

Productividad y eficiencia de uso de nitrógeno y energía en pollos de engorda alimentados con pasta de soya o pasta de canola

Productivity and efficiency of nitrogen and energy use in broiler chickens fed soybean meal or canola meal

Sergio Gómez Rosales^{ab}, María de Lourdes Angeles^a, Ericka Ramírez Rodríguez^{ab}

RESUMEN

Se realizaron dos experimentos de sacrificio para evaluar el crecimiento, contenido y deposición de tejidos y retención de proteína y energía en la carne de la canal en pollos en crecimiento alimentados con pasta de canola (PCAN) en sustitución de pasta de soya (PSOY). En el Exp 1, seis pollos machos, de 43 días de edad, se sacrificaron al inicio y 36 pollos fueron asignados a tres dietas con cantidades crecientes de PCAN (0, 10 y 20 %) combinadas con dos niveles de lisina digestible (LD: 0.85 y 0.95 %). En el Exp 2, seis hembras y seis machos, de 28 días de edad, se sacrificaron al inicio y 72 pollos fueron asignados, por sexo, a dos dietas (PSOY o PCAN como único ingrediente proteico) combinadas con tres niveles de energía (3.0, 3.1 y 3.2 Mcal de EM/kg de alimento). Cada experimento duró dos semanas y al final todos los pollos fueron sacrificados. En el Exp 1, no hubo diferencias estadísticas en la productividad o retención de proteína y energía en la canal entre niveles de PCAN ($P>0.05$). En el Exp 2, el consumo de alimento, proteína y energía y la deposición de grasa fueron mayores ($P<0.05$) con PSOY, pero la ganancia de peso, eficiencia alimenticia y retención de proteína y energía en la canal fueron similares entre dietas. Los resultados indican que es factible sustituir parcial o totalmente la pasta de soya por pasta de canola en la dieta de pollos de engorda en crecimiento.

PALABRAS CLAVE: Pollos de engorda, Pasta de soya, Pasta de canola, Productividad, Retención de proteína, Retención de energía.

ABSTRACT

Two slaughter experiments were carried out to evaluate the growth, content and deposition of tissues and the protein and energy retention in the meat of the carcass in growing broiler fed with canola meal (CANM) in substitution of soybean meal (SOYM). In Exp 1, six male broilers, 43 d of age, were slaughtered at the beginning and 36 broilers were assigned to three diets with increasing amounts of CANM (0, 10 and 20 %) combined with two levels of digestible lysine (DL: 0.85 y 0.95 %). In Exp 2, six female and six male broilers, 28 d of age, were slaughtered at the beginning and 72 broilers were assigned, within sex, to two diets (SOYM or CANM as unique protein source) combined with three energy levels (3.0, 3.1 and 3.2 Mcal of ME/kg of feed). Each experiment lasted two weeks and at the end all birds were sacrificed. In Exp 1, there were not statistical differences in the productivity or the protein and energy retention in the carcass among CANM levels ($P>0.05$). In Exp 2, the feed, protein and energy intake and the fat deposition were greater ($P<0.05$) with SOYM, but the weight gain, feed efficiency and the protein and energy retention in the carcass were similar among diets. The results indicate that is feasible to partial- or totally substitute the soybean meal by canola meal in the diets of grower broiler chickens.

KEY WORDS: Broiler chickens, Soybean meal, Canola meal, Productivity, Protein retention, Energy retention.

INTRODUCCIÓN

El grano de sorgo o maíz y la pasta de soya (PSOY) son los ingredientes tradicionales en la alimentación

INTRODUCTION

The sorghum or corn grain and soybean meal (SOYM) are the traditional ingredients in the diet

Recibido el 4 de octubre de 2011. Aceptado el 2 de febrero de 2012.

^a Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP. Km 1 Carretera a Colón, 76280, Ajuchitlán, Colón, Qro. México. Tel 01 (419) 2920033.: gomez.sergio@inifap.gob.mx. Correspondencia al primer autor.

^b Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán – UNAM.

de aves, que se combinan para lograr aportes adecuados de energía y aminoácidos (AA). Las fuentes no tradicionales de proteína dan oportunidades para aumentar la eficiencia en el uso de los recursos para alimentación y ofrecen interesantes posibilidades para incrementar la rentabilidad⁽¹⁾. En el ámbito mundial es de notarse un rápido incremento en la producción de la pasta de canola (PCAN) derivado de la mayor demanda de aceite de canola para consumo humano^(2,3). Canola es el nombre registrado para el nabo o colza (*Brassica campestris* y *B. napus*) cuando los niveles de ácido erúscico y alcanil-glucosinolatos, dos de los más detrimentales constituyentes de los cultivares originales, se han reducido marcadamente⁽⁴⁾. Sin embargo, aunque en México la PCAN está disponible desde hace algunos años, su uso en la alimentación de las aves es motivo de preocupación por varias razones, siendo las principales: a) presencia de factores antinutricionales como los glucosinolatos que pueden reducir el consumo de alimento y afectar negativamente el metabolismo de los animales, b) menor valor nutritivo comparada con la PSOY, por su menor aporte de energía y AA, con la excepción de metionina, y c) menor contenido de potasio (K) que podría conducir a un desbalance de electrolitos y reducciones en el consumo de alimento^(4,5). Esto coincide con las recomendaciones de sólo incluir de 10 a 20 % de PCAN en los alimentos de pollos en iniciación y crecimiento, respectivamente⁽⁴⁾.

La inclusión de niveles mayores de PCAN en la dieta de pollos de engorda ha resultado en respuestas contradictorias. En algunos trabajos se ha demostrado que con la inclusión de 20 hasta 38 % de PCAN en la dieta de pollos desde la etapa de iniciación hasta la de finalización, se han obtenido respuestas productivas similares a las observadas en pollos alimentados con dietas basadas en PSOY^(6,7,8). Sin embargo, en otros estudios, la inclusión de 25 hasta 40 % de PCAN afectó negativamente la ganancia de peso y consumo de alimento en pollos^(9,10,11).

En un estudio previo realizado en México se demostró que la inclusión de hasta 15 % de PCAN

of birds, which are combined to achieve adequate energy and amino acids (AA) inputs. Non-traditional sources of protein give opportunities to increase efficiency in resource use for food, and offer exciting opportunities to increase profitability⁽¹⁾. A rapid increase in the production of canola meal (CANM) is noted, derived from the increased demand of canola oil for human consumption^(2,3). Canola is the registered name for turnips and rapeseed (*Brassica napus* and *B. countryside*) when the levels of erusic acid and alkanyl-glucosinolates, two of the most detrimental constituents of the original cultivars, have declined sharply⁽⁴⁾. However, while in Mexico the CANM has been available for some years, its use in feeding birds is a concern for several reasons: a) presence of antinutritional factors such as glucosinolates that can reduce feed intake and negatively affects the animal metabolism, b) lower nutritional value compared to the SOYM, by its lower energy and amino acids (AA) input, with the exception of methionine, and c) lower content of potassium (K) which could lead to an electrolyte imbalance and reductions in feed intake^(4,5). This agrees with the recommendations to include only 10 to 20 % of CANM in starting and growing broiler diets, respectively⁽⁴⁾.

The inclusion of higher levels of CANM in the diet of birds has resulted in conflicting outcomes. Some studies have shown that the inclusion of 20 to 38 % of CANM in the diet of broilers from the starting to the finishing stage, growth performance were similar to those observed in chicks fed diets based on SOYM^(6,7,8). However, in other studies, the inclusion of 25 to 40 % of CANM negatively affected the weight gain and feed intake in broilers^(9,10,11).

