et al., 2009; Trómpiz et al., 2000). Batorek y colaboradores (2012) reportaron que el consumo entre machos enteros y machos castrados fue significativamente mayor en machos castrados (2.80 vs 2.46). Los valores de consumo diario en la presente investigación fueron menores a los reportados por Rosa (2008), pero en su investigación, los animales fueron llevados a un peso de matanza mayor (91.8 kg).

En la presente investigación no se encontraron diferencias significativas para la variable eficiencia alimenticia entre hembras y machos enteros (0.34 vs 0.33 ± 0.02). Estos resultados son contradictorios a los obtenidos por Conte y colaboradores (2011), los cuales reportaron una eficiencia alimenticia significativamente menor en hembras vs machos enteros con pesos vivos de 60 kg (0.43 vs 0.46 para hembras y machos enteros, respectivamente). Por otra parte, Fortin y colaboradores (2003) reportaron que las hembras son más eficientes si se comparan con machos castrados (0.42 vs 0.39). Sin embargo, otros investigadores han reportado que la eficiencia alimenticia no es diferente entre hembras y machos castrados (0.27 vs 0.28, Cisneros et al., 1996 y 0.29 vs 0.30, Rosa, 2008 para hembras y machos castrados, respectivamente).

B. Características de Canal

El efecto de los niveles de sustitución de alimento por harina del fruto de panapén y sexo sobre las características de canal se presentan en las Tablas 6, 7 y 8. Para analizar las variables de características de canal se utilizó como covariable la edad de matanza.

En la presente investigación se encontró una tendencia sobre el efecto del nivel de sustitución de harina del fruto de panapén en la edad de matanza, donde los cerdos consumiendo la dieta que contenía 10% de harina de panapén mostraron una edad de matanza mayor (168.34 ± 5.69 vs 153.21 ± 5.98 días, para 10% vs 0% de sustitución de harina de panapén, respectivamente, $P=0.08$). Cuando se evaluó la diferencia entre animales puros vs cruzados, la edad de matanza fue mayor en los cerdos cruzados (163.75 ± 4.01 vs 157.79 ± 4.57 días, para cerdos cruzados vs puros, respectivamente, $P=0.02$). No hubo diferencias significativas para peso de la canal caliente (55.96 ± 2.92 vs 58.36 ± 1.85 kg), peso de la canal fría (49.57 ± 2.85 vs 51.80 ± 1.86 kg), rendimiento de canal fría (69.14 ± 1.50 vs $70.15 \pm 0.79\%$) y contracción de la canal por enfriamiento (11.78 ± 1.23 vs $11.64 \pm 0.64\%$) asociada a la dieta recibida (0% vs 10% de harina del fruto de panapén, respectivamente, Tabla 6). La covariable edad de matanza resultó significativa para el rendimiento de canal fría ($P=0.02$).

El rendimiento de canal caliente no fue significativamente diferente entre los niveles de sustitución de harina de panapén (78.50 ± 1.01 vs 78.90 ± 0.71 kg para 0 y 10% de harina respectivamente, Tabla 6). Ortíz y colaboradores (2011) reportaron porcientos de rendimiento de canal menores, en cerdos con

Tabla 6. Características de canal analizadas por efecto de sustitución con harina del fruto de panapén y sexo.

Características	Harina de panapé		Sexo	
	0%	10%	Hembra	Macho entero
Edad de Matanza (días)	153.21 ± 5.98 ^a	168.34 ± 5.69 ^b	161.70 ± 5.73	159.84 ± 5.76
Peso Canal Caliente (kg)	55.96 ± 2.92	58.36 ± 1.85	57.70 ± 1.98	56.62 ± 2.09
Rendimiento Canal Caliente (%)	78.50 ± 1.01	78.90 ± 0.71	78.50 ± 0.74	78.90 ± 0.77
Peso Canal Fría (kg)	49.57 ± 2.85	51.80 ± 1.86	51.10 ± 1.97	50.27 ± 2.07
Rendimiento Canal Fría (%)	69.14 ± 1.50	70.15 ± 0.79	69.65 ± 0.92	69.65 ± 1.0
Contracción por enfriamiento (%)	11.78 ± 1.23	11.64 ± 0.64	11.81 ± 0.75	11.61 ± 0.82
Profundidad de Capa de Grasa Promedio (cm)	1.64 ± 0.15	1.83 ± 0.08	1.74 ± 0.10	1.73 ± 0.10
Capa de Grasa en 10 ^{ma} Costilla (cm)	1.34 ± 0.11	1.48 ± 0.06	1.44 ± 0.07	1.38 ± 0.08
Largo de Canal (cm)	63.57 ± 1.34	64.67 ± 0.83	64.59 ± 0.89	63.64 ± 0.95

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila para el mismo factor son estadísticamente diferentes $P \leq 0.1$.

peso de matanza similar al evaluado en la presente investigación, consumiendo 0 y 10% de sustitución de harina del fruto de panapén (73.6% de rendimiento en cerdos de 77.7 kg). Por otra parte, González y colaboradores (2003) registraron rendimientos de canal caliente mayores al 75%, en cerdos alimentados con batata deshidratada con un peso de matanza promedio de 84.31 kg. En su investigación, el porciento de rendimiento aumentó según aumentaba el nivel de batata en la dieta. El rendimiento de canal caliente en la presente investigación fue mayor para los cerdos puros comparado con los cruzados (79.59 ± 0.94 vs $77.81 \pm 0.47\%$, para puros y cruzados, respectivamente, $P=0.06$).

