

EFECTO DE LA ÉPOCA CLIMÁTICA Y DEL GENOTIPO SOBRE LA DIGESTIBILIDAD ILEAL APARENTE DE LA PROTEÍNA EN CERDOS

Álvarez-Rodríguez A¹.; Sarmiento-Franco L.; Vázquez Montero G.; Gutiérrez-Blanco E.; Santos-Ricalde R.; Heredia-López F.; Segura-Correa J.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida-Xmatkuil, Mérida, Yucatán, México.
E-mail: fsarmien@uady.mx

Recibido: 30/6/2007 Aceptado: 13/9/2007

RESUMEN

Se llevaron a cabo dos experimentos, el primero para evaluar el efecto de tres épocas climáticas (época cálida seca ECS, época cálida húmeda ECH, época fresca húmeda EFH) del año sobre la digestibilidad ileal aparente (DPC) de proteína cruda en cerdos. Se utilizaron 3 cerdos de la línea PIC cruza terminal 337, con un peso promedio de 35 kg, adaptados con cánulas en ileon Terminal, alimentados con 3 dietas a base de maíz y 3 niveles de inclusión de Pasta de soya (0, 15, 30%), de acuerdo con un diseño experimental en cuadro latino 3x3 para cada época climática evaluada. Alojados en una cámara climática controlada para la simulación de las 3 épocas climáticas evaluadas. La DPC se vio afectada ($P<0.05$) por la época climática reduciéndose en la ECH e incrementada en la EFH. Se realizó el segundo experimento para evaluar el efecto de genotipo en la DPC en cerdos de la línea PIC vs cerdos criollos mexicanos con un peso promedio de 35 kg con dietas a base de maíz, y la inclusión de 3 niveles (0, 15, 30%) de uno de 3 ingredientes (pasta de soya, semilla de mucuna o semilla de vigna). Con base en un diseño factorial 2x3 para cada ingrediente utilizado. Solamente en las dietas con maíz-mucuna se encontró efecto del genotipo, siendo mayor la DPC ($P<0.05$) DPC en cerdos criollos. Se encontró una tendencia lineal positiva ($P<0.05$) con la inclusión de pasta de soya, al igual que en el experimento 1. Sin embargo las inclusiones tanto de mucuna, como de vigna, mostraron un decremento lineal ($P<0.05$) en DPC.

PALABRAS CLAVE: cerdos, genotipo, clima, digestibilidad ileal, proteína.

SUMMARY

EFFECT OF CLIMATIC SEASON AND GENOTYPE ON THE CRUDE PROTEIN APPARENT ILEAL DIGESTIBILITY ON PIGS

Two experiments were carried out, with the goal to evaluate the effect of the simulated climatic season (hot dry, ECS; hot humid, ECH and cool humid EFH) on the apparent ileal crude protein digestibility (DPC) in pigs, the first one was conducted. There were 3 commercial male pigs (PIC337), 35 kg average live weight, adapted surgically to an ileal cannulation. Maize based diets with three soyabean meal levels (0, 15 and 30%) were offered, according to a 3x3 latin square design. The pigs were housed in metabolic cages located in a climatic chamber controlled by software. DPC was higher ($P<0.05$) in EFH and lower in ECH. In the second experiment, 3 creole male mexican pigs (35 kg average live weight) were included with the objective to evaluate the genotype effect on DPC. Same diets as experiment 1 were used, and also either *Mucuna pruriens* bean or *Vigna unguiculata* bean (0, 15 and 30%) were included as protein sources in maize based diets. A factorial design 2x3, genotypes and inclusion level was used by each protein source. DPC was higher ($P<0.05$) in creole pigs only in mucuna diets. It was a linear positive tendency for DPC with soyabean meal inclusion; however the tendency was negative with both mucuna and vigna inclusions.

KEY WORDS: pig, genotypes, climatic, ileal digestibility, protein.

