

RESPUESTA DE CERDOS EN CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN A DIETAS CON BAJA PROTEÍNA Y ENERGÍA

GROWTH PERFORMANCE OF GROWING-FINISHING PIGS FED DIETS LOW IN PROTEIN AND ENERGY

José L. Figueroa-Velasco¹, Miguel Cervantes-Ramírez², Juan M. Cuca-García¹ y Mihail Méndez-López¹

¹Programa en Ganadería, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, Estado de México. (jofive56@hotmail.com).

²Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Domicilio Conocido Ejido Nuevo León. 21100. Mexicali, Baja California, México. (miguel_cervantes@uabc.mx)

RESUMEN

Dietas bajas en proteína propician canales con más grasa en los cerdos. Por tanto, se realizaron dos experimentos con cerdos (uno durante el crecimiento y otro durante la finalización) reduciendo la energía metabolizable (EM) en dietas bajas en proteína, para determinar su efecto en la respuesta productiva y las características de la canal. Para el experimento de crecimiento se utilizaron 32 cerdos (16 machos castrados y 16 hembras; 35.3±1.5 kg) en un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (dietas) y cuatro repeticiones. Las dietas fueron las siguientes (% PC y kcal EM kg⁻¹): T1) 16.5 y 3265; T2) 12.5 y 3265; T3) 12.5 y 3165; T4) 12.5 y 3065. La reducción de PC aumentó el consumo de alimento; en hembras incrementó la conversión alimenticia (CA) y redujo la grasa dorsal (GD). Al disminuir la EM en dietas bajas en proteína, aumentó el consumo y la ganancia de carne magra (GCM), y en machos castrados incrementó el área del músculo *longissimus* (AML); la reducción total de EM disminuyó la GD en hembras. En el experimento de finalización se utilizaron 32 cerdos (16 machos castrados y 16 hembras; 56.2±2.95 kg) en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (dietas) y cuatro repeticiones; el peso corporal inicial se usó como covariable. Las dietas fueron similares a las del primer experimento, variando sólo la PC (T1=13.8 %; T2, T3 y T4=9.8 %). Al reducir la PC disminuyó la ganancia diaria de peso (GDP), el peso final y la GCM, pero aumentó la CA; en hembras se redujo el peso final y la GDP, aunque incrementó la CA. Las dietas con menor EM disminuyeron el peso final y la GDP, pero aumentaron la CA; en hembras se redujo el peso final, la GDP y la GCM, y se incrementó la CA; en machos hubo una mayor AML y GCM. Por tanto, se puede alimentar cerdos en crecimiento con menos EM en dietas bajas en proteína, pero en cerdos en finalización hay un efecto negativo en algunas características de la canal, sobre todo en hembras.

Palabras clave: Cerdos en crecimiento-finalización, dietas bajas en proteína y energía, hembras, machos castrados.

ABSTRACT

Low protein diets facilitate increased backfat in carcass of pigs. Therefore, two experiments with pigs were carried out (one during growing and one during finishing), reducing metabolizable energy (ME) in low protein diets, to determine the effect on performance and carcass characteristics. For the growing trial 32 pigs (16 barrows and 16 gilts; 35.3±1.5 kg) were used in a randomized complete block design with four treatments (diets) and four replicates. Diets were as follows (% CP and kcal ME kg⁻¹): T1) 16.5 and 3265; T2) 12.5 and 3265; T3) 12.5 and 3165; T4) 12.5 and 3065. CP reduction increased feed intake; in gilts feed conversion (FC) was increased and backfat (BF) reduced. Decreasing ME in low protein diets increased intake and lean meat gain (LMG), and in barrows *longissimus* muscle area (LMA) was increased; in gilts, ME total reduction decreased BF. In the finishing trial, 32 pigs (16 barrows and 16 gilts; 56.2±2.95 kg) were used in a completely randomized design with four treatments (diets) and four replicates; initial body weight was used as a covariable. Diets were as in experiment 1, except for CP (T1=13.8%; T2, T3 and T4=9.8%). Reducing CP caused a decrease in average daily gain (ADG), final weight and LMG, but an increase in FC; in gilts, final weight and ADG were reduced, although FC was increased. Diets with lower ME decreased final weight and ADG, but increased FC; in gilts, final weight, ADG and LMG were reduced, and FC was increased; in barrows there was an increased LMA and LMG. Therefore, low protein diets with lower ME may be used to feed growing pigs; however, in finishing pigs there is a negative effect on carcass characteristics, specially in gilts.

Key words: Growing-finishing pigs, diets low in protein and energy gilts, barrows.

INTRODUCTION

Pigs fed low protein diets with synthetic lysine, methionine, threonine and tryptophane excrete less nitrogen in their feces. These diets decrease energy losses (LeBellego *et al.*, 2001) and increase retention of metabolizable energy (ME) in body tissues, mainly as fat. Therefore, pig carcass presents a greater amount of adipose tissue (Kerr *et al.*, 1995; Tuitoek *et al.*, 1997).

Recibido Octubre, 2003. Aprobado: Junio, 2004.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 38: 383-394. 2004.

INTRODUCCIÓN

Cerdos alimentados con dietas bajas en proteína adicionadas con lisina, metionina, treonina y triptofano sintéticos, excretan menos nitrógeno en heces. Estas dietas reducen la pérdida de energía (Le Bellego *et al.*, 2001) y aumentan la retención de energía metabolizable (EM) en tejidos corporales, principalmente como grasa. Por tanto, la canal del cerdo presenta mayor cantidad de tejido adiposo (Kerr *et al.*, 1995; Tuitok *et al.*, 1997). La disminución de proteína cruda (PC) en dietas cereal-pasta de soya puede reducir la desaminación de los excesos de aminoácidos (AA), la consecuente síntesis de urea y su excreción en la orina. Además, dietas bajas en proteína pueden reducir el recambio de proteína corporal y la producción de calor corporal en cerdos (Noblet *et al.*, 1987; Roth *et al.*, 1999). Así, puede haber más energía disponible para síntesis de tejido adiposo, y mayor grosor de la grasa dorsal, aunque la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la ganancia de carne magra sean similares en cerdos alimentados con dietas estándar o con menos PC (Figuroa *et al.*, 2002). La respuesta productiva de los cerdos en crecimiento no cambia al reducir la PC de la dieta adicionando AA sintéticos; sin embargo, las características de la canal podrían mejorarse (menor grasa dorsal) si se reduce la concentración de EM en esas dietas con menor contenido de proteína, lo que aumentaría la calidad de la carne. Al respecto, no se encontraron reportes en la literatura revisada.

Cuando no se agregan AA sintéticos a dietas bajas en PC (12%), se reduce la respuesta productiva y se afecta negativamente las características de la canal (Kerr *et al.*, 1995), lo que se refleja en menor ganancia de carne magra (GCM) y mayor grasa dorsal. Aparentemente puede reducirse aún más la proteína de la dieta, a 11%, si además de los cuatro AA sintéticos comercialmente disponibles (Lis, Met, Thr, Trp), se agrega valina e histidina o isoleucina, que son AA limitantes, en dietas con 11% PC (Figuroa *et al.*, 2002, 2003).

La respuesta productiva y la composición de la canal es diferente en machos castrados, hembras, y machos enteros (Cline y Richert, 2001). Por tanto, frecuentemente se compara entre sexos para determinar los requerimientos de nutrientes y la respuesta productiva específica de cada sexo, y el efecto de diferentes concentraciones de nutrientes en el crecimiento de machos castrados y hembras (Schinckel, 1994).