Los niveles de sustitución de alimento por harina de panapén y el sexo de los animales no tuvieron un efecto significativo sobre el largo de la canal (Tabla 6). Cisneros y colaboradores (1996) reportaron que no hubo diferencia para el largo de canal entre hembras y machos castrados. Esto contrasta con lo reportado por Rosa (2008), quien encontró que el largo de la canal fue significativamente mayor en hembras (82.8 vs 76.4 cm para hembras vs machos castrados, respectivamente) con un peso de 90.91 kg. Serrano y colaboradores (2009) reportaron una diferencia significativa para el largo de la canal en hembras intactas y hembras esterilizadas, siendo el largo de la canal mayor en hembras intactas. Sin embargo, estos mismos investigadores reportaron que al comparar hembras intactas y hembras esterilizadas contra machos castrados no hubo diferencia significativa para la variable largo de canal.

La profundidad de la capa de grasa promedio no fue significativamente afectada por la sustitución de 10% de harina del fruto de panapén (1.64 ± 0.15

vs 1.83 ± 0.08 cm, $P > 0.05$, Tabla 6). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre hembras y machos enteros para esta variable (1.74 vs 1.73 ± 0.10 cm, Tabla 6). Estos resultados son similares a los reportados por otros investigadores (Conte et al., 2011; Vanheukelom et al., 2012) quienes indican que no existe diferencia significativa entre hembras y machos enteros para la profundidad de la capa de grasa promedio. Sin embargo, la profundidad de la capa de grasa es menor en hembras comparado con la de machos castrados (Piao et al., 2004; Serrano et al., 2009; Cisneros et al., 1996). Rosa (2008) reportó una profundidad de capa de grasa menor en hembras comparado con machos castrados para animales con un peso de 54.54 kg (1.47 vs 1.73 ± 0.08 cm), mientras que en animales con un peso de 90.91 kg no encontró diferencia significativa. Ruiz-Ramírez y colaboradores (2007) reportan que la profundidad de la capa de grasa es mayor en machos castrados que en machos enteros.

La variable capa de grasa en la 10^{ma} costilla no fue significativamente afectada por los niveles de sustitución de panapén ni el sexo de los animales en la presente investigación (Tabla 6). Otros investigadores (Cisneros et al., 1996) han reportado valores menores de capa de grasa en la 10^{ma} costilla para hembras cuando son comparadas con cerdos castrados. Ruiz-Ramírez y colaboradores (2007) reportaron que la capa de grasa en la 10^{ma} costilla fue significativamente mayor en cerdos castrados al compararlo con machos enteros.

La interacción niveles de sustitución de harina de panapén x raza resultó significativamente menor ($P=0.03$) para el área del lomo en la 10^{ma} costilla en

cerdos puros recibiendo un 10% de sustitución de harina del fruto de panapén comparado con los que recibieron la dieta con 0% ($30.69 \pm 2.29 \text{ cm}^2$ vs $42.10 \pm 4.87 \text{ cm}^2$ para puros en 10% vs 0% respectivamente). El sexo de los cerdos (hembra vs macho entero) no tuvo un efecto significativo sobre la variable área del lomo ($34.89 \pm 1.52 \text{ cm}^2$ vs $34.16 \pm 1.78 \text{ cm}^2$, $P>0.1$). Estos resultados concuerdan con los reportados por Beattie y colaboradores (1999), quienes no encontraron diferencias significativas entre hembras y machos enteros para esta variable (43.3 vs 41.4 para hembras y machos enteros, respectivamente). Sin embargo, una mayor área del lomo ha sido reportada en hembras comparado con machos castrados (Cisneros et al., 1996; Fortin et al., 2003; Rosa, 2008), mientras que esta área es mayor en machos enteros que en castrados (Ruiz-Ramírez et al., 2007). Los valores obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del rango establecido para este parámetro de calidad de canal de $20\text{--}40 \text{ cm}^2$ (Salazar, 2009; Rosas, 2010) para animales de carne.

Los pesos y rendimientos de los componentes de la canal (cabeza, patas, grasa cavitaria, vísceras rojas y vísceras blancas) no fueron significativamente afectados por la inclusión de harina del fruto de panapén o por el sexo de los animales en este estudio ($P>0.05$, Tabla 7). El rendimiento de vísceras rojas fue significativamente diferente ($P<0.05$) asociado a la interacción de niveles de sustitución x sexo, donde los cerdos machos recibiendo la dieta con 0% de harina del fruto de panapén mostraron un mayor rendimiento que los machos recibiendo la dieta con 10% (4.38 ± 0.35 vs $3.16 \pm 0.19 \text{ kg}$ para machos en 0% vs machos en 10% de harina de panapén. La interacción niveles de sustitución x

Tabla 7: Distribución de los componentes de la canal analizados por efecto de sustitución con harina del fruto de panapén y sexo.