A previous study conducted in Mexico showed that the inclusion of up to 15 % of CANM in starting and finishing broiler diets did not affect production parameters⁽¹²⁾. In the aforementioned study, diets were formulated based on total AA, did not take into account the balance of sodium (Na) and K, and as the work was carried out 25 yr ago, the growth rate of chickens used represented only 50 % of the growth capacity of modern commercial lines

en los alimentos de pollos en iniciación y finalización no afectó los parámetros productivos⁽¹²⁾. En el trabajo mencionado, las dietas se formularon en base a AA totales, no se tomó en cuenta el balance de sodio (Na) y K, y dado que el trabajo se realizó hace más de 25 años, la tasa de crecimiento de los pollos usados representó solamente el 50 % de la capacidad de crecimiento de las líneas comerciales de pollos modernos. Actualmente, la disponibilidad de mayor información referente al contenido de AA digestibles en la PCAN usada para aves^(13,14), abre la oportunidad de poder incluir niveles mayores para sustituir completamente la PSOY, formulando las dietas con el concepto de proteína ideal. Sin embargo, el mayor potencial de crecimiento de los pollos actuales, y por ende, la mayor demanda de nutrientes y mayor tasa metabólica, constituyen un desafío ante el uso de ingredientes como la PCAN cuyo máximo nivel de inclusión se limita por los problemas potenciales observados en el aporte de AA indispensables^(9,10). En los trabajos referidos, en pollos en iniciación alimentados con dietas que incluyeron 40 % de PCAN, la adición de metionina, cistina, lisina y arginina no logró restituir la ganancia de peso al nivel observado en pollos alimentados con dietas con PSOY^(9,10). En este contexto, el presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el crecimiento, contenido y deposición de tejidos y retención de proteína y energía, en la carne de la canal en pollos en crecimiento de 28 a 56 días de edad alimentados con pasta de canola (PCAN) en sustitución parcial o total de pasta de soya (PSOY). También se evaluaron diferentes niveles de lisina y energía con el fin de compensar los probables efectos detrimentales de la PCAN sobre el crecimiento o el uso de estos nutrimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimento 1

Se usaron 42 pollos, machos, Ross B308, de 43 a 56 días de edad. Seis pollos fueron sacrificados al inicio del experimento y los otros 36 fueron asignados aleatoriamente en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 X 2 a seis tratamientos. Los

of chickens. Currently, the availability of more information regarding the content of digestible AA in the CANM used for birds^(13,14), opens the opportunity to include higher levels or completely replace SOYM, in diets formulated with the ideal protein concept. However, the present growth potential of chicks, and consequently the increased demand for nutrients and higher metabolic rate, are a challenge to the use of ingredients such as CANM whose highest level of inclusion is limited by the potential problems observed in providing essential AA^(9,10). In the cited studies with starting chickens fed 40 % CANM diets, the addition of methionine, cystine, lysine and arginine failed to restore the weight gain to the level observed in chicks fed diets with SOYM^(9,10). In this context, the present study was performed to evaluate the growth, tissue deposition and retention of protein and energy, in the meat of the carcass in growing broilers from 28 to 56 d of age fed with canola meal in partial or total replacement of soybean meal. Different energy and lysine levels, to compensate the possible detrimental effects of CANM on growth or the use of these nutrients, were also evaluated.

MATERIALS AND METHODS

Experiment 1

Forty two (42), B308 Ross, 43 to 56 d old male broilers were used. Six chickens were slaughtered at the beginning of the experiment and the other 36 were assigned in a completely randomized design to a 3 x 2 factorial arrangement to six treatments. The factors were: increased levels of CANM (0, 10 and 20 %) and two levels of digestible lysine (DL: 0.85 and 0.95 %). The CANM and SOYM were obtained from a commercial animal feed ingredients supplier. In the 0.95% DL diet, crystalline lysine, methionine, threonine and arginine were added to set the AA profile similar to the 0.85% DL diet (Table 1).

Experiment 2

Eighty four (84) Ross B308 broilers from 28 to 42 d of age were used; half were female and half male. Six males and six females were slaughtered at the

factores fueron: niveles crecientes de PCAN (0, 10 y 20 %) y dos niveles de lisina digestible (LD: 0.85 y 0.95 %). La PSOY y PCAN fueron obtenidos de un proveedor comercial de insumos alimenticios para animales. En la dieta con 0.95 % de LD, se agregó lisina, metionina, treonina y arginina cristalinas para ajustar el perfil de AA con base al perfil de la dieta con 0.85 % de LD (Cuadro 1).

Experimento 2

Se usaron 84 pollos Ross B308 de 28 a 42 días de edad, la mitad de los cuales fueron hembras y la

beginning of the experiment. The remaining live chickens were assigned randomly by gender, to two diets in which SOYM or CANM accounted for 100 % of the protein. For each protein ingredient, three diets were formulated that differed in the content of metabolizable energy (ME: 3.0, 3.1 and 3.2 Mcal/kg of diet). There were finally 12 treatments (2 diets x 3 energy levels x 2 sexes) with six replicates per treatment. In diets with CANM, crystalline lysine, methionine, threonine, arginine and isoleucine were added to set the AA profile based on the profile of the SOYM diet (Table 2).

Diets were formulated to meet or exceed the levels

Cuadro 1. Composición de las dietas usadas en el Exp 1

Table 1. Diets composition in Exp 1

	Digestible lysine level (%)					
	0.85			0.95		
	0	10	20	0	10	20
Canola meal, %	0	10	20	0	10	20
Sorghum	64.59	59.37	56.32	64.36	59.13	55.97
Soybean meal	27.00	20.50	13.20	27.00	20.50	13.20
Canola meal	0.00	10.00	20.00	0.00	10.00	20.00
Soybean oil	4.40	5.76	6.63	4.40	5.76	6.63
Calcium orthophosphate	1.72	1.88	1.58	1.72	1.88	1.58
Calcium carbonate	1.16	1.22	0.98	1.16	1.22	0.98
Vitamins and minerals ^a	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt	0.50	0.30	0.30	0.50	0.30	0.30
L-Lysine, HCl	0.06	0.08	0.12	0.18	0.21	0.26
DL-Methionine	0.07	0.06	0.04	0.12	0.11	0.09
L-Threonine	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04	0.06
L-Arginine	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10
Sodium bicarbonate	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33	0.33
	Calculated nutrient composition					
Metabolizable energy, Mcal/kg	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
Crude protein ^b , %	18.81	18.73	18.76	19.10	19.05	19.17
Calcium, %	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Available phosphorus, %	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Sodium, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Chloride, %	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
Crude fiber, %	1.05	2.00	2.91	1.05	2.00	2.91

^a Each kg provided: 6,500 IU Vit A; 2,000 IU Vit D₃; 15 IU Vit E; 1.5 mg Vit K; 1.5 mg thiamin; 5.0 mg riboflavin; 35.0 mg niacin; 3.5 mg pyridoxine; 10.0 mg pantothenic acid; 1500 mg choline; 0.6 mg folic acid; 0.15 mg biotin; 0.15 mg Vit B₁₂; 100.0 mg Mn; 100 mg Zn; 50 mg Fe; 10 mg Cu; 1.0 mg I.