INTRODUCCIÓN

Existen diversos factores que afectan el aprovechamiento del alimento en cerdos. La literatura existente muestra el efecto de algunos de ellos que afectan la digestibilidad de nutrimentos, y que pueden ser aquellos propios del alimento como la composición química del mismo, la presencia de factores antinutricionales (Araiza *et al.*, 2003), su edad fenológica y el lugar de cultivo (Green *et al.*, 1987), procesamiento al que es sometido el alimento (Batterham, 1992); concentración de los nutrientes (Kephart y Sherrit, 1990; Fan *et al.*, 1994). Factores propios del animal como la edad (Caine *et al.*, 1997; Cervantes *et al.*, 2000), el peso vivo (Fabián *et al.*, 2003) y el genotipo (Christon, 1988; Kinyamu y Ewan, 1994).

El ambiente climático es otro factor que puede afectar la digestibilidad de la proteína (Bonnet *et al.*, 1997), en especial la temperatura y humedad relativa, aunque estos efectos han sido poco estudiados en cerdos. El efecto climático ha sido demostrado en pollos de engorda (Bonnet *et al.*, 1997). En regiones con clima tropical, las temperaturas ambientales se encuentran generalmente por arriba de la zona de termoneutralidad (Le Bellego *et al.*, 2002) lo que produce cambios fisiológicos provocando una reducción en el tamaño del intestino delgado, intestino grueso, hígado, bazo y estómago (Christon, 1988). También se observan cambios en la vida promedio de los enterocitos, al reducirse a 45 horas, en cerdos a 35° C en comparación con 70 horas en cerdos a 10° C; al mismo tiempo se presenta una reducción en la absorción de los nutrientes, en el intestino delgado (Dauncey *et al.*, 1983). En el trópico mexicano y más específicamente en el estado de Yucatán se presentan 3 épocas climáticas bien definidas a lo largo del año, desde el punto de vista de la fisiología animal (Rinaldo y Mourot, 2001). Cada una está determinada por la temperatura y humedad relativa. De esta manera, se dividen en época cálida seca (ECS) que va del mes de febrero a mayo, época cálida húmeda (ECH) que va del mes de junio a septiembre y la época fresca húmeda (EFH) que abarca del mes de octubre a enero.

Por otro lado, con el propósito de reducir la competencia por el uso de insumos para la alimentación humana, y al mismo tiempo la dependencia de insumos importados, se hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas alimenticias para animales monogástricos (Lon-Wo *et al.*, 1998). Las leguminosas tropicales representan una alternativa para la alimentación de cerdos, debido a su alto valor nutritivo, en cuanto a proteína cruda y almidón principalmente. *Vigna unguiculata* y *Mucuna pruriens* son ejemplos del uso de insumos no convencionales para la alimenta-

ción de cerdos. En virtud de lo anterior, es importante contribuir al estudio de la calidad nutricional de nuevos ingredientes utilizados en la alimentación de cerdos y evaluar su aprovechamiento, así como los factores que lo afectan (Cervantes, 2001).

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de genotipo y de la época del año sobre la digestibilidad ileal aparente de la proteína cruda (PC) en algunos ingredientes utilizados en la alimentación de cerdos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló en el área de nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, localizada en la carretera Mérida-Xmatkuil, km 15.5 S/N, Mérida, Yucatán México.

Cámara climática

Para simular los efectos ambientales de las épocas climáticas del año se utilizó una cámara climática con instalaciones que cuentan con un cuarto de control (4 x 5 m) y otro de la cámara climática propiamente dicho con una dimensión de 4 x 4 m. La cámara climática cuenta con paredes de material aislante revestidas con acrílico, con sistema de calefacción, aire acondicionado, ventilación artificial y dispositivos de rocío, que permiten simular tanto la temperatura como la humedad relativa ambiente. La modificación de las condiciones ambientales dentro de la cámara climática se llevó a cabo con dispositivos de temperatura y humedad relativa (DIGI-SENSE U-89000), conectados a una computadora, controlados a través de un sistema de software integrado por un conjunto de programas desarrollados en un lenguaje de cuarto nivel, totalmente gráfico, el cual permite el control y manipulación del ambiente dentro de la cámara climática, al controlar los diferentes aparatos y dispositivos.