Características	Harina del fruto de panapén		Sexo	
	0%	10%	Hembra	Macho entero
Peso de Cabeza (kg)	4.75 0.21	4.95 0.11	4.85 0.13	4.85 0.14
Rendimiento de Cabeza (%) ^a	7.49 0.32	7.69 0.18	7.53 0.20	7.64 0.22
Peso de Patas (kg)	1.52 0.11	1.66 0.07	1.61 0.07	1.57 0.08
Rendimiento de Patas (%) ^a	3.07 ± 0.25	3.23 ± 0.15	3.14 ± 0.16	3.15 ± 0.17
Peso de Grasa Cavitaria (kg)	0.47 ± 0.08	0.49 ± 0.04	0.47 ± 0.05	0.50 ± 0.05
Rendimiento de Grasa Cavitaria (%) ^a	0.96 ± 0.11	0.95 ± 0.06	0.92 ± 0.07	0.99 ± 0.08
Peso de Visceras Rojas (kg)	2.96 0.21	2.42 0.12	2.70 0.13	2.68 0.14
Rendimiento de Visceras Rojas (%) ^b	4.17 0.30	3.31 0.16	3.70 0.18	3.77 0.20
Peso de Visceras Blancas (kg)	5.85 0.31	6.49 0.16	6.23 0.19	6.11 0.21
Rendimiento de Visceras Blancas (%) ^b	8.22 ± 0.51	8.92 ± 0.28	8.55 ± 0.32	8.60 ± 0.34

^a Porcientos en base a peso de canal fría.

^b Porcientos en base a peso de canal caliente.

raza también resultó significativa ($P=0.01$) para el rendimiento de vísceras rojas, donde los cerdos puros recibiendo la dieta con 0% de harina del fruto de panapén, mostraron un mayor rendimiento comparado con los cerdos puros en 10% de sustitución (4.97 ± 0.59 vs 3.20 ± 0.27 kg para puros en 0% vs 10% de harina de panapén).

Los rendimientos de los cortes principales no fueron significativamente diferentes entre los niveles de sustitución de panapén y el sexo de los animales en la presente investigación (Tabla 8). Serrano y colaboradores (2009) al igual que otros investigadores (Fortin et al., 2003) han reportado diferencias significativas para el corte del lomo relacionado al sexo de los animales pero en sus investigaciones los machos estaban castrados. Estos encontraron rendimientos mayores en hembras. Por el contrario, Rosa (2008) encontró mayores pesos para el corte del lomo en machos castrados que en hembras.

En relación a los perniles traseros, varios investigadores han reportado mayores pesos para este corte en hembras comparadas con machos castrados (Cisneros et al., 1996; Serrano et al., 2009), mientras que Fortin y colaboradores (2003) al igual que Rosa (2008) no encontraron diferencias para esta variables. Otros investigadores compararon los rendimientos de varios cortes entre machos enteros y castrados, reportando valores mayores para pernil trasero y delantero en machos enteros (Ruiz-Ramirez et al., 2007).

Se estimó las libras (FFL) y el porciento de carne magra libre de grasa (FFL%) utilizando los promedios de los datos recopilados. La ecuación utilizada

Tabla 8: Rendimiento de cortes principales en base a suma total de cortes principales.

Características	Harina de panapén		Sexo	
	0%	10%	Hembra	Macho entero
Rendimiento de Cortes Principales (%)	96.64 ± 1.75	96.93 ± 0.92	97.10 ± 1.07	96.46 ± 1.16
Rendimiento de Pernil Trasero (%)	32.42 ± 0.67	32.73 ± 0.37	32.55 ± 0.42	32.63 ± 0.45
Peso PT Promedio (kg)	7.77	8.05	7.94	7.86
Peso PT Izquierdo (kg)	7.92	8.10	8.06	7.95
Peso PT Derecho (kg)	7.62	8.00	7.83	7.78
Rendimiento de Pernil Delantero (%)	26.41 ± 0.77	28.10 ± 0.77	27.28 ± 0.55	27.22 ± 0.57
Peso PD Promedio (kg)	6.73	6.90	6.85	6.78
Peso PD Izquierdo (kg)	6.69	6.93	6.82	6.80
Peso PD Derecho (kg)	6.77	6.88	6.88	6.76
Rendimiento del Lomo (%)	22.31 ± 0.59	21.89 ± 0.38	22.07 ± 0.40	22.13 ± 0.43
Peso L Promedio (kg)	5.30	5.29	5.32	5.28
Peso L Izquierdo (kg)	5.30	5.27	5.36	5.20
Peso L Derecho (kg)	5.31	5.32	5.28	5.36
Rendimiento de Costillas y Barriga (%)	18.69 ± 0.55	17.34 ± 0.32	18.07 ± 0.36	17.95 ± 0.38
Peso CB Promedio (kg)	4.21	4.22	4.25	4.17
Peso CB Izquierdo (kg)	4.39	4.44	4.43	4.40
Peso CB Derecho (kg)	4.03	4.01	4.08	3.95