^b Analyzed.

otra mitad machos. Seis machos y seis hembras se sacrificaron al inicio del experimento. El resto de los pollos vivos se asignaron al azar, en función del sexo, a dos dietas en las cuales PSOY o PCAN constituyeron el 100 % de la fuente proteica. Por cada ingrediente proteínico, se formularon tres dietas que difirieron en el contenido de energía metabolizable (EM: 3.0, 3.1 y 3.2 Mcal/kg de dieta). En total se tuvieron 12 tratamientos (2 dietas x 3 niveles de energía x 2 sexos) con seis repeticiones por tratamiento. En las dietas con PCAN, se agregó lisina, metionina, treonina, arginina e isoleucina cristalinas para ajustar el perfil de AA con base en el perfil de la dieta con PSOY (Cuadro 2).

of digestible AA following the recommendations on the AA ideal profile by Baker and Chung⁽¹⁵⁾. The level of other nutrients was to meet or exceed the recommendations of the Ross management manual ⁽¹⁶⁾.

Unlike SOYM diets, Na bicarbonate was added to CANM diets since the electrolyte balance is a major concern when this ingredient is included, mainly because the K content is lower in CANM (1.2 %) than in SOYM (1.9%)⁽⁵⁾. This could cause an imbalance between the levels of cations and anions in the body, and consequently, could adversely affect feed intake⁽¹¹⁾. Salt (NaCl) was used as a source

Cuadro 2. Composición de las dietas usadas en el Exp 2

Table 2. Diets composition in Exp 2

	Soybean meal			Canola meal		
	3.0	3.1	3.2	3.0	3.1	3.2
Energy level, Mcal						
Sorghum	64.29	62.1	60.01	47.98	45.68	43.28
Soybean meal	29.50	29.90	30.30	0.00	0.00	0.00
Canola meal	0.00	0.00	0.00	41.40	41.90	42.50
Soybean oil	1.70	3.50	5.20	6.30	8.10	9.90
Calcium orthophosphate	1.90	1.90	1.90	1.60	1.60	1.60
Calcium carbonate	1.30	1.30	1.30	0.92	0.92	0.92
Vitamins and minerals ^a	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt	0.50	0.50	0.50	0.29	0.29	0.29
L-Lysine, HCl	0.15	0.14	0.14	0.38	0.38	0.38
DL-Methionine	0.12	0.12	0.12	0.06	0.06	0.06
L-Threonine	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05
L-Arginine	0.00	0.00	0.00	0.168	0.168	0.168
L-Isoleucine	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
Sodium bicarbonate	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33
	Calculated nutrient composition					
Metabolizable energy, Mcal/kg	3.0	3.1	3.2	3.0	3.1	3.2
Crude protein ^b , %	19.17	19.25	19.21	19.41	19.80	19.82
Potassium, %	0.77	0.77	0.77	0.66	0.66	0.66
Sodium, %	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Chloride, %	0.26	0.26	0.26	0.17	0.17	0.17
Crude fiber, %	1.15	1.17	1.18	4.97	5.03	5.10

^a Each kg provided: 6,500 IU Vit A; 2,000 IU Vit D₃; 15 IU Vit E; 1.5 mg Vit K; 1.5 mg thiamine; 5 mg riboflavin; 35 mg niacin; 3.5 mg pyridoxine; 10 mg pantothenic acid; 1,500 mg choline; 0.6 mg folic acid; 0.15 mg biotin; 0.15 mg Vit B₁₂; 100.0 mg Mn; 100 mg Zn; 50 mg Fe; 10 mg Cu; 1.0 mg I.

^b Analyzed.

Las dietas se formularon para cubrir o exceder el aporte de AA digestibles siguiendo las recomendaciones sobre el perfil ideal de AA de Baker y Chung⁽¹⁵⁾. El aporte de otros nutrientes fue para cubrir o exceder las recomendaciones del manual de manejo de Ross⁽¹⁶⁾.

A diferencia de las dietas con PSOY, en las dietas con PCAN se adicionó bicarbonato de Na, ya que una de las preocupaciones principales cuando se incluye este ingrediente es el balance electrolítico, debido principalmente a que el contenido de K es menor en PCAN (1.2 %) que en PSOY (1.9 %)⁽⁵⁾. Esto podría provocar un desbalance entre los niveles de cationes y aniones en el organismo, y como consecuencia, podría repercutir desfavorablemente en el consumo de alimento⁽¹¹⁾. Como fuente de cloro (Cl) y Na en las dietas se usó sal común (NaCl). En las dietas con PSOY el nivel de inclusión de sal se dejó libre en la formulación con el fin de cubrir el requerimiento de Na (0.20 %), lo que dio como resultado niveles de Na y Cl de 0.20 y 0.26 % en la dieta; el nivel de K resultó ser de 0.77 %, de manera que la suma de estos dos cationes (Na y K) fue de 0.97 %. En las dietas con PCAN, el nivel de sal se fijó de tal manera que sólo se cubriera el requerimiento de Cl (0.17 %) con lo que el nivel de Na resultó ser de 0.12 %; la cantidad restante para cubrir el requerimiento de Na fue proporcionado por el bicarbonato de Na. El nivel de K resultó ser de 0.66 % y la suma de Na y K fue de 0.86 %, esto es, diez unidades porcentuales menos que en las dietas con PSOY. Sin embargo, en las dietas con PSOY el nivel de Cl fue de 0.26 %, mientras que con PCAN fue de 0.17 %, es decir que en ambas series de dietas la diferencia entre la suma de los cationes (Na y K) *versus* la cantidad de Cl fue de 10 unidades porcentuales.

Todos los pollos se alojaron individualmente en jaulas elevadas con piso de malla, comedero de lámina y bebedero de taza en una unidad con ventilación natural regulada con cortinas de lona. El alimento se ofreció a libertad durante dos semanas. Al principio y al final de las pruebas se pesaron todas las aves para estimar la ganancia diaria de peso (GDP).

of chlorine (Cl) and Na in the diets. In the diets of SOYM, the inclusion level of salt was left free in the formulation to meet the requirement of Na (0.20 %), which resulted in levels of Na and Cl of 0.20 and 0.26 % in the diet; the K level resulted to be 0.77 %, so that the sum of these two cations (Na and K) was 0.97 %. In CANM diets, the salt level was fixed so that it only covered the requirement of Cl (0.17 %) and the level of Na was found to be 0.12 %; the remaining amount to cover the requirement of Na was provided by the Na bicarbonate. The level of K was found to be 0.66 % and the sum of Na and K was 0.86 %, ie, ten percentage units lower than in the diets with SOYM. However, in diets with SOYM the Cl level was 0.26 %, whereas with CANM was 0.17 %, ie in both series of diets the difference between the sum of cations (Na and K) *versus* the amount Cl was 10 percentage units.

All chickens were individually housed in holding cages with mesh floor, steel sheet feeder and drinking cup on a unit with natural ventilation regulated with canvas curtains. Feed was offered *ad libitum* for 2 wk. At the beginning and end of the trial all birds were weighed to estimate the average daily gain (ADG). Daily feed consumption (DFC) was estimated based on the offered and refused feed. Feed efficiency was estimated by dividing the ADG of the DFC. The daily consumption of crude protein (DCCP) was estimated by multiplying the protein content of diets by the DFC. The daily consumption of ME (DCME) was calculated by multiplying the expected content of ME in the diets by the DFC.