El software fue alimentado con los datos obtenidos de las características propias de cada época climática, permitiendo recrear o simular cualquier época climática del año, con una confiabilidad por arriba del 90% (Castillo, 2006). Para alimentar el software se tomaron los promedios de la temperatura y humedad relativa de los últimos 10 años, obteniendo promedios por época, mes, día y hora. Los promedios simulados de temperatura ambiente fueron 26.97, 27.72 y 24.35° C; y de humedad relativa 69.6, 82.41 y 78.73 %, para ECS, ECH y EFH respectivamente.

Experimento 1

Con el objetivo de evaluar la digestibilidad ileal aparente de la proteína (DPC) en tres épocas del año, se utilizaron

3 cerdos machos castrados con un peso promedio de 35kg (Albin *et al.*, 2001) de la línea PIC (cruza Terminal 337). Los cerdos fueron adaptados quirúrgicamente con una cánula tipo T a nivel de íleon terminal, de acuerdo a la metodología descrita por Cervantes *et al.* (2000). Las cánulas fueron elaboradas con tubo de plástico (Tygon Fisher Sci. Co., Pittsburgh, PE) de 11 mm de diámetro interno y 17 mm de diámetro externo; la longitud de las partes vertical y horizontal de la «T» fueron de 10 cm, las cuales se unieron con ciclohexanona (Spectrum Chemical Mfg. Co., Gardena, CA). Los cerdos fueron alojados en corrales individuales de 1.2 m² durante la recuperación y cicatrización de la cirugía, la cual se notó por la ausencia de inflamación en el área intervenida. Posteriormente los cerdos fueron alojados en jaulas metabólicas de acero galvanizado de 0.90 x 1.8 m provistas con comederos tipo tolva y bebederos individuales tipo chupón. Las jaulas se colocaron en el interior de la cámara climática.

Se utilizaron 3 dietas a base de maíz y pasta de soya proporcionando 2 veces los requerimientos de mantenimiento de energía metabolizable (100 Kcal./kg de peso metabólico) de acuerdo al NRC (1998). Las dietas fueron: dieta 1 maíz 100%; dieta 2 maíz 85% + pasta de soya 15% y dieta 3 maíz 70% + pasta de soya 30%, con una concentración de PC de 8.30, 14.80 y 21.15% respectivamente. Las dietas fueron adicionadas con 1g/kg de vitaminas mezcla premix, 0.5 g/kg de minerales mezcla premix y se utilizó dióxido de titanio (Jagger *et al.*, 1992) como marcador inerte en la dieta, a razón de 4g/kg. La duración de los períodos experimentales fue de 7 días, con 5 días de adaptación a la dieta (Caine *et al.*, 1997; Torrallardona *et al.*, 2001; Thong and Liebert, 2004), seguido por 2 días de muestreo (Fan y Sauer, 1995; Albin *et al.*, 2001).

Los animales permanecieron 4 períodos en la cámara climática por cada época simulada. El primer periodo se utilizó para adaptar a los animales a la época climática simulada (Le Bellego *et al.*, 2002), dando inicio al cuadro latino a partir del segundo período. Este procedimiento fue repetido en tres ocasiones, contando finalmente con la simulación de las tres épocas (ECS, ECH y EFH).

El muestreo se llevó a cabo durante los días 6 y 7 de cada período experimental por 12 h, con una recolección cada 2 horas, para finalmente obtener 6 muestras por día. La digesta fue colectada en bolsas de polietileno con una dimensión de 5 x 25 cm, las cuales eran atadas a la cánula y se retiraban tras un período de 15 minutos, al contenido recolectado se añadía 0.5 ml de ácido clorhídrico al 0.2 N (Araiza *et al.*, 2003). Las muestras se mantuvieron en congelación a -20° C. Las muestras provenientes de cada cerdo, de los dos días de muestreo se mezclaron y se seca-

ron mediante liofilización (Johnston *et al.*, 2004; Dilger *et al.*, 2004) para finalmente considerarse como una muestra.

Se llevaron a cabo análisis de titanio por colorimetría, de acuerdo con la metodología descrita por Short *et al.* (1996) y de proteína cruda, de acuerdo al AOAC (2000), tanto en las muestras ileales como en las muestras de cada dieta ofrecida. La digestibilidad aparente del nitrógeno se calculó de acuerdo a la fórmula propuesta por Ravindran *et al.* (1999).