% Rendimiento basado en la suma de los cortes del lado derecho e izquierdo con respecto a la suma total de los cortes principales.

fue la siguiente (Burson, 2006):

$$\text{FFL} = 8.588 - (21.896 \times \text{TRBF}) + (0.465 \times \text{HCW}) + (3.005 \times \text{LEA})$$

$$\% \text{ FFL} = (\text{FFL} / \text{HCW}) \times 100$$

Donde:

FFL= libras de carne magra libre de grasa

%FFL= Por ciento de carne magra libre de grasa

TRBF= capa de grasa en 10^{ma} costilla

HCW= peso de canal caliente

LEA= área del músculo del lomo

Se estimó un promedio de 31.99 kg y 55.7 por ciento de carne magra libre de grasa para todos los animales en esta investigación.

C. Calidad de Carne

El efecto de inclusión de harina del fruto de panapén y sexo sobre las características de carne se presentan en la Tabla 9. Se utilizó como covariable el efecto del pH considerando que es uno de los factores que guarda correlación con la mayoría de las variables medidas para calidad de la carne (Lonergan, 2008).

No se encontró diferencia significativa asociada a los niveles de sustitución de harina del fruto de panapén para ninguna de las variables de calidad de carne analizadas en la presente investigación (Tabla 9). Tampoco se encontró efecto del sexo sobre la mayoría de estas variables excepto para la fuerza de corte en crudo.

Tabla 9: Calidad de carne analizada por efecto de sustitución con harina del fruto de panapén y sexo.

Características	Harina de panapén		Sexo	
	0% de Pana	10% de Pana	Hembra	Macho entero
Fuerza de corte en crudo (kg)	3.41 ± 0.74	4.07 ± 0.38	3.22 ± 0.45*	4.26 ± 0.51*
Fuerza de corte en cocido (kg)	3.84 ± 0.59	3.35 ± 0.30	3.56 ± 0.36	3.62 ± 0.43
pH	5.52 ± 0.04	5.49 ± 0.02	5.50 ± 0.03	5.51 ± 0.03
Capacidad de retención de agua (%)	35.65 ± 3.09	33.31 ± 2.05	35.65 ± 2.35	33.31 ± 0.34
Perdida por cocción (%)	42.69 ± 3.92	38.69 ± 2.72	40.97 ± 2.55	40.41 ± 3.04
Color	L*	62.09 ± 1.32	62.74 ± 0.90	63.02 ± 0.97
	a*	8.23 ± 0.77	7.75 ± 0.51	7.98 ± 0.55
	b*	16.86 ± 1.69	17.39 ± 0.99	16.29 ± 1.11
Grasa en músculo Longissimus dorsi (%)	1.56 ± 0.47	1.46 ± 0.23	1.62 ± 0.29	1.40 ± 0.31

*Nivel de significancia $P \leq 0.05$

El sexo de los animales afectó significativamente la variable fuerza de corte en crudo, siendo esta menor para las hembras (3.22 ± 0.45 vs 4.26 ± 0.51 kg para hembra y macho entero, respectivamente, $P=0.04$). La fuerza de corte se utiliza como un estimador para la ternura de la carne, donde a menor fuerza de corte, mayor es la ternura (Cisneros et al., 1996; Fortin et al., 2003; Piao et al., 2004; Fortin et al., 2005). Factores como el pH, la capacidad de retención de agua y la grasa intramuscular pueden afectar esta característica (Fortin et al., 2005; Melody, et al., 2004; Wiegand et al., 1998). El pH tiene un efecto negativo en la capacidad de las proteínas de la carne (actina y miosina) para enlazar moléculas de agua, lo que afecta su capacidad para la retención de agua (Lonergan, 2008). Fortin y colaboradores (2005) establecen una correlación negativa ($r=-0.41$, $P<0.001$) entre la ternura de la carne y la cantidad de grasa intramuscular, indicando que a mayor cantidad de grasa intramuscular menor es la fuerza requerida para el corte. En la presente investigación ni el pH ni el contenido de grasa intramuscular fue estadísticamente diferente entre hembras y machos. Al comparar hembras con machos castrados, la mayoría de las investigaciones reportan que la carne procedente de hembras tiene una fuerza de corte mayor que la procedente de machos castrados (Cisneros et al., 1996; Fortin et al., 2003; Piao et al., 2004). A su vez la fuerza de corte es mayor en machos enteros comparado con castrados (Ruiz-Ramírez et al., 2007).