To estimate the chemical composition of meat from the carcass at the end of the experiments, all chickens were sacrificed by cervical dislocation. The carcass was dissected and cut into its major components (breast, legs, thighs and ribs) that were dried and weighed. Subsequently breast meat, legs, thighs and ribs were dissected, grounded (with a 2 mm sieve), homogenized and frozen stored. To estimate the initial chemical composition, the meat from the carcass of slaughtered chickens at the start

Con base en el alimento ofrecido y rechazado se estimó el consumo diario de alimento (CDA). La eficiencia alimenticia se estimó dividiendo la GDP sobre el CDA. El consumo diario de proteína cruda (CDPC) se estimó multiplicando el contenido de proteína de las dietas por el CDA. El consumo diario de EM (CDEM) se calculó multiplicando el contenido esperado de EM en las dietas por el CDA.

Para estimar la composición química en la carne de la canal al final de los experimentos, todos los pollos fueron sacrificados por dislocación cervical. La canal fue disecada y despiezada en sus componentes principales (pechuga, piernas, muslos y costillas) que fueron secados y pesados. Posteriormente, se disecó la carne de la pechuga, piernas, muslos y costillas, se molió (con criba de 2 mm), se homogenizó y se guardó en congelación. Para estimar la composición química inicial, la carne de la canal de los pollos sacrificados al inicio del Exp 1 y 2 fue sometida a los mismos procedimientos descritos anteriormente.

En la PSOY y PCAN usadas en los experimentos se analizó el contenido de proteína cruda en un

of Exp 1 and 2 was subjected to the same procedures described before.

The CANM and SOYM used in the experiments were analyzed for crude protein by the Kjeldahl method (Foss Kjeltex 2300) and total AA using HPLC equipment (Agilent Hewlett Packard 1100) (Table 3). The coefficients of digestibility (true ileal) were obtained from the table published by Marshall *et al*⁽¹⁴⁾. The content of antinutritional factors such as glucosinolates, sinapine, tannins and phytic acid in both pastes were not analyzed.

The meat samples were thawed and dried in a forced air oven at 55 °C to facilitate handling. Dried samples were ground using a Thomas Willey equipment (with 1 mm sieve) and stored at room temperature in plastic jars. To determine the dry matter percentage, samples were dried in a forced air oven at 100 °C, and then the same samples were ashed at 650 °C in a muffle furnace to determine the ash percentage. The content of crude protein (nitrogen x 6.25) and gross energy with calorimeter bomb (PARR Instruments, model 1266)

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos totales y digestibles verdaderos^a en la pasta de soya y pasta de canola usadas en los experimentos

Table 3. Content of total and true digestible amino acids^a in soybean meal and canola meal used in the experiments (%)

	Soybean meal ^b			Canola meal ^b		
	TAA	CTD	AATD	TAA	CTD	AATD
Lysine	2.92	0.89	2.60	2.07	0.75	1.55
Methionine	0.58	0.69	0.40	0.80	0.86	0.69
Cystine	0.81	0.71	0.57	1.66	0.72	1.20
Tryptophan	0.49	0.93	0.45	0.46	0.83	0.39
Threonine	1.86	0.87	1.62	2.26	0.79	1.78
Arginine	2.93	0.92	2.69	2.66	0.89	2.37
Isoleucine	2.28	0.90	2.05	1.65	0.86	1.42
Valine	2.32	0.89	2.06	2.12	0.85	1.80
Leucine	3.04	0.90	2.73	2.21	0.87	1.92

^a According to Mariscal *et al*⁽¹⁴⁾.

^bCrude protein content: soybean meal= 47.50; canola meal= 38.69.

TAA= total amino acids; CTD= coefficient of true digestibility; AATD= amino acid true digestibility.

equipo Kjeldahl (Foss Kjeltex 2300) y de AA totales usando un equipo HPLC (Hewlett Packard Agilent 1100) (Cuadro 3). Los coeficientes de digestibilidad (ileal verdadera), se obtuvieron del cuadro publicado por Mariscal *et al.*⁽¹⁴⁾. En las pastas de PSOY y PCAN usadas no se analizó el contenido de factores antinutricionales como glucosinolatos, sinapina, taninos o ácido fítico.

Las muestras de carne fueron descongeladas y deshidratadas en una estufa de aire forzado a 55 °C para facilitar su manejo. Las muestras secas se molieron usando un equipo Thomas Willey (con criba de 1 mm) y guardadas a temperatura ambiente en botes de plástico. Para determinar el porcentaje materia seca, las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 100 °C, y posteriormente las mismas muestras se calcinaron a 650 °C en una mufla para determinar el porcentaje de cenizas. También se determinó el contenido de proteína cruda (nitrógeno x 6.25) y energía bruta con una bomba calorimétrica (PARR Instruments, modelo 1266). Todos los análisis se hicieron siguiendo los procedimientos recomendados por el AOAC⁽¹⁷⁾.

El porcentaje de agua de la carne se obtuvo por diferencia entre el peso fresco y el peso seco ajustado a 55 y 100 °C. El porcentaje de agua, proteína y cenizas de la carne se sumaron y por diferencia se estimó el contenido de grasa. Para estimar el total de tejidos en la canal de los pollos sacrificados al principio y al final, el porcentaje de agua, proteína, cenizas y grasa de la carne se multiplicó por el peso de la carne obtenida. Por diferencia, entre el total de tejidos al final y al inicio, y dividiendo el resultado entre el número de días que duró cada experimento, se estimó la tasa diaria de deposición de tejidos.

La eficiencia de uso de la proteína consumida en la retención de proteína en la carne de la canal se estimó dividiendo la tasa diaria de deposición de proteína en la carne entre el CDPC. De la misma manera, la eficiencia de uso de la energía consumida en la retención de energía en la carne de la canal se estimó dividiendo la tasa diaria de deposición

was also determined. All analyzes were done following the procedures recommended by the AOAC⁽¹⁷⁾.

The percentage of water from the meat was obtained by difference between fresh weight and dry weight adjusted to 55 and 100 °C. The percentage of water, protein and ash of the meat were added, and fat was estimated by difference. Total tissue in the carcass of chickens slaughtered at the beginning and at the end, was obtained by adding the percentage of water, protein, ash and fat from the meat and multiplied by the weight of the meat produced. The daily rate of tissue deposition was the difference between the total tissue at the end and beginning, divided by the number of days in each experiment.

The efficiency of use of the protein consumed for the retention of protein in the meat of the carcass was estimated by dividing the daily rate of protein deposition in the meat between the CDPC. Similarly, the efficiency of use of the energy consumed for energy retention in the meat of the carcass was estimated by dividing the daily rate of energy deposition in the meat between the CDEM. The daily rate of energy deposition was estimated multiplying the daily rate of meat deposition by the gross energy content in the meat.

The results were subjected to analysis of variance following the procedures of the general linear models of the SAS statistical package⁽¹⁸⁾. In Exp 1 a completely randomized design with a factorial arrangement was used, with six treatments and six replicates per treatment. In Exp 2 a model with 12 treatments and six replicates per treatment was used. The cage with each bird was the experimental unit. Differences between means were evaluated using the least significant difference method⁽¹⁹⁾. Orthogonal comparisons were used to study trends of the responses to the dietary CANM (Exp 1) and EM (Exp 2) levels and the regression equations were calculated with the regression procedure (REG) of SAS⁽¹⁸⁾. Means presented in tables are the least squares.

de energía en la carne entre el CDEM. La tasa diaria de deposición de energía se estimó multiplicado la tasa diaria de deposición de carne por el contenido de energía bruta en la carne.