Los objetivos de esta investigación fueron evaluar los efectos de disminuir la EM (de 3265 a 3065 kcal kg⁻¹) en dietas sorgo-pasta de soya bajas en proteína para cerdos en crecimiento (12.5% PC) y finalización (9.8% PC), en las características productivas (ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, y ganancia

The decrease in crude protein (RP) in cereal-soybean meal diets may reduce the deamination of the excess amino acids (AA), the subsequent urea synthesis and its excretion through urine. Low-protein diets may also reduce body protein turnover and production of body heat in pigs (Noblet *et al.*, 1987; Roth *et al.*, 1999). Thus, more energy may be available for adipose tissue synthesis, as well as thicker backfat, despite weight increase, feed conversion and lean meat gain being similar in pigs fed standard diets or lower amounts of CP (Figuroa *et al.*, 2002). Performance of growing pigs does not change when reducing CP of the diet by adding synthetic AA; however, the carcass characteristics may be improved (less backfat) if the ME concentration is reduced in those diets with lower protein content, which would improve meat quality. Regarding this subject, no reports were found in the literature reviewed.

When no synthetic AA are added to low CP (12%) diets, the productive response is decreased and carcass characteristics are negatively affected (Kerr *et al.*, 1995), which shows in lower lean meat gain (LMG), and more backfat. Apparently, protein in the diet may be reduced even further (to 11%) if, besides the four synthetic commercially available AA (Lys, Met, Thr, Trp), valine and histidine or isoleucine, which are limiting AA, are added to diets with 11% CP (Figuroa *et al.*, 2002, 2003).

The productive response and carcass composition is different in barrows, gilts and males (Cline and Richert, 2001). Comparisons between sexes are therefore frequent so as to determine the specific nutrition requirements and productive response of each sex, as well as the effect of different concentrations of nutrients on growth of barrows and gilts (Schinckel, 1994).

The objectives of this research were to evaluate the effects of reducing the ME (from 3265 to 3065 kcal kg⁻¹) in low protein sorghum- soybean meal diets for growing (12.5% CP) and finishing (9.8% CP) pigs, on productive (daily weight gain, feed intake, feed conversion, and lean meat gain) and carcass characteristics (backfat, longissimus muscle area, and percentage of lean meat in the carcass), as well as the differences between sexes (gilts and barrows).

MATERIALS AND METHODS

Experiment 1 (growth)

A randomized complete block design was used with four treatments (diets) and four replicates (one male and one gilt in each), randomly assigned to 32 growing hybrid pigs (Landrace×Hampshire×Duroc; 35.29±1.52 kg initial weight; 16 gilts and 16 barrows). The criterion for blocking was initial weight; randomization was restricted so as to avoid pigs of the same litter in the same treatment. Each pair of pigs was placed in a pen (3.5×1.2m), partially open in the front, and

de carne magra) y de la canal (grasa dorsal, área del músculo longissimus, y porcentaje de carne magra), así como las diferencias entre sexos (hembras y machos castrados).

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1 (crecimiento)

Se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos (dietas) y cuatro repeticiones (un macho y una hembra en cada una) asignados al azar a 32 cerdos (16 hembras y 16 machos castrados) híbridos (Landrace×Hampshire×Duroc) en crecimiento (35.29 ± 1.52 kg peso inicial). El criterio de bloqueo fue el peso inicial; la aleatorización se restringió para que no hubiera cerdos de la misma camada en un mismo tratamiento. Cada par de cerdos se alojó en un corral (3.5×1.2 m), abierto parcialmente al frente, y equipado con un comedero de tres bocas y un bebedero de chupón. El experimento (21 d) se realizó en la Granja Experimental del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (Estado de México, México; junio-julio 2001); la temperatura promedio fue 17.7 °C (11.3 °C mínima, 24.1 °C máxima). Las dietas tuvieron como base sorgo-pasta de soya, variando la PC y EM: T1) dieta testigo, 16.5% PC proteína estándar, y 3265 kcal EM kg^{-1} energía estándar (NRC, 1998); T2) 12.5% PC y 3265 kcal EM kg^{-1} ; T3) 12.5% PC y 3165 kcal EM kg^{-1} ; T4) 12.5% PC y 3065 kcal EM kg^{-1} (Cuadro 1). La concentración de EM en las dietas bajas en energía (T3 y T4) se obtuvo agregando salvado de trigo o arena a expensas del sorgo. Se agregaron AA sintéticos a las dietas bajas en proteína (T2, T3, T4) para igualar la concentración de lisina, treonina, metionina y triptófano de la dieta testigo. El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum*.

Los cerdos se pesaron el primer día del experimento, después semanalmente; las mediciones hechas durante el experimento se utilizaron en los análisis estadísticos. El consumo de alimento se midió semanalmente, pero el promedio del par de cerdos se utilizó para calcular la conversión alimenticia y para los análisis estadísticos respectivos (sin considerar el sexo). La grasa dorsal (GD) y el área del músculo longissimus (AML) se midieron en la décima costilla utilizando ultrasonido de tiempo real (SonoVet SA-600V, Medison America, Inc., Cypress, California, USA). Con estos datos se calculó la ganancia (GCM) y el porcentaje de carne magra (PCM) en la canal (NPPC, 1991).

Los datos se analizaron con PROC GLM (SAS, 1988). Para comparar el efecto de EM en las dietas de baja proteína, se usaron los siguientes contrastes: nivel estándar de PC vs dietas bajas en proteína [T1 vs otros]; dieta baja en PC y nivel estándar de EM vs dietas bajas en PC y en EM [T2 vs T3+T4]; nivel estándar de EM vs nivel bajo de EM [T1+T2 vs T3+T4]. Las diferencias entre promedios individuales se utilizaron para comparar la respuesta de los cerdos a las diferentes concentraciones de EM o PC.

Para estudiar el efecto de la concentración de EM en la respuesta productiva de los cerdos de cada sexo, se registraron los datos para cada cerdo (con excepción del consumo de alimento); estos datos se analizaron por sexo en un diseño de bloques completos al azar.

equipped with a three mouth feed bunk and a nipple water trough. The experiment (21 d) was carried out at the Experimental Farm of the Departamento de Zootecnia (Animal Science Department) of the Universidad Autónoma Chapingo (State of México, México), between June and July, 2001; the average temperature was 17.7 °C (11.3 °C minimum, 24.1 °C maximum). Diets were based on sorghum-soybean meal varying CP and ME: T1) control diet, 16.5% CP standard protein, and 3265 kcal ME kg^{-1} standard energy (NRC, 1998); T2) 12.5% CP and 3265 kcal ME kg^{-1} ; T3) 12.5% CP and 3165 kcal ME kg^{-1} ; T4) 12.5% CP and 3065 kcal ME kg^{-1} (Table 1). The concentration of ME in low energy diets (T3 and T4) was obtained by adding wheat bran or sand instead of sorghum. Synthetic AA were added to low protein diets (T2, T3, T4) in order for these diets to have the same concentration of lysine, threonine, methionine and tryptophane as that of the control diet. Food and water were offered *ad libitum*.