El valor de pH obtenido en la presente investigación ($\text{pH}=5.5$) se encuentra dentro de los parámetros considerados aceptables para calidad de carne ($\text{pH}=5.4 - 5.8$, Field, 1981). La capacidad de retención de agua ($35.65 \pm$

2.35 vs 33.31 ± 2.34 %, $P=0.43$) no fue significativa para el efecto de sexo. Esto compara con lo obtenido por otros investigadores, donde no se ha encontrado diferencias significativas entre sexo para esta característica (Piao et al., 2004; Nold et al., 1999). La capacidad de retención de agua para carne depende de la facilidad de las proteínas para enlazar agua, si esta relación se afecta la pérdida de agua será mayor (Urkijo et al., 2009)

La capacidad de retención de agua está relacionada a la pérdida por cocción, donde al disminuir la capacidad de retención de agua, la pérdida por cocción aumenta (Aaslyng et al., 2003). Al analizar la variable pérdida por cocción en la presente investigación, se utilizó como covariable la capacidad de retención de agua, la cual resultó significativa ($P=0.04$), lo que confirma la relación entre la capacidad de retención de agua y la pérdida por cocción. La pérdida por cocción no fue significativamente afectada por el sexo de los cerdos (Tabla 9), lo cual coincide con lo reportado por Beattie y colaboradores (1999). Sin embargo, otros investigadores han indicado que la pérdida por cocción puede ser afectada por el sexo de los animales, siendo mayor en machos enteros que castrados (Ruiz-Ramirez et al., 2007), pero mayor en machos castrados que en hembras (Piao et al., 2004).

Los indicadores de color en la carne no fueron significativamente diferentes entre hembras y machos. Beattie y colaboradores (1999) tampoco reportaron diferencias significativas entre hembras y machos enteros para los colores L^* , a^* y b^* . El pH influye en el color de la carne (Lonergan, 2008) y en la presente investigación se encontró una tendencia para la covariable pH sobre el

color b^* ($P=0.06$). Al igual que algunos investigadores (Beattie et al., 1999), en la presente investigación no se encontraron diferencias significativas asociadas al sexo para grasa intramuscular. Sin embargo, otros investigadores (Nold et al., 1999) reportaron mayores niveles de grasa intramuscular en machos castrados, seguidos por hembras y finalmente por machos enteros. Por otra parte, Fortin y colaboradores (2005) no encontraron diferencias significativas entre hembras y machos castrados.

VI. Conclusiones

La utilización de 10% de harina del fruto de panapén como sustituto en la dieta de hembras y machos enteros durante la etapa de crecimiento no afectó el consumo, la ganancia en peso ni la conversión alimenticia. Si se observó un aumento de 5.3 días más en el periodo experimental y una edad de matanza de 15.1 días mayor para estos cerdos comparado con el grupo control. Ninguna de las características de canal resultó significativamente afectada por la sustitución con harina de panapén. Asimismo, los criterios evaluados para determinar calidad de carne, tampoco se vieron afectados por la dieta. El sexo de los animales afectó significativamente la fuerza de corte, indicando una carne más tierna en hembras comparado con machos enteros. De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, la sustitución con 10% de harina de panapén en la dieta de cerdos en crecimiento puede llegar a ser una fuente alterna de alimentación efectiva en Puerto Rico. Más investigación es necesaria para determinar la viabilidad de este ingrediente, a mayores niveles de sustitución y de otras fuentes alternas de alimentación disponibles en la Isla, sobre el desempeño animal y en el impacto económico sobre el costo del alimento.

VII. Recomendaciones

1. Realizar estudios adicionales para evaluar los costos de producir la harina de panapén.
2. Evaluar diferentes niveles de sustitución con harina de panapén para diferentes etapas de producción en cerdos.
3. Evaluar fuentes alternas de ingredientes producidos localmente que puedan ser combinados para lograr una ración completa para cerdos.
4. Desarrollar métodos que faciliten el proceso para la producción de la harina de panapén y poder hacerla más accesible a los porcicultores de la Isla.

VIII. Bibliografía

- Aaslyng, M, C. Bejerholm, P. Ertbjerg, H. Bertram y H. Andersen. 2003. Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. Food Quality and Preference. 14: 277-288.
- Acuña, O. 1996. Manejo y tecnología de la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas de importancia agrícola. Centro de investigaciones agronómicas, Universidad de Costa Rica.
- Albarracín, L. 2003. Manual de porcicultura: Producción de cerdos. Subdirección de Investigación e Innovación. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Álvarez, R y G. Acurero. 1988. Características y apreciación de la calidad de la canal del cerdo. Revista FONAIPI DIVULGA. No.28.
- Anónimo. 2006. Alimentación Alternativa para Cerdos. Portal Veterinaria. <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3543/ARTICULOS-PORCINO-ARCHIVO/Alimentacion-alternativa-para-cerdos.html>
- Anónimo. 2009. Estimado Consumo Productos Agrícolas 2007-08 2009-10 preliminar. Oficina de Estadística Agrícola. Departamento de Agricultura de Puerto Rico.
- Anónimo. 2010. Distribución del Valor de la Producción Agrícola 2009/10 en Orden de Importancia Económica. Oficina de Estadística Agrícola. Departamento de Agricultura de Puerto Rico.
- Anónimo. 2012. Cuba Debate: A las Puertas de la Crisis Alimentaria: Sube 50% Costo de Maíz y Trigo. <http://www.cubadebate.cu/noticias/2012/08/15/a-las-puertas-de-la-crisis-alimentaria-suba-50-costo-de-maiz-y-trigo/>
- AOCS. 2005. Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. American Oil Chemists Society, Urbana, IL.
- AOCS. 2009. AOCS Official method Am 5-04. American Oil Chemists Society, Urbana, IL.
- Argenti, P. y F. Espinoza. 2007. Alimentación alternativa para cerdos. Media Digital, S.C. <http://www.midiatacavipec.com/alimentacion/alimentacion180209.htm>