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza siguiendo los procedimientos de los modelos lineales generales con ayuda del paquete estadístico SAS⁽¹⁸⁾. En el Exp 1 se usó un modelo completamente al azar mediante arreglo factorial con seis tratamientos y seis repeticiones por tratamiento. En el Exp 2 se empleó un modelo con 12 tratamientos y seis repeticiones por tratamiento. La jaula con cada pollo constituyó la unidad experimental. Las diferencias entre medias fueron evaluadas usando el método de la diferencia mínima significativa⁽¹⁹⁾. Se usaron comparaciones ortogonales para estudiar las tendencias de respuesta al nivel de PCAN (Exp 1) y EM (Exp 2) en la dieta y se calcularon las ecuaciones de regresión con el procedimiento de regresión (REG) de

RESULTS

Experiment 1

CANM level effects. There were no statistical differences in the production variables by effect of CANM (Table 4). The concentration of the abdominal fat showed a quadratic effect ($P<0.05$), being lower with the 10 % CANM level. Ash concentration increased linearly ($P<0.05$) as CANM level increased in the diet from 0 to 20 % (Table 5). The weight of the carcass and its components, and the content and deposition of water, protein and fat and the efficiency of protein and energy retention into the meat of the carcass were similar across all levels of CANM.

LD level effects. The DFC, DCCP, ADG, leg weight, protein and ash deposition in the carcass were higher ($P<0.05$) in chicks fed 0.95 % of LD (Tables 4, 5). The remaining variables were similar between LD levels.

Cuadro 4. Comportamiento productivo y peso de la canal y sus componentes de pollos usados en el Exp 1

Table 4. Productive performance and carcass and components weight of broilers used in Exp 1

	Canola level (%)			SEM	Lysine level (%)		SEM
	0	10	20		0.85	0.95	
Productive performance							
Initial weight, kg	1.80	1.81	1.81	0.057	1.80	1.82	0.046
Final weight, kg	2.94	2.89	2.96	0.090	2.83	3.03	0.073
DFC, g/d	212.2	209.3	212.5	7.27	202.8 ^b	219.8 ^c	5.84
DCCP, g/d	40.23	39.55	40.32	1.395	38.07 ^b	42.00 ^c	1.122
DCME, Mcal/d	0.679	0.700	0.680	0.0699	0.649	0.703	0.0562
ADG, g/d	81.0	77.6	82.1	4.42	73.7 ^b	86.8 ^c	3.55
Feed efficiency	0.376	0.371	0.386	0.0163	0.360	0.396	0.0131
Carcass and components weight:							
Carcass, kg	1.47	1.41	1.48	0.065	1.41	1.50	0.052
Breast, g	626.4	611.0	630.1	26.02	615.2	629.8	20.92
Thighs, g	437.3	404.7	440.1	27.52	397.8	443.7	22.13
Legs, g	278.7	272.6	279.3	11.33	265.3 ^b	288.4 ^c	9.11
Ribs, g	127.5	139.7	134.8	9.44	133.1	135.0	7.59
Abdominal fat, g	44.2 ^d	31.1 ^e	43.4 ^d	4.61	39.3	39.9	3.71

SEM= standard error of the mean.

DFC= daily feed consumption; DCCP= daily consumption of crude protein; DCME= daily consumption of metabolizable energy; ADG= average daily gain

^{b-c} Lysine effect ($P<0.05$).

^{d-e} Quadratic effect of canola meal ($P<0.05$).

SAS⁽¹⁸⁾. Las medias que se presentan en los cuadros de resultados, son las de los cuadrados mínimos.

RESULTADOS

Experimento 1

Efectos del nivel de PCAN. No se observaron diferencias estadísticas en las variables productivas por efecto del nivel de PCAN (Cuadro 4). La concentración de grasa abdominal presentó un efecto cuadrático ($P<0.05$), siendo menor con el nivel de 10 % de PCAN. La concentración de cenizas se incrementó linealmente ($P<0.05$) conforme se incrementó el nivel de PCAN en la dieta de 0 a 20 % (Cuadro 5). El peso de la canal y sus componentes, el contenido y deposición de agua, proteína y grasa y la eficiencia de retención de proteína y energía en la carne de la canal fueron similares entre niveles de PCAN.

Experiment 2

Diet effects. The DFC, DCCP, DCME and daily fat deposition were higher ($P<0.05$) in chicks fed SOYM. Other response variables showed no statistical differences between diets (Tables 6, 7).

ME effects. The DFC, DCCP and DCME, the carcass and breast weight showed quadratic responses depending on the ME levels (Tables 6, 7; $P<0.05$), all of these responses were lower in chickens fed the lowest level (3.0 Mcal/kg), while no differences between the two higher ME levels were found. The daily fat deposition also showed a quadratic pattern ($P<0.05$) compared to the levels of ME, with a greater response to the intermediate level, but similar to the low and high ME level. The efficiency of energy retention was similar between the low and intermediate level and greater in the high level of ME ($P<0.05$). In the regression analyzes the carcass weight showed a quadratic pattern, but the weight of the breast was best fit to

Cuadro 5. Composición y deposición de tejidos y eficiencia de deposición de proteína y energía en pollos usados en el Exp 1

Table 5. Composition and deposition of tissues and efficiency of protein and energy deposition in broilers used in Exp 1

	Canola level (%)			SEM	Lysine level (%)		
	0	10	20		0.85	0.95	SEM
Chemical composition of the muscle of carcass, %							
Water	74.29	74.08	74.04	0.252	74.35	73.93	0.203
Proteín	23.19	23.43	23.58	0.178	23.28	23.52	0.143
Fat	6.38	6.29	6.15	0.147	6.21	6.34	0.118
Ashes	1.14 ^b	1.19 ^c	1.22 ^d	0.022	1.16	1.20	0.018
Deposition of tissues in the muscle of carcass, g/d							
Water	15.11	13.07	15.42	1.413	13.30	15.76	1.136
Proteín	5.28	4.89	5.66	0.410	4.74 ^e	5.74 ^f	0.329
Fat	6.38	6.29	6.15	0.157	6.21	6.35	0.128
Ashes	0.25	0.26	0.31	0.022	0.24 ^e	0.30 ^f	0.018
Efficiency of retention in muscle of carcass							
Protein consumed/retained protein	0.129	0.130	0.139	0.0035	0.130	0.135	0.0035
Energy consumed/retained energy	0.118	0.117	0.124	0.0032	0.117	0.122	0.0032

SEM= standard error of the mean.

^{b-d} Lineal effect of canola meal ($P<0.05$).

^{e-f} Lysine effect ($P<0.05$).