The pigs were weighed on the first day of the experiment, and afterwards, on a weekly basis; measurements taken during the experiment were used in the statistical analyses. Feed intake was measured weekly, although the average of the pigs pair was used to calculate feed conversion, as well as for the respective statistical analyses (sex was not taken into account). Backfat (BF) and the longissimus muscle area (LMA) were measured on the tenth rib, using real time ultrasound (SonoVet SA-600V, Medison America, Inc., Cypress, California, USA). These data were used to calculate lean meat gain (LMG) and percentage (PLM) in the carcass (NPPC, 1991).

Data were analyzed with PROC GLM (SAS, 1998). In order to compare the effect of ME on low protein diets, the following contrasts were used: standard level of CP vs low protein diets [T1 vs others]; diet low on CP and standard ME levels vs low CP and ME diets [T2 vs T3+T4]; standard ME level vs low ME level [T1+T2 vs T3+T4]. Differences among individual averages were used to compare performance of pigs fed the different concentrations of ME or CP.

In order to study the effect of ME concentration on the productive response of pigs for each sex, the each pig's data were taken (except for feed intake); this data were analyzed by sex in a randomized complete block design.

Experiment 2 (finishing period)

Four treatments (diets) with four repetitions (one barrow and one gilt in each) were assigned to 32 finishing hybrids pigs (Landrace×Hampshire×Duroc; 56.18 ± 2.95 kg initial weight) in a randomized complete block design. Pigs were housed in physical and environmental conditions similar to those in experiment 1. The diets were based on sorghum-soybean meal, with the following CP and ME levels: T1) control, 13.8% CP (standard protein) and 3265 kcal ME kg^{-1} (standard energy); T2) 9.8% CP and 3265 kcal ME kg^{-1} ; T3) 9.8% CP and 3165 kcal ME kg^{-1} ; T4) 9.8% CP and 3065 kcal ME kg^{-1} (Table 2). The contribution of ME, CP, and the addition of synthetic AA was carried out in a way similar to that of experiment 1. Food and water were offered *ad libitum*.

Data were taken as in experiment 1, and analyzed for the entire period and by sex; initial body weight was used as a covariable. This

Cuadro 1. Dietas experimentales para cerdos en crecimiento (Experimento 1)[†].**Table 1. Experimental diets for growing pigs (Experiment 1)[†].**

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	Requerimientos (NRC, 1998)
Proteína cruda (%)	16.5	12.5	12.5	12.5	
Energía metabolizable (kcal kg ⁻¹)	3265	3265	3165	3065	
Ingrediente, %					
Pasta de soya (44%)	21.550	8.250	7.75	7.75	
Sorgo grano	75.510	87.880	86.390	81.290	
Salvado trigo	—	—	1.900	5.000	
Aceite vegetal	0.800	0.925	—	—	
L-Lisina×HCl	0.130	0.575	0.580	0.575	
L-Treonina	0.005	0.200	0.205	0.210	
DL-Metionina	0.005	0.135	0.140	0.145	
L-Triptofano	—	0.035	0.035	0.030	
Premezcla vitaminas-minerales [‡]	2.000	2.000	2.000	2.000	
Arena	—	—	1.000	3.000	
Contenido calculado (%):					
Proteína cruda	16.5	12.5	12.5	12.5	18.0
Energía metabolizable, kcal kg ⁻¹	3265	3265	3165	3065	3265
Fósforo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Fósforo disponible	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
Calcio	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Arginina	0.98	0.60	0.59	0.60	0.37
Histidina	0.43	0.30	0.30	0.29	0.30
Isoleucina	0.71	0.49	0.48	0.47	0.51
Leucina	1.65	1.35	1.33	1.29	0.90
Lisina	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Metionina + Cistina	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Fenilalanina + Tirosina	1.47	1.06	1.04	1.03	0.87
Treonina	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Triptofano	0.21	0.17	0.17	0.17	0.17
Valina	0.79	0.57	0.57	0.57	0.64

[†] Base alimento ♦ As fed basis.

[‡] Proporcionó por kg de alimento: retinil acetato, 112,500 IU; colecalciferol, 21,250 IU; DL- α -tocoferil acetato, 500 IU; menadiona (como complejo de bisulfito de sodio-menadiona), 62.5 mg; ácido fólico, 3.75 mg; ácido nicotínico, 625 mg; riboflavina, 15 mg; cianocobalamina, 500 mg; ácido pantoténico (como pantotenato de calcio), 45 mg; D-biotina, 6.25 mg; cloruro de piridoxina, 25 mg; cloruro de tiamina, 25 mg; colina (como cloruro de colina), 15 g; I (como Ca[IO₃]₂×H₂O), 75 mg; Co, 2.5 mg; Mn, 750 mg; Se, 5 mg ♦ Provided, per kg of feed: retinil acetate, 112,500 IU; colecalciferol 21,250 IU; DL- α -tocopheryl acetate, 500 IU; menadione (as a sodium bisulphate-menadione complex), 62.5 mg; folic acid, 3.75 mg; nicotinic acid, 625 mg; riboflavin, 15 mg; cyanocobalamin, 500 mg; pantothenic acid (as calcium pantothenate), 45mg; D-biotin, 6.25 mg; pyridoxine chloride, 25 mg; thiamin chloride, 25 mg; choline (as choline chloride), 15g; I (as Ca[IO₃]₂×H₂O), 75 mg; Co, 2.5 mg; Mn, 750 mg; Se, 5 mg.

Experimento 2 (finalización)

Cuatro tratamientos (dietas) con cuatro repeticiones (un macho castrado y una hembra en cada una) se asignaron a 32 cerdos (16 hembras y 16 machos castrados) en un diseño completamente al azar, con cerdos híbridos (Landrace×Hampshire×Duroc) en finalización (56.18±2.95 kg peso inicial). Los cerdos se alojaron en condiciones físicas y ambientales similares a las del experimento 1. Las dietas tuvieron una base de sorgo-pasta de soya, con las siguientes concentraciones de PC y EM: T1) testigo, 13.8% PC (proteína estándar) y 3265 kcal EM kg⁻¹ (energía estándar); T2) 9.8% CP y 3265 kcal EM kg⁻¹; T3) 9.8% PC y 3165 kcal EM kg⁻¹; T4) 9.8% PC y 3065 kcal EM kg⁻¹ (Cuadro 2). La aportación de EM, de PC y la adición de AA sintéticos se realizó de manera similar a la de el experimento 1. El agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum*.

Los datos se registraron como en el experimento 1, y se analizaron para el periodo completo y por sexo; se utilizó el peso corporal

experiment lasted 35 d (July-August, 2001) and was carried out using the same facilities as in experiment 1.

RESULTS

Experiment 1 (growth)

The results of this experiment, and the significance (p) of the specific contrasts are shown in Table 3. The treatments' comparisons using contrasts showed that CP reduction (16.5 to 12.5%) increased feed intake (p≤0.01), yet ADG, FC, LMG, BF, LMA and LMP were not affected (p>0.1). ME reduction in low protein diets (T2 vs T3+T4) increased feed intake (p≤0.01) and improved LMG (p=0.07), but had no effect (p>0.1) on FC, BF or LMP. ME reduction (T1+T2 vs T3+T4; standard ME vs low ME) changed feed intake (p≤0.01)

Cuadro 2. Dietas experimentales para cerdos en finalización (Experimento 2)[†].
Table 2. Experimental diets for pigs in the finishing period (Experiment 2)[†].