- Armstrong, W. 2005. Legume Family (Fabaceae). <http://waynesword.palomar.edu/legume1.htm>
- Barragán, L., C. Magallanes, L. Peña, J. Robles, P. Sereriano, C. Jiménez, J. Hernández, E. De Lucas y P. Reyes. 2008. Utilización de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en la alimentación animal. Departamento de Salud Pública. División de Ciencias Veterinaria, CUCBA.
- Batorek, N., M. C̃ andek-Potokar, M. Bonneau y J. Van Milgen. 2012. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs and boar taint compounds in pigs. *Animal*. 6 (8): 1330-1338.
- Beattie, V., R. Weatherup, B. Mass y N. Walker. 1999. The effect of increasing carcass weight of finishing boars and gilts on joint composition and meat quality. *Meat Science*. 52: 205-211.
- Belmar R. y R. Nava. 2005. Factores antinutricionales en la alimentación de monogástricos. http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/roberto.htm
- Beltrán C. y W. Perdomo. 2007. Aprovechamiento de la sangre de bovino para la obtención de harina de sangre y plasma sanguíneo en el matadero Santa Cruz de Malambo Atlántico. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos
- Bollen, P., A. Hansen y H. Rasmussen. 2000. The laboratory swine. CRC Press LLC.
- Burson, D. 2006. Procedures for estimating pork carcass composition. American meat Association Fact Sheet.
- Campabadal, C. 2009. Guía técnica para alimentación de cerdos. Universidad Nacional de Costa Rica. MAA, Gobierno de Costa Rica.
- Castellanos, E. 2013. Alimentación eficiente en credos de engorde: Alimento para cerdos ¿Caro, barato o rentable? www.masporcinocultura.com
- Castro, M., J. Díaz, J. Castañeda, L. baez, M. Díaz, J. Ly, C. Díaz, J. Cabrera y D. Cino. 2002. Una alternativa nacional como fuente de proteína para cerdos en crecimiento: *Vigna unguiculata*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 36 (4): 347-350.
- Cisneros, F., M. Ellis, F. McKeith, J. McCaw y R. Fernando. 1996. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and

curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. *J Anim Sci.* 74: 925-933.

- Conte, S., L. Boyle, N. O'Connell, P. Lynch y P. Lawlor. 2011. Effect of target slaughter weight on production efficiency, carcass traits and behavior of restrictively-fed gilts and intact male finisher pigs. *Livestock Science.* 136: 169-174.
- De Blass, C., G. Mateos y P. García-Rebollar. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. <http://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>.
- Del Rio, J. 1996. El cerdo. Historia de un elemento esencial de la cultura castellana en la conquista y colonización de América (siglo XVI). Universidad de Cádiz.
- Duke, J. 1983. *Medicago Sativa L. Handbook of Energy Crops.* http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Medicago_sativa.html
- Espinosa C. y G. Cataño. 2005. Manual de producción porcícola. Servicio Nacional de Aprendizaje "SENA".
- Fabian, J., L. chiba, D. Kuhlers, L. Frobish, K. Nadarajah y W. McElhenney. 2003. Growth performance, dry matter and nitrogen digestibility, serum profile, and carcass and meat quality of pigs with distinct genotype. *J Anim Sci* 81: 1142-1149
- Field, R. 1981. Mechanically debone red meat. *Advances in food research.* Academic Press, Inc. 27: 72. http://books.google.com.pr/books?id=1OxTMV3ScDkC&pg=PA72&lpg=PA72&dq=pork+water+holding+capacity+values&source=bl&ots=IQFnViLLxk&sig=_XaZbWutVAQTbvS-HuJf_kmvmdk&hl=es&sa=X&ei=LQc6U46RCIK-sQTxn4KwBA&ved=0CDcQ6AEwAQ#v=onepage&q=pork%20water%20holding%20capacity%20values&f=false
- Flanders, F. 2011. *Exploring Animal Science: Section 5: Swine.* Delmar Cengage Learning.
- Fortin, A., W. Robertson, S. Kibite y S. Landry. 2003. Growth performance, carcass and pork quality of finisher pigs fed oat-based diets containing different levels of β -glucans. *J Anim Sci.* 81:449-456
- Fortin, A., W. Robertson y A. Tong. 2005. The eating quality of Canadian pork and its relationship with intramuscular fat. *Meat Science.* 9: 297-305.