Análisis estadístico

Los resultados se analizaron estadísticamente como cuadro latino 3 x 3 (3 cerdos, 3 dietas) por cada época simulada (considerada como bloque), realizando el análisis de varianza mediante el procedimiento GLM, y llevando a cabo comparaciones de medias mediante el procedimiento de Duncan (1955) utilizando el paquete estadístico MINITAB (1999).

Experimento 2

Con el objetivo de determinar el efecto de genotipo sobre la DPC, se utilizaron 6 cerdos machos castrados con un peso promedio de 35 kg y adaptados quirúrgicamente con una cánula ileal tipo T, 3 cerdos de la línea PIC (337) y tres cerdos criollos mexicanos. Alimentados con dietas a base de maíz (8.21% de PC) con la inclusión de 3 niveles (0, 15, 30 %) en la dieta de uno de los siguientes ingredientes: pasta de soya (51.21% PC), semilla de *Mucuna pruriens* (24.92 % PC) o semilla de *Vigna unguiculata* (25.59% PC), adicionadas al igual que en el experimento 1. Se proporcionaron dos veces los requerimientos de mantenimiento de la energía metabolizable (100 Kcal./kg de peso metabólico) de acuerdo al NRC (1998). El muestreo y los análisis químicos se realizaron de la misma forma que en el experimento 1. Las dietas de maíz-pasta de soya tuvieron la misma concentración de PC que en el experimento 1. Las dietas maíz-mucuna tuvieron 7.91, 11.19 y 13.95% de PC, para 0, 15 y 30 % de mucuna respectivamente; y las de maíz-vigna tuvieron 8.25, 11.04 y 13.66% de PC para 0, 15 y 30% de vigna respectivamente.

Manejo de las Semillas de mucuna y vigna

Las semillas se obtuvieron de la cosecha proveniente de un productor local del sur del Estado de Yucatán. Con el fin de eliminar los principales factores antinutricionales los granos fueron tratados. El tratamiento consistió en remojar las semillas en agua por un lapso de 24 horas, con una relación de 4:1 de agua y semilla respectivamente (Ruíz, 1999). Posteriormente se desechó el agua y se añadió un

nuevo volumen con una relación de 2:1 respectivamente, sometido a cocción a 100° C por 30 minutos. Posteriormente las semillas se secaron en una estufa de aire forzado a 60° C por 48 horas y se molieron en un molino de martillos, pasando por una criba de 3 mm (Trejo, 2005).

Análisis estadístico

Para determinar diferencias en los coeficientes de digestibilidad entre razas y entre las dietas evaluadas, se realizaron análisis de varianza, mediante el procedimiento GLM utilizando el programa MINITAB (1999), de acuerdo a un diseño factorial, 2 x 3, con dos genotipos y tres dietas. Para cada ingrediente (pasta de soya, semilla de Mucuna y semilla de Vigna), se llevaron a cabo análisis de superficies de respuesta con el mismo programa.

RESULTADOS

Experimento 1

Se encontró diferencia estadística entre dietas y entre épocas ($P < 0.05$), aunque no hubo interacción significativa dieta por época. En el cuadro 1, se observa que DPC fue menor en ECH que en EFH. La inclusión de pasta de soya en la dieta mejoró ($P < 0.05$) DPC.

Cuadro 1. Efecto de la época simulada y del la inclusión de pasta de soya sobre la digestibilidad ileal aparente de la proteína cruda (DPC) en cerdos comerciales.

	ÉPOCA			SEM
	Cálida Seca	Cálida Húmeda	Fresca Húmeda	
DPC	71.06ab	68.69a	74.12b	1.57*
	DIETA % Pasta Soya			SEM
	0	15	30	
DPC	65.46a	73.86b	74.72b	1.56*

Experimento 2

En el cuadro 2 se muestra el efecto del genotipo sobre DPC en las diferentes dietas. Solamente en las dietas con maíz-mucuna se encontró efecto del genotipo, siendo mayor ($P < 0.05$) DPC en cerdos criollos.

En el cuadro 3 se muestra el efecto de la inclusión de los ingredientes proteicos sobre DPC. Se encontró una tendencia lineal positiva ($P < 0.05$) con la inclusión de pasta de soya, al igual que en el experimento 1. Sin embargo las inclusiones tanto de mucuna, como de vigna, mostraron un decremento lineal ($P < 0.05$) en DPC.