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	Requerimientos (NRC, 1998)
Proteína cruda (%)	13.8	9.8	9.8	9.8	
Energía metabolizable (kcal kg ⁻¹)	3265	3265	3165	3065	
Ingrediente, %					
Sorgo grano	83.280	95.825	93.720	89.045	
Pasta de soya (44.5%)	13.750	0.300	—	—	
Salvado de trigo	—	—	2.550	5.000	
Aceite vegetal	0.825	0.925	—	—	
L-Lisina×HCl	0.130	0.580	0.580	0.575	
L-Treonina	0.015	0.210	0.215	0.220	
DL-Metionina	—	0.115	0.115	0.120	
L-Triptofano	—	0.045	0.045	0.040	
Premezcla vitaminas-minerales [‡]	2.000	2.000	2.000	2.000	
Arena	—	—	0.775	3.000	
Contenido calculado (%):					
Proteína cruda	13.8	9.8	9.8	9.8	15.5
Energía metabolizable, kcal kg ⁻¹	3265	3265	3165	3065	3265
Fósforo	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Fósforo disponible	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
Calcio	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Arginina	0.76	0.37	0.38	0.38	0.27
Histidina	0.35	0.22	0.22	0.22	0.24
Isoleucina	0.58	0.36	0.36	0.35	0.42
Leucina	1.48	1.17	1.16	1.12	0.71
Lisina	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Metionina + Cistina	0.46	0.44	0.44	0.44	0.44
Fenilalanina + Tirosina	1.23	0.82	0.81	0.79	0.70
Treonina	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Triptofano	0.17	0.14	0.14	0.14	0.14
Valina	0.67	0.45	0.45	0.44	0.52

[†] Base alimento ❖ As fed basis.

[‡] Aportó por kg de alimento: retinil acetato, 112,500 IU; colecalciferol, 21,250 IU; DL- α -tocopheril acetato, 500 IU; menadiona (como complejo bisulfito de sodio-menadiona), 62.5 mg; ácido fólico, 3.75 mg; ácido nicotínico, 625 mg; riboflavina, 15 mg; cianocobalamina, 500 mg; ácido pantoténico (como pantotenato de calcio), 45 mg; D-biotina, 6.25 mg; cloruro de piridoxina, 25 mg; cloruro de tiamina, 25 mg; colina (como cloruro de colina), 15 g; I (como Ca[IO₃]₂×H₂O), 75 mg; Co, 2.5 mg; Mn, 750 mg; Se, 5 mg ❖ Provided, per kg of feed: retinil acetate, 112,500 IU; colecalciferol 21,250 IU; DL- α -tocopheryl acetate, 500 IU; menadione (as a sodium bisulphate- menadione complex), 62.5 mg; folic acid, 3.75 mg; nicotinic acid, 625 mg; riboflavin, 15 mg; cyanocobalamine, 500 mg; pantothenic acid (as calcium pantothenate), 45mg; D-biotin, 6.25 mg; pyridoxine chloride, 25 mg; thiamin chloride, 25 mg; choline (as choline chloride), 15g; I (as Ca[IO₃]₂×H₂O), 75 mg; Co, 2.5 mg; Mn, 750 mg; Se, 5 mg.

inicial como covariable. Este experimento duró 35 d (julio-agosto 2001) y se realizó en las mismas instalaciones que el experimento 1.

RESULTADOS

Experimento 1 (crecimiento)

Los resultados de este experimento y la significancia (*p*) de los contrastes específicos se presentan en el Cuadro 3. La comparación de tratamientos mediante contrastes mostró que la reducción de PC (16.5 a 12.5%) aumentó el consumo de alimento (*p*≤0.01), pero no afectó (*p*>0.1) la GDP, la CA, la GCM, la GD, el AML, y el PCM. La reducción de EM en dietas bajas en proteína (T2 vs T3+T4) aumentó el consumo de alimento (*p*≤0.01) y mejoró la GCM (*p*=0.07), pero no tuvo efecto (*p*>0.1) en la CA, la GD y el PCM. La reducción de EM (T1+T2 vs T3+T4;

and LMG (*p*≤0.05), although the carcass characteristics, FC and ADG were not affected (*p*>0.1). Reduction in lean meat proportion (%) was not different pigs fed the control diet and those receiving lower ME diets (T4).

In gilts (Table 3), CP reduction in diets increased FC (*p*=0.09) and reduced BF (*p*=0.06), but it did not change ADG, LMG, LMA or LMP (*p*>0.1). ME reduction in low protein diets (T3 and T4) did not affect any variable in gilts (*p*>0.1). ME decrease (3256 to 3056 kcal kg⁻¹; T1+T2 vs T3+T4) reduced BF (*p*≤0.05) in gilts, but it did not affect any other variable (*p*>0.1). The increase in BF was less in gilts receiving diets with lower ME (T3 and T4) as compared to those fed the control diets (T1 and T2). The treatment with the lowest ME (T4) caused an increase in LMA not different from that brought about by the control and T2 treatments. Change in proportion

Cuadro 3. Respuesta productiva y características de la canal de cerdos en crecimiento alimentados con dietas bajas en proteína y baja energía (Experimento 1)†.**Table 3. Productive response and carcass characteristics of growing pigs fed with low protein and low energy diets (Experiment 1)†.**

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	Error estándar	Significancia (p) de los contrastes		
						T1 vs Otros	T2 vs T3+T4	T1+T2 vs T3+T4
Proteína cruda, %	16.5	12.5	12.5	12.5				
Energía met., kcal kg ⁻¹	3265	3265	3165	3065				
Respuesta prod. ‡:								
PI, kg	35.22	35.37	36.27	34.30	1.52	—	—	—
PF, kg	55.82	54.95	57.61	56.32	2.95	0.70	0.13	0.14
CAL, kg d ⁻¹	2.362	2.287	2.673	2.532	0.123	0.01	0.01	0.01
GDP, kg	0.981	0.932	1.016	1.049	0.143	0.76	0.12	0.14
CA	2.420	2.508	2.667	2.459	0.363	0.40	0.73	0.44
GCM, kg d ⁻¹	0.222	0.212	0.251	0.255	0.125	0.41	0.07	0.05
Hembras:								
PI, kg	35.854	35.734	36.850	34.400	1.621	—	—	—
PF, kg	55.582	53.622	56.500	53.350	2.351	0.40	0.36	0.78
GDP, kg	0.939	0.852	0.936	0.902	1.822	0.40	0.23	0.61
CA	2.361	2.301	2.673	2.532	0.093	0.09	0.57	0.16
GCM, kg d ⁻¹	0.206	0.206	0.235	0.237	0.055	0.52	0.36	0.28
Machos castrados:								
PI, kg	34.017	34.617	35.700	34.200	1.523	—	—	—
PF, kg	55.946	56.879	58.725	59.300	2.246	0.16	0.22	0.08
GDP, kg	1.044	1.060	1.096	1.195	0.104	0.33	0.28	0.16
CA	2.348	2.248	2.673	2.532	0.159	0.80	0.18	0.33
GCM, kg d ⁻¹	0.239	0.213	0.267	0.272	0.052	0.75	0.16	0.19
Caract. de la canal:								
GD inicial, mm	27.75	28.13	28.13	26.88	3.126	—	—	—
GD final, mm	38.90	38.40	37.40	37.80	2.757	0.20	0.59	0.24
AML inicial, cm ²	27.75	28.13	28.13	26.88	3.126	—	—	—
AML final, cm ²	35.20	36.48	32.90	36.64	3.986	0.25	0.16	0.63
PCM inicial, %	38.01	37.10	37.67	38.33	2.399	—	—	—
PCM final, %	32.31	31.99	32.87	32.74	1.527	0.73	0.23	0.24
Hembras:								
GD inicial, mm	28.25	28.85	29.50	27.75	2.793	—	—	—
GD final, mm	39.28	37.88	36.50	35.50	2.382	0.06	0.20	0.05
AML inicial, cm ²	29.50	28.70	30.25	28.25	1.799	—	—	—
AML final, cm ²	34.68	33.76	33.81	33.32	2.086	0.36	0.87	0.53
PCM inicial, %	37.77	36.64	37.08	37.50	2.192	—	—	—
PCM final, %	32.17	32.42	32.99	33.38	1.822	0.45	0.48	0.33
Machos castrados:								
GD inicial, mm	26.38	26.38	26.75	26.00	3.238	—	—	—
GD final, mm	39.17	38.83	39.00	40.00	2.641	0.95	0.73	0.75
AML inicial, cm ²	28.54	28.21	28.50	28.25	1.425	—	—	—
AML final, cm ²	35.45	32.72	35.75	35.47	0.800	0.17	0.01	0.01
PCM inicial, %	38.98	38.44	38.27	39.15	2.773	—	—	—
PCM final, %	32.57	31.29	32.74	32.10	1.474	0.61	0.31	0.58