- Gómez, A., C. Benavides y C. Díaz. 2007. Evaluación de torta de palmiste (*Elaeis guineensis*) en alimentación de cerdos de ceba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 5 (1): 54-63.
- González, C., I. Díaz, M. León, J. Ly y H. Vecchionacce, A. Bianco. 2003. Rasgos de comportamiento y canal en cerdos alimentados con harina de raíz de batata (*Ipomoea batatas* L.). Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 37 (4) 421-425.
- Graves, H. 1984. Behavior and ecology of wild and feral swine. J Anim Sci. 58: 482-492.
- Hunterlab. 2012. Measuring Color using Hunter L, a, b versus CIE 1976 L* a* b*. HunterLab, Inc.
- Huntzicker, S., Z. Miller, M. Peterson y D. Wachter. 2009. Guía para criar cerdos. La crianza de animales: el enriquecimiento de lo vida rural. Consejo de Regentes del Sistema de la Universidad de Wisconsin.
- Jay, J. 1964. Relationship between water-holding capacity of meats and microbial quality. Applied Microbiology. 13 (1): 120-121.
- Lammers, P., D. Stender y M. Honeyman. 2007 Feed and growth. Iowa State University. Iowa Pork Industry Center.
- Leyva. C. 2010. Caracterización Química de Harinas de Frutos y Hojas del Árbol del Pan (*Artocarpus altilis*) y su Empleo en la Alimentación de Pollos, Conejos y Ovinos de Ceba. Instituto de Ciencia Animal, Centro Universitario de Guantánamo, Facultad Agroforestal.
- Linneen, S., J. De Rouchey, S. Dritz, R. Goodband, M. Tokach y J. Nelssen. 2008. Effects of dried distillers grains with soluble on growing and finishing pig performance in a commercial environment. J. Anim Sci. 86: 1579-1587.
- Lonergan. S. 2008. Pork Quality: pH Decline and Pork Quality. Iowa State University.
- Ly, J y C, Rico. 2006. Cría de cerdos al aire libre: El caso cubano. Revista Computarizada de producción porcina. Vol. 13. Cuba.
- McGlone. J y W. Pond. 2003. Pig Production: Biological Principles and Applications: section III: Nutrition and Feeding. Delmar Learning. Pág 121. <http://books.google.es/books?id=tc8UHbUSnAAC&pg=PA164&dq=blood+meal&hl=es&sa=X&ei=LykCU-XJB-uzsASaw4HIDg&ved=0CEMQ6AEwAQ#v=onepage&q=blood%20meal&f=false>

- Melody, J., S. Lonergan, L. Rowe, T. Huiatt, M. Mayes y E. Huff-Lonergan. 2004. Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. *J Anim Sci.* 82: 1195-1205.
- Monge, J. 2005. Producción porcina. Editorial Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica.
- Mora, F., L. Novoa, C. González y R. Figueroa. 2005. Aceptabilidad de gramíneas y leguminosas por porcinos en pastoreo. *Rev. Unell de Cien. y Tec.* 23:1-7
- Mosenthin, R., E. Bauer y D. Jezierny. 2010. The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology.* 157: 111-128.
- National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine. Tenth Revised Edition. National Academy of Sciences.
- Newcome, D., T. Baas, J. Mabry y R. Goodwin. 2002. Genetic parameters for prk carcass components. *J Anim Sci.* 80: 3099-3106
- Nold, R., J. Romans, W. Costello y G. Libal. 1999. Characterization of muscle from boars, barrows, and gilts slaughtered at 100 or 110 kilograms: Differences in fat, moisture, color, water-holding capacity, and collagen. *J Anim Sci.* 77:1746-1754.
- Ocampo, A., E. Lozano y E. Reyes. 1990. Utilización de la cachaza de palma africana como fuente de energía en el levante, desarrollo y ceba de cerdos. *Livestock Research for Rural Development.* 2 (1): 43-50
- O'Meara. B. 2010. Small Scale Pastured Hog Production. *GrassWorks Grazing Guide.* p.51-55.
- Oña. N y F. Novillo, 2010, Determinación de Taninos Condensados en Sorgo y su Desactivación Utilizando Urea. *Química Central.* 1 (1): 9-18.
- Ortiz, A., O. Martí, M. Valdivié y C. Leyva. 2011. Utilización de la harina de frutos del árbol del pan (*Artocarpus altilis*) en dietas para cerdos en ceba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 45 (2): 145-149.
- Parrotta, J.A. 1994. *Artocarpus altilis* (S. Park.) Fosb. Breadfruit, breadnut. SO-ITF-SM-71. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.
- Piao, J., J. Tian, B. Kim, Y. Choi, Y. Kim y IN. Han. 2004. Effects of Sex and Market Weight on Performance, Carcass Characteristics and Pork Quality of

Market Hogs. School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Korea. Pag 1452-1458