Cuadro 6. Comportamiento productivo y peso de la canal y sus componentes en pollos usados en el Exp 2

Table 6. Productive performance and carcass and its components weight in broilers used in Exp 2

	Diet			Energy, Mcal ME/kg				Sex		
	SOYM	CANM	SEM	3.0	3.1	3.2	SEM	Female	Male	SEM
Productive performance										
Initial weight, kg	1.07	1.03	26.629	1.05	1.07	1.02	31.113	1.02	1.07	26.629
Final weight, kg	1.65	1.68	29.361	1.61	1.68	1.71	34.372	1.65	1.69	29.407
DFC, g/d	129.9 ^b	121.8 ^c	2.326	120.7 ^d	129.4 ^e	127.5 ^e	2.725	124.3	127.4	2.332
DCCP, g/d	25.75 ^b	23.22 ^c	0.395	23.24 ^d	25.46 ^e	24.65 ^e	0.464	23.98	24.99	0.398
DCME, Mcal/d	0.406 ^b	0.375 ^c	0.0072	0.363 ^d	0.404 ^e	0.408 ^e	0.0085	0.386	0.398	0.0072
ADG, g/d	60.66	63.32	2.936	56.24	63.46	66.30	3.437	59.98	64.02	2.941
Feed efficiency	0.467	0.521	0.023	0.466	0.498	0.519	0.0255	0.482	0.506	0.0218
Carcass and components weight, g										
Carcass	787.3	795.9	16.99	753.8 ^d	813.8 ^e	807.3 ^e	19.912	775.3	807.9	17.036
Breast	331.7	331.2	7.893	312.4 ^d	340.9 ^e	341.1 ^e	9.240	328.6	334.3	7.913
Thighs	214.2	220.8	5.387	207.1	224.8	220.5	6.307	211.6	223.4	5.396
Legs	143.2	151.0	3.926	142.5	150.0	148.9	4.600	140.4 ^f	153.99	3.936
Ribs	98.2	92.9	3.772	91.8	98.1	96.8	4.415	94.8	96.3	3.778

SOYM= soybean meal; CANM= canola meal; SEM= standard error of the mean; DFC= daily feed consumption; DCCP= daily consumption of crude protein; DCME= daily consumption of metabolizable energy; ADG= average daily gain.

^{b-c} Diet effect ($P<0.05$).

^{d-e} Quadratic effect of ME ($P<0.05$).

^{f-g} Effect of sex ($P<0.05$).

Efectos del nivel de LD. El CDA, CDPC, GDP, peso de las piernas, deposición de proteína y cenizas en la canal fueron mayores ($P<0.05$) en los pollos alimentados con 0.95 % de LD (Cuadros 4 y 5). El resto de las variables evaluadas fueron similares entre niveles de LD.

Experimento 2

Efectos de la dieta. El CDA, CDPC, CDEM y la deposición diaria de grasa fueron mayores ($P<0.05$) en los pollos alimentados con PSOY. Las demás variables de respuesta no mostraron diferencias estadísticas entre dietas (Cuadros 6 y 7).

Efectos de EM. El CDA, CDPC y CDEM, el peso de la canal y la pechuga mostraron respuestas cuadráticas en función de los niveles de EM (Cuadros 6,7; $P<0.05$), siendo todas estas respuestas menores en los pollos alimentados con el nivel más bajo (3.0 Mcal/kg), mientras que no hubo diferencias entre los dos niveles mayores de

a cubic pattern, depending on the ME level ($P<0.01$). The equations describing the relationship between ME intake and the carcass weight and breast weight were, $y = 1752 - 6.876x + 0.011x^2$, $r^2 = 0.51$, $y = 2.29 - 2.13x + 2.05x^2 - 1.94x^3$, $r^2 = 0.53$, respectively.

Sex effects. The weight of the legs, retention rate of protein and energy retention efficiency were higher ($P<0.05$) in males compared to females. In contrast, the daily deposition of fat in the carcass was higher in females ($P<0.05$). All other variables were similar (Tables 6,7).

DISCUSSION

By comparing the arithmetic means of the analyzed total content and the estimated true ileal digestible AA (Table 2) it was observed that in SOYM the content of lysine, methionine, tryptophan, arginine and leucine were lower, while the content of

EM. La deposición diaria de grasa también mostró un patrón de tipo cuadrático ($P<0.05$) respecto a los niveles de EM, siendo mayor la respuesta con el nivel intermedio, pero similar con el nivel bajo y alto de EM. La eficiencia de retención de energía fue similar entre el nivel bajo e intermedio y mayor en el nivel alto de EM ($P<0.05$). En los análisis de regresión se encontró que el peso de la canal mostró un patrón cuadrático, pero el peso de la pechuga se ajustó mejor a un patrón cúbico en función del nivel de EM ($P<0.01$). Las ecuaciones que describen la relación entre el consumo de EM y el peso de la canal y peso de la pechuga, fueron, $y = 1752 - 6.876x + 0.011x^2$, $r^2 = 0.51$; $y = 2.29 - 2.13x + 2.05x^2 - 1.94x^3$, $r^2 = 0.53$, respectivamente.

Efectos del sexo. El peso de las piernas, tasa de retención de proteína y eficiencia de retención de energía fueron mayores ($P<0.05$) en los machos

threonine and valine was roughly similar and the content of cystine and isoleucine was lower than that reported by Mariscal *et al.*⁽¹⁴⁾. Respect to the total AA content reported by NRC⁽¹³⁾, the analyzed contents of tryptophan, arginine and leucine were lower, the lysine, methionine and threonine was similar and cystine, isoleucine and valine was higher in the SOYM used in this work. Also, the SOYM used in this study showed a content of methionine, tryptophan, threonine, arginine, isoleucine, valine and leucine lower, lysine similar and cystine lower to that reported for ASA⁽²⁰⁾. The AA analyzed results in SOYM are consistent with the values reported by NRC⁽¹³⁾. Comparing the analyzed total content and the estimated ileal digestible AA of CANM with the values reported by Mariscal *et al.*⁽¹⁴⁾ it was observed that leucine was lower, while cystine and tryptophan were similar and lysine, methionine, threonine, arginine, isoleucine and

Cuadro 7. Composición y deposición de tejidos y eficiencia de deposición de proteína y energía en pollos usados en el Exp 2

Table 7. Composition and deposition of tissues and efficiency of protein and energy deposition in broilers used in Exp 2

	Diet			Energy, Mcal ME/kg				Sex		
	PSOY	PCAN	SEM	3.0	3.1	3.2	SEM	Females	Males	SEM
Chemical composition of the muscle of carcass, %										
Water	74.32	74.55	0.185	74.47	74.31	74.53	0.217	74.29	74.58	0.187
Protein	21.78	22.21	0.213	22.17	21.89	21.93	0.244	22.09	21.91	0.213
Fat	5.18	5.72	0.211	5.39	5.62	5.33	0.250	5.46	5.44	0.208
Ashes	1.16	1.18	0.029	1.14	1.19	1.18	0.034	1.15	1.18	0.029
Deposition of tissues in muscle of the carcass, g/d										
Water	16.30	16.41	0.091	16.38	16.31	16.38	0.107	16.29	16.42	0.093
Protein	4.79	4.85	0.113	4.72	4.99	4.95	0.133	4.419	5.22 ^h	0.114
Fat	1.94 ^b	1.61 ^c	0.037	1.65 ^d	1.96 ^{ef}	1.76 ^{de}	0.044	2.009	1.55 ^h	0.039
Ashes	0.19	0.20	0.014	0.18	0.20	0.20	0.017	0.19	0.20	0.014
Efficiency of retention in muscle of carcass										
Protein consumed/ retained protein	0.186	0.204	0.0080	0.191	0.197	0.198	0.0093	0.183	0.208	0.0091
Energy consumed/ retained energy	0.222	0.213	0.0059	0.210 ^d	0.215 ^{de}	0.229 ^e	0.0059	0.2009	0.236 ^h	0.0059

SEM= standard error of the mean.

^{b-c} Diet effect ($P<0.05$).

^{d-f} ME effect ($P<0.05$).

^{g-h} Sex effect ($P<0.05$).

con relación a las hembras. En cambio, la deposición diaria de grasa en la canal fue mayor en las hembras ($P < 0.05$). En todas las demás variables de respuesta evaluadas no se detectaron diferencias entre sexos (Cuadros 6,7).