† n = 4.

‡ PI= Peso inicial; PF= peso final; CAL= consumo de alimento; GDP= ganancia diaria de peso; CA= conversión alimenticia; GCM= ganancia de carne magra; GD= grasa dorsal; AML= área del músculo longissimus; PCM= porcentaje de carne magra ÷ IW= initial weight; FW= final weight; FI= feed intake; DWG= daily weight gain; FC= feed conversion; LMG= lean meat gain; BF= backfat; LMA= longissimus muscle area; LMP= lean meat percentage.

EM estándar vs EM baja) cambió el consumo de alimento ($p \leq 0.01$) y la GCM ($p \leq 0.05$), pero no afectó las características de la canal, la CA y la GDP ($p > 0.1$). La reducción en la proporción (%) de la carne magra no fue diferente entre los cerdos alimentados con la dieta testigo y los que recibieron las dietas con menos EM (T4).

of lean meat was similar in all gilts, regardless of the treatment.

In barrows, ME reduction in low protein diets increased LMA ($p \leq 0.01$), although it had no effect ($p > 0.1$) on other variables (Table 3). ME decrease (standard ME vs low ME) improved LMA ($p \leq 0.01$), but

En las hembras (Cuadro 3), la reducción de PC en las dietas aumentó la CA ($p=0.09$) y redujo la GD ($p=0.06$), pero no cambió la GDP, la GCM, el AML y el PCM ($p>0.1$). La reducción de EM en dietas bajas en proteína (T3 y T4) no afectó ninguna variable en hembras ($p>0.1$). La reducción de la EM (3265 a 3065 kcal kg^{-1} ; T1+T2 vs T3+T4) redujo la GD ($p\leq 0.05$) en hembras, pero no afectó las otras variables ($p>0.1$). El aumento en la GD fue menor en hembras que recibieron las dietas con menor EM (T3 y T4) en comparación con las alimentadas con las dietas testigo (T1 y T2). El tratamiento con menor contenido de EM (T4) propició un aumento en el AML no diferente al causado por los tratamientos testigo y T2. El cambio en la proporción de carne magra fue semejante en todas las hembras, independientemente del tratamiento.

En los machos, la reducción de EM en dietas con baja proteína aumentó el AML ($p\leq 0.01$), pero no tuvo efecto ($p>0.1$) en las otras variables (Cuadro 3). La reducción de EM (EM estándar vs EM baja) mejoró el AML ($p\leq 0.01$), pero no tuvo efecto en las otras variables ($p>0.1$). La GD de los machos aumentó al reducirse la EM de la dieta, pero la proporción de aumento respecto a la GD inicial no fue diferente entre los cerdos. Lo mismo se observó para el AML final, que no fue diferente entre los tratamientos, con excepción del T2 (baja PC y EM estándar); además, PCM final fue similar en todos los machos.

Experimento 2 (finalización)

En el Cuadro 4 se muestran los resultados de respuestas productivas y características de la canal. La reducción de PC disminuyó la GDP ($p=0.03$), el peso final ($p=0.03$) y la GCM ($p=0.1$), y aumentó la CA ($p=0.05$), pero no tuvo efecto ($p>0.1$) en el consumo de alimento, la GD, el AML, y el PCM. La reducción de la EM en dietas de baja proteína no afectó ($p>0.1$) ninguna variable. Las dietas con baja EM (EM estándar vs baja), redujeron el peso final ($p=0.07$) y la GDP ($p=0.06$), y aumentaron la CA ($p=0.04$), pero no hubo efecto ($p>0.1$) en el consumo de alimento, la GD, el AML, la GCM y el PCM.

En las hembras, la reducción de la PC disminuyó el peso final ($p=0.02$), la GDP ($p=0.02$), la GCM ($p=0.01$) y el PCM ($p=0.07$), y aumentó la CA ($p=0.02$), pero no modificó ($p>0.1$) la GD y el AML. La reducción de la EM en dietas bajas en proteína no cambió ($p>0.1$) las variables analizadas en las hembras. La reducción de la EM (EM estándar vs EM baja) disminuyó el peso final ($p=0.04$), la GDP ($p=0.03$) y la GCM ($p=0.06$), y aumentó la CA ($p=0.02$), pero no afectó ($p>0.1$) la GD, el AML y el PCM en las hembras.

En los machos la reducción de la PC en la dieta no afectó ($p>0.1$) las variables analizadas. Cuando la EM se

it did not affect other variables ($p>0.1$). Barrows BF increased when diet ME was reduced, although the proportion of increase regarding initial BF was not different among pigs. The same applied to final LMA, which was not different among treatments, except for T2 (low CP and standard ME); besides, final LMP was similar among barrows.

Experiment 2 (finishing)

The results for performance and carcass characteristics are shown in Table 4. CP reduction decreased ADG ($p=0.03$), final weight ($p=0.03$) and GCM ($p=0.1$), and increased FC ($p=0.05$); yet it had no effect on feed intake, BF, LMA and LMP. Reduction of ME in low protein diets did not affect ($p>0.1$) any variable. Low ME diets (standard vs low ME) decreased final weight ($p=0.07$) and ADG ($p=0.06$), and increased CA ($p=0.04$), but it had no effect ($p>0.1$) on feed intake, BFT, LMA FFLG and LCP.

In gilts, CP reduction diminished final weight ($p=0.02$), ADG ($p=0.02$), LMG ($p=0.01$) and LMP ($p=0.07$), and increased FC, although BFT and LMA were not changed ($p>0.1$). ME reduction in low protein diets did not change ($p>0.1$) the variables studied in gilts. Decrease in ME (standard ME vs low ME) reduced final weight ($p=0.04$), ADG ($p=0.03$) and LMG ($p=0.06$), and increased FC, but it did not affect ($p>0.1$) BFT, LMA and LMP in gilts.

In males, CP reduction in the diet did not affect ($p>0.1$) the analyzed variables. When ME was reduced in low protein diets, LMA and FFLG increased ($p=0.02$; $p=0.07$), although it did not change ($p>0.1$) other variables. The comparison between standard and low ME diets showed an increase in LMG ($p=0.06$), but there was no effect ($p>0.1$) on other variables.