- Pinelli, A., E. Acedo, J. Hernández, R. Belmar y A. Beltrán y Perdomo. 2004. Manual de buenas prácticas de producción en granjas porcícolas. Centro de investigación en alimentación y desarrollo.
- Ragone, D. 1997. Breadfruit. *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 10. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Ray, F. 2004. Pork carcass evaluation and procedures. Oklahoma State University. Oklahoma Cooperative Extension Service.
- Real, D., J. Nelssen, J. Unruh, M. Tokach, R. Goodband, S. Dritz, J. De Rouchey y E. Alonzo. 2002. Effects of increasing dietary niacin on growth performance and meat quality in finishing pigs reared in two different environments. J Anim Sci. 80: 3203-3210.
- Reyes, G. 2007. Incremento en los precios del maíz y la tortilla en México. Problema de Desarrollo: Revista Latinoamericana de Economía. Vol 38. Núm. 151.
- Rosa, B. 2008. Caracterización de cerdos híbridos de cuatro razas (Landrace, Yorkshire Duroc y Pietrain) para desempeño productivo, calidad de canal y calidad de carne bajo condiciones de clima tropical. Universidad de Puerto Rico: Recinto de Mayagüez.
- Rosales J. y H. Urbieto. 1993. Comparativo de niveles de afrechos de yuca en raciones para cerdos en crecimiento y engorde, en la zona de Pucallpa. Centro Regional de Investigación del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruna.
- Rosas, J. 2010 Análisis de rendimiento y magrez de la canal de cerdo en una institución educativa. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Rourke, B., R. Russell y D. Buege. 2005. Pork carcass evaluation. University of Wisconsin, Department of Animal Sciences.
- Ruiz-Ramírez, J., C. Flores, M. Leal, A. Rodas-González, A. Aranguren-Méndez y R. Román-Bravo. 2007. Efecto de la condición sexual y distintos pesos al sacrificio sobre las características de la canal y la calidad de la carne. Universidad del Zulia. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Producción e Industria Animal.

- Sáinz, J. 2004. Estrategias Económico-Ambientales en la Crianza de Cerdos. Sustainable agriculture network. Sustainable Agriculture Research and Education program. Estados Unidos.
- San Miguel, A. 2008. Gramíneas de interés para la implantación de praderas y la revegetación de zonas degradadas. Ecología y pautas básicas de utilización. Departamento de Silvopascicultura, Universidad Politécnica de Madrid. España.
- Salazar, L. 2009. Evaluación y rendimiento de canales de res y de cerdo e impacto económico en la industria cárnica. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ciencias Administrativas y Agropecuarias.
- Santana, W. 2004. Incremento en la producción de harina y aceite de pescado para abastecer el mercado local, nacional e internacional. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- SAS Institute Inc. 2013. SAS/STAT® 13.1 User's Guide. Cary, NC.
- Schweihofer, J. 2011. Carcass dressing percentage and cooler shrink vary among species and type of animals. Michigan State University Extension. http://msue.anr.msu.edu/news/carcass_dressing_percentage_and_cooler_shrink
- Serrano, M., D. Valencia, A. Fuentetaja, R. Lázaro y G. G. Mateos. 2009. Influence of feed restriction and sex on growth performance and carcass and meat quality of Iberian pigs reared indoors. *J ANIM SCI*. 87:1676-1685.
- Tepper, R., C. González, R. Figueroa, H. Araque y L. Sulbarán. 2012. Efecto de la alimentación con recursos alternativos sobre la cría de cerdos en cama profunda. Facultad de Agronomía.
- Trómpiz, J., M. Ventura, D. Esperanza, A. Del Villar y J. Aguirre. 2000. Utilización de la harina de follaje de yuca (*Manihot esculenta* CRANTZ) en cerdos en crecimiento. Revista científica, FCV-LUZ. Vol X. no 4. Pag 315-320.
- Urkijo, E., P. Eguinoa y J. Labairu. 2009. Como se valora la calidad de la canal y la calidad de la carne. www.UniversoPorcino.com.
- Urriola, P., D. Hoehler, C. Pedersen, H. Stein, L. Johnston y G. Shurson. 2007. Amino Acid Digestibility by Growing Pigs of Distillers Dried Grain with Solubles Produced from Corn, Sorghum, or a Corn-Sorghum Blend. *J. Anim. Sci*. 85(Suppl. 2): 71 (Abstr.).
- Vanheukelom, V., S. Van Beirendonck, J. Van Thielen y B. Driessen. 2012. Behavior, production results and meat quality of intact boars and gilts housed in

unmixed groups: A comparative study. *Applied Animal Behavior Science*. 142: 154-159.

- Vásquez. G. 2003. Alternativas de Alimentación para Porcinos en el Trópico Alto. Universidad de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Línea de Profundización II en Sistemas de Producción Lechera, Sub línea Forrajes.
- Whitney, M., G. Shurson, L. Johnson, D. Wulf y B. Shanks. 2006. Growth performance and carcass characteristics of grower-finisher pigs fed high-quality corn distillers dried grain with soluble originating from a modern Midwestern ethanol plant. *J. Anim. Sci.* 82: 3356-3363.
- Widmer, M., L. McGinnis., D. Wulf y H. Stein. 2008. Effects of feeding distillers dried grains with soluble, high-protein distiller dried grain soluble, and corn germ to growing-finishing pigs on pig performance, carcass quality, and the palatability of pork. *J. Anim Sci.* 86: 1819-1831.
- Wiegand, B., F. Parrish, K. Franey, S. Larsen y J. Sparks. 1998. Water-holding capacity, pH, and lipid oxidation of pork Loins from barrows supplemented with conjugated linoleic acid. Iowa State University. Department of Animal Science.
- Yoon, S., Y. Yang, P. Shinde, J. Choi, J. Kim, Y. Kim, K. Yun, J. Jo, J. Lee, S. Ohh, I. Kwon y B. Chae. 2010. Effect of mannanase on distiller dried grain with soluble on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of grower-finisher pigs. *J Anim Sci.* 88: 181-191.