DISCUSIÓN

Haciendo una comparación de las medias aritméticas del contenido total analizado e ileal digestible verdadero estimado de AA (Cuadro 2) se observó que en PSOY el contenido de lisina, metionina, triptófano, arginina y leucina fue menor, mientras que el contenido de treonina y valina fue aproximadamente similar y el contenido de cistina e isoleucina fue menor a lo reportado por Mariscal *et al*⁽¹⁴⁾. Respecto al contenido total de AA reportado por el NRC⁽¹³⁾, el contenido analizado de triptófano, arginina y leucina fue menor; el de lisina, metionina y treonina fue similar y el de cistina, isoleucina y valina fue mayor en la PSOY usada en el presente trabajo. También, la PSOY usada en este estudio mostró un contenido de metionina, triptófano, treonina, arginina, isoleucina, valina y leucina menor, el de lisina similar y el de cistina menor al reportado por ASA⁽²⁰⁾. Los resultados analizados de AA en PSOY sugieren mayor concordancia con los valores reportados por el NRC⁽¹³⁾. Comparando el contenido total analizado e ileal digestible estimado de AA en PCAN con los valores reportados por Mariscal *et al*⁽¹⁴⁾ se observó que el contenido de leucina fue menor, mientras que el contenido de cistina y triptófano fue similar y el de lisina, metionina, treonina, arginina, isoleucina y valina fue menor. Estos resultados fueron similares al compararlos con el contenido total de AA en PCAN reportado por el NRC⁽¹³⁾ y el CCC⁽⁴⁾.

En el Exp 1, respuestas similares en productividad, composición y deposición de tejidos y eficiencia de retención de proteína y energía en la canal de los pollos alimentados con dietas que incluyeron 0, 10 y 20 % de PCAN, concuerdan con resultados observados previamente en el crecimiento de pollos y con la recomendación de incluir hasta un máximo

valine were lower. These results were similar when compared to the total content of AA in CANM reported by NRC⁽¹³⁾ and CCC⁽⁴⁾.

In Exp 1, similar responses in productivity, tissue composition and deposition and efficiency of protein and energy retention in the carcass of broilers fed diets that included 0, 10 and 20 % of CANM, are consistent with results observed previously in broiler growth and with the recommendation to include up to 20 % of CANM^(4,12). The chicks fed the 10 % CANM level showed a slight fall in the DFC, and although this was not significant, probably was the cause of lower abdominal fat concentration in this treatment. There is no known reason for the increase in the concentration of ash in the meat of the carcass by increasing the level of CANM in the diet.

With regard to the levels of LD, similar responses to those obtained in this work have been documented by other authors^(21,22,23), ie higher DFC, ADG and protein deposition at a higher LD level. In the study of Bilgili *et al*⁽²¹⁾ broilers of the same age as those in this study, responded positively with a higher ADG and greater size of the breast with a level of 0.95 % vs 0.85 % lysine in the diet. In more recent studies using chickens from 28 to 42 and from 43 to 56 d of age fed with increasing levels of LD, showed higher ADG, DFC, weight and carcass yield, and breast meat^(22,23).

In Exp 2, although there was a lower DFC, DCCP and DCME in CANM-fed broilers, the results of other variables evaluated indicate that the replacement of 100 % of SOYM by CANM, had no detrimental effects on performance production or the carcass characteristics and composition, and efficiency of protein and energy retention.

It has been suggested that several factors may be associated with lower DFC in CANM-fed chicks. One factor may be the presence of different secondary compounds such as glucosinolates, sinapine, tannins and phytic acid. These compounds can cause toxic derivatives and severe damage in the kidneys of birds⁽⁴⁾. In the present study, since the productivity and efficiency of tissue deposition

de 20 % de PCAN en pollos en crecimiento^(4,12). Los pollos alimentados con el nivel de 10 % de PCAN mostraron una caída ligera en el CDA, y aunque ésta no fue significativa, probablemente fue la causa de la menor concentración de grasa abdominal en este tratamiento. Se desconoce la razón del incremento en la concentración de cenizas en la carne de la canal conforme se incrementó el nivel de PCAN en la dieta.

Con respecto a los niveles de LD, respuestas similares a las obtenidas en el presente trabajo han sido documentadas por otros autores^(21,22,23), es decir, mayor CDA, GDP y deposición de proteína a mayor nivel de LD. En el estudio de Bilgili *et al.*⁽²¹⁾ pollos de la misma edad a los usados en el presente estudio respondieron positivamente con una mayor GDP y mayor tamaño de la pechuga con un nivel de 0.95 % de lisina en la dieta comparados con los que recibieron 0.85 % de lisina. En estudios más recientes usando pollos de 28 a 42 y de 43 a 56 días de edad alimentados con niveles crecientes de LD se observó mayor GDP, CDA, peso y rendimiento de la canal y carne de la pechuga^(22,23), respectivamente.

En el Exp 2, aunque se observó un menor CDA, CDPC y CDEM en los pollos alimentados con PCAN, los resultados del resto de las variables de respuesta evaluadas indican que la sustitución del 100 % de PSOY por PCAN no tuvo efectos detrimentales en el comportamiento productivo o las características y composición de la canal y la eficiencia de retención de proteína y energía en los pollos.

Se ha sugerido que varios factores pueden estar asociados al menor CDA en pollos alimentados con PCAN. Uno de estos factores puede ser la presencia de diferentes compuestos antinutricionales como los glucosinolatos, sinapina, taninos y ácido fítico. Estos compuestos pueden originar derivados tóxicos y causar daños severos en los riñones de las aves⁽⁴⁾. En el presente estudio, puesto que la productividad, deposición de tejidos y eficiencia de retención de proteína y energía en la canal fueron similares entre dietas, se podría especular que quizá estos factores antinutricionales no fueron la causa del menor CDA.

of protein and energy retention in the carcass were similar between diets, one could speculate that perhaps these anti-nutritional factors were not the cause of the minor DFC. Another factor associated with lower DFC could be the highest concentration of fiber in the diet (1.2 vs 5.0 for SOYM and CANM, respectively). Using an estimate of fiber intake from estimates of fiber content (Table 2) and feed intake (Table 4) of the chickens used in Exp 2, we consider that consumption of crude fiber were 1.6 and SOYM and 6.1 % for CANM, respectively. Probably the fiber gave the largest volume to the feed and caused a perception of filling or satisfaction, reducing feed intake.

An electrolyte imbalance in diets formulated with CANM may also cause reductions in DFC, because this ingredient has a lower content of K with respect to the SOYM⁽⁵⁾. To avoid this effect, sodium in CANM diets was partially supplemented with Na bicarbonate, as described in materials and methods. By including a greater amount of Na bicarbonate, the amount of salt required was reduced, and therefore, excess of Cl ion was avoided.

It has also been suggested that the high sulfur concentration in the CANM may be responsible for the minor DFC and the presence of leg problems. The CANM contains approximately 1.4 % sulfur, while the SOYM contains about 0.44 %. In SOYM, 75 % of the sulfur is part of the sulfur AA, whereas these only contribute by about 20 % in the CANM⁽⁵⁾. Several studies have demonstrated detrimental effects of high levels of inorganic sulfur in the diet of birds, causing mainly DFC reductions, associated perhaps with a lower feed palatability^(7,10,11). High levels of sulfur in the diet have been also associated with decreased absorption and increased calcium excretion, which leads to increased incidence of leg problems. In this regard, this study showed no locomotor problems or signs of calcium deficiency, both in live broilers and in the carcass. There were no differences neither in the concentration nor the deposition of ash in the carcass (Table 6).