DISCUSSION

Experiment 1 (growth)

CP reduction (16.5 to 12.5%) in sorghum-soybean meal diets might cause a lower concentration of some essential AA (histidine, isoleucine, valine; Brudevold and Southern, 1994) in relation to requirements. The growth of pigs depends, among other factors, on the intake of those AA (Table 1), which would explain some results of this experiment, although the productive response did not decrease, as was the case of pigs fed low protein sorghum-soybean meal diets (Hansen *et al.*, 1993). Also, BF was not increased in pigs fed low protein diets, and LMA showed no difference among treatments.

The results of this study are different from those of other researchs, in which backfat has been increased with

Cuadro 4. Respuesta productiva y características de la canal de cerdos en finalización alimentados con dietas bajas en proteína y baja energía (Experimento 2)[†].**Table 4. Productive response and carcass characteristics of finishing pigs fed low protein and low energy diets (Experiment 2)[†].**

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	Error estándar	Significancia (p) de los contrastes		
						T1 vs Otros	T2 vs T3+T4	T1+T2 vs T3+T4
Proteína cruda, %	13.8	9.8	9.8	9.8				
Energía met., kcal kg ⁻¹	3265	3265	3165	3065				
Resp. productiva [‡] :								
PI, kg	55.83	54.95	57.61	56.33	2.949	—	—	—
PF, kg	82.68	77.73	79.83	77.58	6.988	0.03	0.46	0.07
CAL, kg d ⁻¹	2.825	2.854	2.878	2.824	0.125	0.61	0.95	0.81
GDP, kg	0.968	0.844	0.783	0.792	0.168	0.03	0.45	0.06
CA	2.995	3.433	4.220	3.733	0.963	0.05	0.21	0.04
GCM, kg d ⁻¹	0.317	0.284	0.272	0.257	0.063	0.10	0.49	0.14
Hembras:								
PI, kg	55.58	53.62	56.50	53.35	2.351	—	—	—
PF, kg	80.38	74.62	73.63	73.15	4.550	0.02	0.26	0.04
GDP, kg	0.862	0.768	0.678	0.726	0.097	0.02	0.27	0.03
CA	3.302	3.704	4.364	3.946	0.489	0.02	0.14	0.02
GCM, kg d ⁻¹	0.297	0.237	0.242	0.215	0.037	0.01	0.72	0.06
Machos castrados:								
PI, kg	55.95	56.88	58.73	59.30	2.246	—	—	—
PF, kg	84.94	81.34	84.25	83.74	7.767	0.39	0.14	0.44
GDP, kg	1.047	1.061	1.096	1.199	0.097	0.29	0.22	0.11
CA	2.323	2.175	2.445	2.149	0.171	0.56	0.33	0.62
GCM, kg d ⁻¹	0.445	0.322	0.384	0.391	0.046	0.52	0.07	0.06
Canal (características):								
GD inicial, mm	39.04	38.96	36.69	37.68	2.591	—	—	—
GD final, mm	37.87	37.73	36.28	39.32	4.740	0.96	0.97	0.99
AML inicial, cm ²	36.07	35.82	34.16	34.54	3.708	—	—	—
AML final, cm ²	45.35	44.69	43.91	44.84	4.310	0.63	0.87	0.68
PCM inicial, %	32.87	32.91	33.17	32.95	2.032	—	—	—
PCM final, %	35.77	35.80	36.27	35.40	2.010	0.95	0.97	0.95
Hembras:								
GD inicial, mm	37.67	37.66	35.07	35.77	2.624	—	—	—
GD final, mm	33.88	37.77	33.79	39.84	3.750	0.14	0.67	0.61
AML inicial, cm ²	35.97	35.73	30.10	32.89	3.890	—	—	—
AML final, cm ²	43.13	42.42	39.22	41.72	3.540	0.32	0.37	0.21
PCM inicial, %	33.49	33.61	31.95	32.91	1.933	—	—	—
PCM final, %	36.63	35.26	35.66	34.27	1.448	0.07	0.73	0.20
Machos castrados:								
GD inicial, mm	39.17	38.83	39.00	40.00	2.641	—	—	—
GD final, mm	40.45	39.72	38.81	40.82	2.670	0.71	0.96	0.51
AML inicial, cm ²	29.51	28.88	28.36	28.85	1.565	—	—	—
AML final, cm ²	36.56	33.41	35.55	36.31	1.298	0.12	0.02	0.21
PCM inicial, %	32.31	31.81	31.55	31.87	1.261	—	—	—
PCM final, %	32.47	31.19	32.74	32.09	1.332	0.61	0.21	0.44

[†] n= 4.

[‡] PI= Peso inicial; PF= peso final; CAL= consumo de alimento; GDP= ganancia diaria de peso; CA= conversión alimenticia; GCM= ganancia de carne magra; GD= grasa dorsal; AML= área del músculo longissimus; PCM= porcentaje de carne magra ✕ IW: initial weight; FW: final weight; FI: feed intake; DWG: daily weight gain; FC: feed conversion; LMG: lean meat gain; BF: backfat; LMA: longissimus muscle area; LMP: lean meat percentage.

redujo en dietas bajas en proteína hubo una mayor AML (p=0.02) y GCM (p=0.07), pero no cambió (p>0.1) las otras variables. La comparación de dietas con EM estándar contra EM baja, mostró un aumento en la GCM (p=0.06), pero no hubo efecto (p>0.1) en las otras variables.

low protein diets (Kerr *et al.*, 1995; Quiniou *et al.*, 1995; Figueroa *et al.*, 2002, 2003) and LMA has been reduced (Page *et al.*, 1993; Smith *et al.*, 1999; Gómez *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2002, 2003) although the diets (standard and low protein) had the same ME level. Hansen *et al.*

DISCUSIÓN

Experimento 1 (crecimiento)

La reducción de PC (16.5 a 12.5%) en dietas sorgo-pasta de soya podría ocasionar una menor concentración de algunos AA esenciales (histidina, isoleucina, valina; Brudevold y Southern, 1994) en relación con los requerimientos. El crecimiento del cerdo depende, entre otros factores, del consumo de esos AA (Cuadro 1), lo que explicaría algunos resultados de este experimento, aunque no se redujo la respuesta productiva, como en cerdos alimentados con dietas sorgo-pasta de soya bajas en proteína (Hansen *et al.*, 1993). Además, no aumentó la GD de los cerdos alimentados con dietas bajas en proteína, y el AML no difirió entre tratamientos.

Los resultados de este estudio son diferentes a los de otros trabajos, en que la grasa dorsal aumentó con dietas bajas en proteína (Kerr *et al.*, 1995; Quiniou *et al.*, 1995; Figueroa *et al.*, 2002; 2003) y se obtuvo un AML menor (Page *et al.*, 1993; Smith *et al.*, 1999; Gómez *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2002; 2003), aunque las dietas (estándar y de baja proteína) tuvieron el mismo nivel de EM. Hansen *et al.* (1993) sugirieron un mínimo de 14% PC en dietas sorgo-pasta de soya adicionadas con lisina y treonina, para obtener una respuesta productiva máxima. Esto puede significar que la reducción de 16.5 a 12.5% PC no mantiene una GDP y GCM adecuada para cerdos en crecimiento, al menos cuando se utilizan sorgo y pasta de soya como ingredientes principales en dietas bajas en proteína con el mismo nivel de energía.