Cuadro 2. Efecto del genotipo sobre la digestibilidad de proteína cruda en las diferentes dietas utilizadas

Dietas	Digestibilidad (%)		SEM
	Cerdos PIC	Cerdos criollos	
Maíz + P. Soya	71.39	72.10	1.27
Maíz + Mucuna	56.85	68.30	2.35**
Maíz + Vigna	54.07	52.93	3.08

** ($P < 0.01$).

SEM Error estándar de las medias.

Cuadro 3. Efecto del nivel de inclusión de los ingredientes sobre la digestibilidad de proteína cruda en cerdos.

Dieta	% de inclusión			SEM
	0	15	30	
Maíz +P. Soya	64.74	73.84	76.65	1.56**
Maíz +Mucuna	68.84	67.62	51.27	2.88**
Maíz +Vigna	68.84	49.49	42.18	3.76**

** ($P < 0.01$).

SEM Error estándar de las medias.

DISCUSIÓN

El efecto del medio ambiente tropical sobre los cerdos produce cambios en sus respuestas fisiológicas, produciendo una reducción en el consumo de alimento en primera instancia, como consecuencia del estrés calórico (Quiniou *et al.*, 2000; Renaudeau *et al.*, 2007). El incremento de temperatura en la piel es producto de un mayor flujo sanguíneo para disipar calor, lo cual provoca menor flujo de sangre en órganos internos y reduce la capacidad de transporte de nutrientes desde intestino delgado.

Las altas temperatura de los climas tropicales (Le Bellego *et al.*, 2002) se localizan por arriba de la zona de termoneutralidad, pero los efectos estresantes del calor se incrementan cuando se asocian las altas temperaturas con una humedad relativa alta, ya que reduce la eficiencia en la pérdida de calor por evaporación, de la superficie de la piel y del trato respiratorio. Las temperaturas tropicales producen cambios fisiológicos provocando una reducción en el tamaño del intestino delgado (Christon, 1988). Aunado a la reducción en la vida promedio de los enterocitos a temperaturas altas, al reducirse a 45 horas en cerdos a 35° C en

comparación con 70 horas en cerdos a 10° C; este efecto trae como consecuencia una reducción en la absorción de los nutrientes, en el intestino delgado y el incremento en las pérdidas endógenas (Dauncey *et al.*, 1983).

Holmes, (1973), determino el efecto de las altas temperaturas (35°C) y temperatura termoneutral (25°C), sin observar diferencia en la DPC, pero encontró diferencia en la retención de energía siendo menor a altas temperaturas. Bonnet *et al.* (1997), encontraron una reducción en la DPC en pollos broilers, bajo condiciones de temperaturas altas. Durante la EFH la fluctuación en la temperatura se acerca a la zona de termoneutralidad lo cual mejora la digestibilidad en comparación con ECS y ECH.

Por otro lado, Bautista *et al.* (2002) mencionan que el incremento en el nivel de proteína, mejora la DPC. Los resultados obtenidos con dietas que contenían pasta de soya confirman lo mencionado por este autor. El tipo y el nivel del sustrato en la dieta influyen sobre la secreción de enzimas pancreáticas. No obstante Li *et al.* (1997) no encontraron ningún efecto en la actividad de la tripsina, quimotripsina, amilasa o lipasa, con rangos de proteína dietética de 12 a 24%. Al incluir pasta de soya en la dieta se esta mejorando la calidad de proteína, en comparación con la de granos como maíz, sorgo o trigo, que poseen factores antinutricionales que interfieren en la digestión de las proteínas. Sin embargo, la pasta de soya se encuentra libre de inhibidores de las proteasas pancreáticas cuando ha sido bien procesada (Bautista *et al.* (2002)

Laubitz *et al.* (2006) encontraron en cerdos de tres razas puras (Pietrain, Duroc y Polish synthetic línea 990) que la secreción de enzimas pancreáticas difiere de acuerdo al genotipo. Demostraron que los cerdos Pietrain y la línea 990 secretan más enzimas pancreáticas particularmente tripsina y amilasa que los Duroc. Si entre cerdos de aquellas razas se encontraron diferencias en la cantidad de secreción de enzimas, es muy probable que entre cerdos criollos y PIC también haya diferencias, por lo menos de igual modo, ya que difieren en mayor grado en cuanto a la selección genética.