La reducción de EM en dietas bajas en proteína pareció mejorar la respuesta productiva (GDP y GCM) de los cerdos, sin afectar negativamente las características de la canal (Gómez *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2002, 2003). Estos resultados sugieren que las dietas bajas en proteína (que propician menor desaminación) tienen mayor contenido de energía neta, la cual es retenida para la síntesis de tejido adiposo (Quiniou *et al.*, 1995), aunque la eficiencia de utilización de dicha energía es menor (Noblet *et al.*, 1987).

Cuando se comparó la dieta con EM estándar con las de EM baja, se observó una mejor GCM y mayor consumo de alimento, pero no se afectaron otras variables productivas o de la canal. Estos resultados son más importantes para las características de la canal, porque no hay un efecto negativo de la reducción de la EM en las dietas bajas en proteína en la calidad de la canal e, incluso, ésta podría mejorarse por el menor contenido de grasa dorsal.

El análisis de los datos por sexo mostró que la reducción de la PC en la dieta aumentó la CA y redujo la GD en hembras, pero no afectó otras variables. En machos

(1993) suggested a minimum of 14% CP in sorghum-soybean meal diets with added lysine and threonine in order to obtain the highest productive response. This could mean that the reduction from 16.5 to 12.5% CP does not maintain adequate ADG and LMG for growing pigs, at least when sorghum and soybean meal are utilized as main ingredients in low protein diets with the same energy level.

ME reduction in low protein diets seemed to have improved the productive response (GDP and LMG) of pigs, without negatively affecting carcass characteristics (Gómez *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2002, 2003). These results suggest that low protein diets (which facilitate a lower deamination) have a higher energy content, which is retained for the synthesis of adipose tissue (Quiniou *et al.*, 1995), although efficiency of utilization of such energy is lower (Noblet *et al.*, 1987).

When comparing the standard ME diet to the those with low ME, a better LMG was observed along with a greater feed intake, but no other productive or carcass variables were affected. These results are more important for the carcass characteristics, since reducing ME in low protein diets does not have negative effects on carcass quality, which could even improve due to the lower amount of backfat.

The data analysis by sex showed that CP reduction in the diets increased the FC and reduced BF in gilts, yet affected no other variables. In barrows, reducing CP had no effect on the productive response (ADG, intake, FC and LMG) or on carcass characteristics (BF, LMA, LMG). In other words, barrows are not affected by CP reduction in their diets, although gilts may have a higher requirement of AA (such as threonine, methionine and tryptophane) or they may be more susceptible to marginal or deficient quantities of other essential AA (such as histidine, valine and isoleucine) than barrows. The effect of CP reduction was to improve carcass quality in gilts, but it did not affect that of barrows. These results were observed with low protein diets (corn-soybean meal) with added synthetic AA (Gomez *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2002, 2003).

Reducing the ME in low protein diets (T3 and T4) improved the LMA of barrows, as compared to T2 (standard energy), yet did not affect the variables studied in gilts. This seems to indicate that barrows have a lower ME requirement when fed low protein diets added with synthetic AA.

ME reduction in low protein diets (T3 and T4) improved the carcass quality in females by lowering the backfat thickness, but in barrows there was no such effect. These results do not agree with those obtained by Kyriazakis and Emmans (1992) for pigs fed with variable CP and ME levels, since an increase in CP also increased protein gain and lipid retention in pigs fed low protein diets, with a larger effect on barrows than on gilts.

castrados no hubo efecto de la reducción de la PC en la respuesta productiva (GDP, consumo, CA, y GCM) y las características de la canal (GD, AML, PCM). Esto significa que los machos castrados no son afectados por la reducción de la PC en la dieta, pero las hembras pueden tener un requerimiento más alto de AA (como treonina, metionina y triptofano) o ser más susceptibles a cantidades marginales o deficientes de otros AA esenciales (como histidina, valina, e isoleucina) que los machos castrados. El efecto de la reducción de PC fue mejorar la calidad de la canal en hembras, pero no afectó la de los machos castrados. Estos resultados se observaron con dietas de baja proteína (maíz-pasta de soya) adicionadas con AA sintéticos (Gómez *et al.*, 2002; Figueroa *et al.*, 2002; 2003).

La reducción de la EM en dietas bajas en proteína (T3 y T4) mejoró el AML en machos castrados en comparación con el T2 (energía estándar), pero no afectó las variables estudiadas en las hembras. Esto parece indicar que los machos castrados tienen menor requerimiento de EM cuando se alimentan con dietas bajas en proteína adicionadas con AA sintéticos.

La reducción de EM en las dietas bajas en proteína (T3 y T4) mejoró la calidad de la canal en las hembras porque disminuyó el grosor de la grasa dorsal, pero en los machos castrados no tuvo ese efecto. Estos resultados no concuerdan con los encontrados por Kyriazakis y Emmans (1992) para cerdos alimentados con niveles variables de PC y EM, ya que al aumentar la PC se incrementó la ganancia de proteína y la retención de lípidos en cerdos alimentados con dietas bajas en proteína, con mayor efecto en los machos castrados que en las hembras.

Experimento 2 (finalización)

El análisis de los resultados mostró que al reducir la PC en dietas para cerdos en finalización disminuyó aún más el contenido de los AA esenciales que se redujeron en las dietas del experimento 1. Histidina, isoleucina y valina tuvieron las menores concentraciones en todas las dietas bajas en proteína, comparado con los requerimientos (Cuadro 2) y con la reducción observada en las dietas de la fase de crecimiento. Esto puede explicar la reducción de la GDP y el aumento en la CA en los cerdos alimentados con dietas bajas en proteína (Ward y Southern, 1995), independientemente de la menor concentración de EM. Igualmente podría explicar porqué no mejora la respuesta productiva y las características de la canal en los cerdos, particularmente los alimentados con dietas bajas en proteína y energía. Los beneficios de las dietas con baja proteína y energía pueden apreciarse al no haber diferencias en GD, AML y PCM de los cerdos, lo que significa que al menos se mantiene la calidad de la canal al reducir la PC y de la EM en la dieta. Estos resultados

Experiment 2 (finishing)

Analysis of the results showed that reducing CP in diets for finishing pigs caused further decrease in essential AA content which were reduced in diets of experiment 1. Histidine, isoleucine and valine had the lowest concentrations in all low protein diets, as compared with the requirements (Table 2) and with the reduction observed for the growing phase diets. This might explain the reduction in ADG and the increase in FC in pigs fed low protein diets (Ward and Southern, 1995), independently of the lower ME concentration. Likewise, this might explain why there is no improvement in performance and carcass characteristics in pigs, specially in those fed low protein and energy diets. Benefits of low protein and energy diets may be appreciated since there were no differences in BF, LMA and LMP in pigs; this would mean that when reducing CP and ME of diets, at least carcass quality is maintained. These results agree with those reported by Knowles *et al.* (1998) for performance; however, they do not agree with carcass quality variables reported by those authors.