En un estudio Fabian *et al.* (2003) encontraron que los cerdos de líneas Duroc mejoradas tuvieron una menor digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno durante la fase del crecimiento, comparado con los cerdos del grupo control. Los cerdos mejorados genéticamente tienen un rápido crecimiento, aunque para ello sea necesario que la dieta cumpla con los requerimientos adecuados de

nutrientes, debido a que un desbalance nutricional de las dietas podría afectar su comportamiento (Bautista *et al.*, 2002).

En el presente estudio, se observó que los cerdos criollos presentaron mayor capacidad de absorción cuando se les suministro dietas a base de maíz y semilla de Mucuna, esto podría deberse a la mejor capacidad o adaptación de éstos a consumir ingredientes de baja calidad, esto concuerda con el estudio de Trejo (2005) quien encontró que los cerdos criollos tuvieron un mejor comportamiento, al consumir dietas de menor calidad, que los cerdos comerciales consumiendo las mismas dietas. Reportó digestibilidades de 76.2 y 70.9 % para cerdos criollos y comerciales respectivamente, con el 25% de inclusión de semilla de Mucuna, utilizando el método de colección total. Es posible que el tratamiento térmico aplicado a las semillas de mucuna no haya podido eliminar en su totalidad los factores antinutricionales contenidos en dicha semilla, y es bien sabido que dichos factores pueden afectar la absorción y utilización de los nutrientes por el animal (Trejo, 2005).

En cuanto a dietas a base de maíz y semilla de Vigna los resultados indican que los cerdos PIC presentaron mejor DPC que los criollos, lo cual es contradictorio a los resultados obtenidos con dietas a base de maíz y semilla de mucuna, donde los criollos fueron superiores. Castro *et al.*, (2002), menciona que es posible sustituir en la dieta hasta un 20% de Vigna en la dieta, sin alterar el comportamiento productivo, aunque ello no concuerda con los resultados obtenidos. La reducida DPC observada en ambos genotipos, para dietas con Vigna, puede ser explicada parcialmente por la proteína de baja calidad resistente al ataque enzimático, presente en dicho insumo (Aguirre, *et al.*, 2002) y por los factores antinutricionales que contiene Vigna (Lon-Wo *et al.*, 1998), donde posiblemente el tratamiento térmico aplicado no fue suficiente para poder eliminar dichos factores. Se sabe que las Vignas poseen cierta cantidad de oligosacáridos, los cuales ocasionan problemas en la fisiología digestiva (Gorocica, 1998).

CONCLUSIONES

La DPC es afectada significativamente por la época del año. El efecto de genotipo sobre DPC solo se manifiesta en dietas de baja calidad, donde la rusticidad del animal puede ser un factor importante, sujeto de estudios subsecuentes.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, L.A.; SAVÓN, L.; SANTOS, Y. y DIGO, L.E. 2002. Metabolismo proteico y comportamiento productivo en ratas que consumen harina de granos crudos de vigna (*Vigna unguiculata*) en sustitución de la torta de soya comercial. Rev. Cubana Cienc. Agric. 36: 167-172.
- ALBIN, D. M.; WUBBEN, J. E.; SMIRICKY, M. R. and GABERT, V. M. 2001. The effect of feed intake on ileal rate of passage and apparent amino acid digestibility determined with or without correction factors in pigs. J. Anim. Sci. 79:1250-1258
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis (17th Ed.). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA. p. 2200
- ARAIZA, P.A.; CERVANTES, R. A.; MORALES, M.A.; ESPINOZA, S.S.; CERVANTES, R.M. y TORRENTERA, O.N. 2003. Apparent ileal amino acid digestibility in sorghum, corn and wheat in diets for growing pigs. Agrociencia 37: 221-229.
- BATTERHAM, E. S. 1992. Availability and utilization of amino acids for growing pigs. Nutr. Res. Rev. 5: 1-18.
- BAUTISTA, N.; CERVANTES, M.; CUCA, M.; PRO, A. y TORRENTERA, N. 2002. Digestibilidad ileal aparente de aminoácidos en dietas de sorgo-pasta de soya con diferentes niveles de proteína para cerdos. Rev. Cubana Cienc. Agric. 36: 351-359
- BONNET, S.; GERAERT, P.A.; LESSIRE, M.; CARRE, B. and SOLANGE, G. 1997. Effect of high ambient temperature on feed digestibility in broilers. Poult. Sci. 76:857-863.
- CAINE, W. R.; SAUER, W. C.; TAMMINGA, S.; VERSTEGEN, M.W.A. and SCHULZE, H. 1997. Apparent ileal digestibilities of amino acids in newly weaned pigs fed diets with protease-treated soybean meal. J. Anim. Sci. 75: 2962-2969
- CASTILLO R. J. C. 2006. Diseño y construcción de un sistema de cómputo para el control de una cámara climática. Tesis, Licenciatura en ciencias de la computación. Facultad de Matemáticas, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- CASTRO, M.; DÍAZ, J.; CASTAÑEDA, J.; BAEZ, L.; DÍAZ, M.F.; L.Y. J.; DÍAZ, C.; CABRERA, J. y CINO, D.M. 2002. Una alternativa nacional como fuente de proteína para credos en crecimiento: *Vigna unguiculata* vc. INIFAT-93. Rev. Cubana Cienc. Agric. 36: 347-350.
- CERVANTES, R.M.; GONZÁLEZ, V.V.; RODRÍGUEZ, R.S.; CUCA, G.M. y GROMWELL, G. 2001. Pérdida de aminoácidos endógenos en cerdos con niveles variables de consumo de alimento. Agrociencia. 35: 707-715
- CERVANTES, R. M.; GONZÁLEZ, V. V.; RODRÍGUEZ, R. S.; GONZÁLEZ, M. J. S. y FLORES, A. L. 2000. Duodenal and ileal cannulation for digestion studies in pigs. Agrociencia 34: 135-139.
- CHRISTON, R. 1988. The effect of tropical ambient temperature on growth and metabolism in pigs. J. Anim. Sci. 66: 3112-3123.
- DAUNCEY, M. J.; INGRAM, D. L.; JAMES, P. S. and SMITH, M. W. 1983. Modification by diet and environmental temperature of enterocyte function in piglet intestine. J. Physiol. 341, pp. 441-452
- DILGER, R. N.; SANDS, J. S.; RAGLAND, D. and ADEOLA, O. 2004. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean meal with added soyhulls. J. Anim. Sci. 82: 715-724.
- DUNCAN, B. (1955) Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, **11**: 1-7.
- FABIAN, J.; CHIBA L. I.; KUHLERS, D. L.; FROBISH, L. T.; NADARAJAH, K. and MCELHENNEY, W. 2003. Growth performance, dry matter and nitrogen digestibilities, serum profile, and carcass and meat quality of pigs with distinct genotypes. J. Anim. Sci. 81: 1142-1149.
- FAN, M. Z.; SAUER, W. C.; HARDIN, R. T. and LIEN, K. A. 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: Effect of dietary amino acid level. J. Anim. Sci. 72: 2851-2859
- FAN, M.Z.; SAUER, W.C. and MCBURNEY, M. I. 1995. Estimation by regression analysis of endogenous amino acid levels in digesta collected from the distal ileum of pigs. J. Anim. Sci. 73: 2319-2328.
- GREEN, S.; BERTRAND, S. L.; DURÓN, M. J. C. and MAILLARD, R. 1987. Digestibilities of amino acids in soybean, sunflower and groundnut meals, determined with intact and caecectomised cockerels. Brit. Poult. Sci. 28: 643-652
- GOROCICA, E. 1998. Evaluación agronómica y nutritiva de cinco variedades de Espelón (*Vigna unguiculata*) para la alimentación de aves. Tesis de Licenciatura, FMVZ, UADY.
- HOLMES, C.W. 1973. The energy and protein metabolism of pigs growing at a high ambient temperature. Anim. Prod 16:117-133.
- JAGGER, S.; WISEMAN, J.; COLE D. J. A. and CRAIGON, J. 1992. Evaluation of inert markers for the determination of ileal and faecal apparent digestibility values in the pig. Brit. J. Nutri. 8:729-739
- JOHNSTON, S. L.; WILLIAMS, S. B.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; BUNTING, L. D.; MATTHEWS, J. O. y OLCOTT, B. M. 2004. Effect of phytase addition and