The low CP and ME levels had a negative effect on the productive response of gilts, although the increase in LMA was greater with low ME diets (T3 and T4) in regard to the initial values. Final PCM increased similarly in all treatments. These results suggest that finishing gilts might have a higher CP (essential AA) and ME requirement than barrows, in order to improve performance. On the other hand, in barrows, LMG was improved and the LMA increased when ME was reduced in diets. Thus, barrows could have lower RP and ME requirements in comparison to gilts. This result is important because, according to Ward and Southern (1995), in finishing pigs fed sorghum-soybean diets added with lysine and threonine, a maximum response was not observed. However, the results of the present research suggest that this type of diets may be fed to barrows without a negative impact on performance, and may even improve carcass characteristics, such as a increase in the proportion of lean meat and LMA.

CONCLUSIONS

Low protein diets added with synthetic amino acids and with lower concentration of metabolizable energy reduced carcass fat in barrows. In gilts, performance was lower when crude protein and metabolizable energy were reduced in the diet. The productive response and the carcass characteristics (regardless of the sex) do not change if essential synthetic amino acids are added in order to fulfill the requirements for this type of diet.

Performance of finishing pigs is reduced when decreasing crude protein and metabolizable energy in

conducen con los reportes de Knowles *et al.* (1998) para la respuesta productiva, pero son contrarios para las variables de la calidad de la canal observados por dichos autores.

Los niveles bajos de PC y EM afectaron negativamente la respuesta productiva de las hembras, aunque el aumento en el AML fue mayor con dietas de baja EM (T3 y T4) respecto a los valores iniciales. El PCM final aumentó de manera similar en todos los tratamientos. Estos resultados sugieren que las hembras en finalización podrían tener un requerimiento de PC (AA esenciales) y de EM más alto que los machos castrados para mejorar la respuesta productiva. En cambio, en los machos castrados mejoró la GCM y aumentó el AML cuando se redujo la EM en las dietas. Entonces los machos castrados podrían tener menores requerimientos de PC y EM en comparación con las hembras. Este resultado es importante porque, según Ward y Southern (1995), en cerdos en finalización alimentados con dietas sorgo-pasta de soya adicionadas con lisina y treonina no se observaba la respuesta máxima. Pero los resultados del presente trabajo sugieren que este tipo de dietas puede proporcionarse a los machos castrados sin afectar negativamente la respuesta productiva, e incluso mejorar características de la canal como el aumento en la proporción de carne magra y del AML.

CONCLUSIONES

Las dietas bajas en proteína adicionadas con aminoácidos sintéticos y con menor concentración de energía metabolizable redujeron la grasa de la canal en machos castrados. La respuesta productiva en las hembras fue menor al disminuir la proteína cruda y la energía metabolizable en la dieta. La respuesta productiva y las características de la canal (sin considerar el sexo) no se afectan si se adicionan aminoácidos esenciales sintéticos para cubrir los requerimientos en este tipo de dietas.

El comportamiento productivo de los cerdos en finalización se reduce al disminuir la proteína cruda y la energía metabolizable de las dietas. Las hembras parecen más susceptibles a la menor concentración de ambos nutrientes, pero los machos tuvieron una mejor calidad de la canal (ganancia de carne magra y área del músculo longissimus).

LITERATURA CITADA

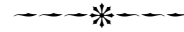
Brudevold, A. B., and L. L. Southern. 1994. Low-protein, crystalline amino acid-supplemented, sorghum-soybean meal diets for the 10- to 20-kilogram pig. *J. Anim. Sci.* 72: 638-647.

Cline, R. T., and B. T. Richert. 2001. Feeding growing-finishing pigs. *In: Swine Nutrition*. Lewis A. J., L. L. Southern (eds). CRC Press, Washington, D.C. pp: 717-723.

Figueroa, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. L. Fischer, R. S. Gómez, and R. M. Diedrichsen. 2002. Nitrogen metabolism and growth

diets. Gilts seem more vulnerable to lower concentrations of both nutrients, although barrows had a better carcass quality (gain of lean meat and longissimus muscle area).

—End of the English version—



performance of gilts fed standard corn-soybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 80: 2911-2919.

Figueroa, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. L. Fischer, and R. M. Diedrichsen. 2003. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine. *J. Anim. Sci.* 81: 1529-1537.

Gómez, R. S., A. J. Lewis, P. S. Miller, H.-Y. Chen, and R. M. Diedrichsen. 2002. Body composition and tissue accretion rates of barrows fed corn-soybean meal diets or low-protein, amino acid supplemented diets at different feeding levels. *J. Anim. Sci.* 80: 654-662.

Hansen, J. A., D. A. Knabe, and K. G. Burgoon. 1993. Amino acid supplementation of low-protein sorghum-soybean meal diets for 20- to 50-kilogram swine. *J. Anim. Sci.* 71: 442-451.

Kerr, B. J., F. K. McKeith, and R. A. Easter. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73: 433-440.

Knowles, T. A., L. L. Southern, T. D. Bidner, B. J. Kerr, and K. G. Friesen. 1998. Effect of dietary fiber or fat in low-crude protein, crystalline amino acid-supplemented diets for finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 76: 2818-2832.

Kyriazakis, I., and G. C. Emmans. 1992. The effect of varying protein and energy intakes on the growth and body composition of pigs. 2. The effect of varying both energy and protein intake. *Br. J. Nutr.* 68: 615-625.

Le Bellego, L., J. van Milgen, S. Dubois, and J. Noblet. 2001. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79: 1259-1271.

Noblet, J., Y. Henry, and S. Dubois. 1987. Effect of protein and lysine levels in the diet on body gain composition and energy utilization in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 65: 717-726.

NPPC. 1991. Procedures to evaluate market hogs. 3rd. Ed. National Pork Producers Council, Des Moines, IA. 16 p.

NRC. 1998. Nutrient Requirements of Pigs. 10th ed. National Academy Press. Washington, D.C. 189 p.

Page, T. G., L. L. Southern, and K. L. Watkins. 1993. Threonine supplementation of low-protein, lysine-supplemented, sorghum-soybean meal diets for growing-finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 34:153-162.

Quiniou, N., S. Dubois, and J. Noblet. 1995. Effect of dietary crude protein level on protein and energy balances in growing pigs: comparison of two measurement methods. *Livest. Prod. Sci.* 41: 51-61.

Roth, F. X., G. G. Gotterbarm, W. Windisch, and M. Kirchgessner. 1999. Influence of dietary level of dispensable amino acids on nitrogen balance and whole-body protein turnover in growing pigs. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 81: 232-238.

SAS. 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03. SAS Institute, Cary, N.C. 1028 p.

Schinckel, A. P. 1994. Nutrient requirements of modern pig genotypes. *In: Recent Advances in Animal Nutrition*. Garnsworthy, P. C. and D. J. A. Cole, (eds). University of Nottingham Press, Nottingham, U.K. pp: 113.

- Smith, J. W., II, P. R. O'Quinn, R. D. Goodband, M. D. Tokach, and J. L. Nelssen. 1999. Effects of low-protein, amino acid-fortified diets formulated on a net energy basis on growth performance and carcass characteristics of finishing pigs. *J. Appl. Anim. Res.* 15: 1-16.
- Tuitoek, J. K., J. G. Young, C. F. M. de Lange, and B. J. Kerr. 1997. Body composition and protein and fat accretion in various body components in growing gilts fed diets with different protein levels but estimated to contain similar levels of ideal protein. *J. Anim. Sci.* 75: 1584-1590.
- Ward, T. L., and L. L. Southern. 1995. Sorghum amino acid-supplemented diets for the 50- to 100-kilogram pig. *J. Anim. Sci.* 73:1746-1753.