- dietary calcium and phosphorus levels on plasma metabolites and ileal and total-tract nutrient digestibility in pigs. *J. Anim. Sci.* 82: 705-714.
- Kephart, B. and Sherritt, G.W. 1990. Performance and nutrient balance in growing with amino acids and potassium swine fed low-protein diets supplemented. *J. Anim. Sci.* 68: 1999-2008.
- KINYAMU, H.K. and EWAN, R.C. 1994. Energy and Protein Metabolism of the Chinese Pig. *J. Anim. Sci.* 72: 2068-2074.
- LAUBITZ, D.; JANKOWSKA, A.; NIEMINUSZCY, J.; WRZESINSKI, M.; JAWORSKI, K.; ROMANOWICZ, K.; MATYJEK, R.; GRZESIUK, E.; ZEBROWSKA, T. and ZABIELSKI, R. 2006. Pancreatic secretion differs according to the genotype of growing pigs. *J. Physiol. Pharma.* 57:677-689.
- LE BELLEGO, L.; VAN MILGEN, J. and NOBLET, J. 2002. Effect of high temperature and low-protein diets on the performance of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 80:691-701.
- LI, S.; SAUER, W.C.; HUANG, S.X. and GUBERT, V.M. 1997. Exocrine pancreatic secretions in growing pigs fed diets containing different levels of protein from soyabean meal. *J. Anim. Feed. Sci.* 6: 207.
- LON-WO, E.; CARDENAS, M. y DIAS, M.F. 1998. Las vignas, una fuente de proteína alternativa para las aves en el trópico. Resultados preliminares. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 32: 301-306.
- MINITAB. 1999. Minitab Release 12.23. Minitab Inc. USA.
- NRC. 1998. National Research Council. Nutrient Requirement of Swine. 10th ed. Washington (DC). National Academy Press.
- QUINIQUO, N.; DUBOIS, S. and NOBLET, J. 2000. Voluntary feed intake and feeding behavior of group-housed growing pigs are affected by ambient temperature and body weight. *Livest. Prod. Sci.* 63: 245-253.
- RAVINDRAN, V.; HEW, L.I.; RAVINDRAN, G. and BRYDEN, W. L. 1999. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. *Brit. Poult. Sci.* 40: 266-274.
- RENAUDEAU, D.; HUC, E. and NOBLET, J. 2007. Acclimation to high ambient temperature in Large White and Caribbean Creole Growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85: 779-790.
- RUIZ, S. B. 1999. Evaluación del frijol terciopelo (*Stizolobium deeringianum*) sin tratar y tratado, como ingrediente en dietas de cerdos. Tesis Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Yucatán, México. pp. 46
- RINALDO, D. and MOUROT, J. 2001. Effects of tropical climate and season on growth, chemical composition of muscle and adipose tissue and meat quality in pigs. *Anim. Res.* 50 507-521
- SHORT, F. J.; GORDON, P.; WISEMAN, J. y BOORMAN, K. N. 1996. Determination of titanium dioxide added as an inert marker in chicken digestibility studies. *Animal Feed Science and Technology.* 59: 215-221.
- THONG, H. T. and LIEBERT, F. 2004. Potential for protein deposition and threonine requirement of modern genotype barrows fed graded levels of protein with threonine as the limiting amino acid. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 88 196-203.
- TORRALLARDONA, D.; NIELSEN, J.E. and BRUFAU, J. 2001a. Apparent Ileal Digestibility of Protein and Amino Acid in Wheat Supplemented with Enzymes for Growing Pigs. In: Brian Ogle and J. E. Lindberg, Eds. *Digestive Physiology of Pigs: proceedings of the 8th Symposium.* Edition CABI Publishing. pp 184-186.
- TREJO, L. W. 2005. Strategies to improve the use of limited nutrient resources in pig production in the tropics. Ph.D Thesis. University of Kassel (Germany) pp 118.