The similarity in the efficiency of nitrogen and energy retention between SOYM and CANM was

Otro factor asociado al menor CDA en los pollos alimentados con PCAN podría ser la mayor concentración de fibra en la dieta (1.2 vs 5.0 para PSOY y PCAN, respectivamente). Haciendo un cálculo del consumo de fibra a partir de las estimaciones del contenido de fibra (Cuadro 2) y el consumo de alimento (Cuadro 4) de los pollos usados en el Exp 2, se tiene que los consumos de fibra cruda fueron de 1.6 y 6.1 % para PSOY y PCAN, respectivamente. Probablemente la fibra confirió mayor volumen al alimento y provocó una sensación de llenado o satisfacción, lo que redujo el consumo de alimento.

También un desbalance electrolítico en las dietas formuladas con PCAN podría provocar reducciones del CDA, ya que este ingrediente presenta un contenido menor de K con relación a la PSOY⁽⁵⁾. Para evitar este efecto en las dietas con PCAN parte del Na fue suplido con bicarbonato de Na, como fue descrito en los materiales y métodos. Al incluir una mayor cantidad de bicarbonato de Na, se redujo la cantidad de sal requerida, y por lo tanto, se evitó un exceso del ión Cl.

En adición, se ha sugerido que la alta concentración de azufre en la PCAN puede ser responsable del menor CDA y la presencia de problemas en las patas de los pollos. La PCAN contiene, aproximadamente, 1.4 % de azufre, mientras que la PSOY contiene alrededor de 0.44 %. En la PSOY, el 75 % del azufre forma parte de los AA azufrados, mientras que estos sólo aportan alrededor del 20 % en la PCAN⁽⁵⁾. En varios estudios se han demostrado efectos detrimentales de altos niveles de azufre inorgánico en las dietas de las aves, provocando principalmente reducciones del CDA, quizá asociado a una menor palatabilidad del alimento^(7,10,11). También, altos niveles de azufre en la dieta se han asociado a una menor absorción y mayor excreción de calcio, lo que conduce a mayor incidencia de problemas en las patas. Al respecto, en el presente estudio no se observaron problemas locomotores o indicios de deficiencia de calcio, tanto en vivo como en canal. Tampoco se encontraron diferencias en la concentración o deposición de cenizas en la canal (Cuadro 6).

unexpected, but predictable by the level of DFC observed between treatments. SOYM normally has a higher concentration and availability of AA and energy than CANM^(13,14). This is the reason why 30 % SOYM (Table 2) has to be replaced by more than 40 % of CANM, and the inclusion of oil is increased, so diets provide the same amount of LD and ME. According to this, at the same DFC, and protein and energy retention, one would expect greater efficiency in the retention of protein and energy with the use of SOYM. However, this effect was masked by the larger DFC, and therefore, protein and energy with SOYM.

Unlike a previous work done in Mexico where only 15 % of CANM in the broiler diet was included⁽¹²⁾, in the present study 100 % of SOYM was substituted obtaining an inclusion levels of CANM above 40 % without apparent detrimental effects on growth, tissue deposition and retention efficiency of protein and energy. The main reasons for that were, the formulation of diets based on digestible AA and the ideal protein concept, including the use of crystalline AA as arginine and isoleucine (that are not currently commercially available), and also the adjustment of energy levels in diets by adding larger amounts of oil, and by looking after the electrolyte balance through adjustments in the levels of Na, Cl and K in CANM diets.

In relation to the levels of ME, although the DCME was higher in chickens as the level of ME increased in the diet, ADG and feed efficiency increased, but the differences were not significant. These results agree with previous findings^(24,25). In the study of Waldrup *et al*⁽²⁴⁾ using two energy levels slightly higher than the two highest levels used in this study, there were no differences in ADG or feed efficiency despite the DCME was higher with the higher energy level diet. In a subsequent experiment, it was reported that chickens fed with an energy range from 2,700 to 3,300 kcal/kg had a similar ADG and CDEM. In the same work, in a “choice-feeding” test it was found that the CDEM was similar, suggesting a precise control of energy intake in chickens⁽²⁵⁾.

La no diferencia en la eficiencia de retención de nitrógeno y energía entre PSOY y PCAN fue un resultado inesperado, pero predecible por el nivel de CDA observado entre tratamientos. Se acepta que normalmente PSOY tiene una mayor concentración y disponibilidad de AA y energía que PCAN^(13,14). Esta es la razón por la que 30 % de PSOY (Cuadro 2) se tiene que reemplazar por más de 40 % de PCAN y se incrementa la inclusión de aceite para que las dietas aporten la misma cantidad de LD y EM. De manera que, a CDA y deposición de proteína y energía similares, se podría esperar mayor eficiencia en la retención de proteína y energía con el uso de PSOY. Sin embargo, este efecto fue enmascarado por el mayor CDA, y por ende, de proteína y energía con PSOY.

A diferencia de un trabajo previo realizado en México donde se logró incluir solamente 15 % de PCAN en la dieta de pollos⁽¹²⁾, en el presente trabajo se logró sustituir el 100 % de PSOY lográndose niveles de inclusión de PCAN por arriba del 40 % sin que se observaran efectos detrimentales en el crecimiento, deposición de tejidos y eficiencia de retención de proteína y energía en pollos en crecimiento. Las principales razones de lo anterior fueron, la formulación de las dietas con base en AA digestibles y el concepto de proteína ideal, incluyendo el uso de AA cristalinos como arginina e isoleucina que actualmente no están disponibles comercialmente; el ajuste de los niveles de energía de las dietas adicionando mayores cantidades de aceite y el cuidado del balance electrolítico con ajustes en los niveles de Na, Cl y K de las dietas con PCAN.

En relación con los niveles de EM, aunque el CDEM fue mayor en los pollos conforme se aumentó el nivel de EM en la dieta, la GDP y la eficiencia alimenticia se incrementaron, pero las diferencias no fueron significativas. Estos resultados concuerdan con hallazgos previos^(24,25). En el estudio de Waldrup *et al.*⁽²⁴⁾ se usaron dos niveles de energía ligeramente mayores que los dos niveles más altos usados en el presente trabajo, no encontrándose diferencias en la GDP ni en eficiencia

In the same study of Waldrup *et al.*⁽²⁴⁾ it was reported no effect on the energy level on the concentration of abdominal fat in females and males. This result agrees with other reports which found no effect of level of dietary energy on carcass yield or its components⁽²⁵⁻²⁸⁾. Unlike the above, in the present work the carcass weight and breast increased in chickens that consumed the highest levels of ME. However, other studies have found reductions in weight and carcass yield^(29,30), breast weight⁽³¹⁾ and increased abdominal fat deposition^(25,32) by the increased energy density in the diet, which agrees with the increased deposition of fat in the carcass observed in the present work. The similar chemical composition of the carcass meat in chickens fed different levels of ME observed in the present study agrees with another report from the literature⁽²⁸⁾.

The higher efficiency in energy retention and a tendency for greater efficiency of protein retention in this study are consistent with other results in which increments were found in the relationship of energetic and protein efficiency in broilers fed increasing levels of energy^(31,33). Also, the trends found in the growth and protein and energy efficiency use due to the sex effect, are similar to those reported by Han and Baker^(34,35). In these two studies it was found that the growth of males was increased relative to females when adequate lysine diets were used. Contrary to this, in this study there were no differences in the energy requirements in males and females, results consistent with the work of Waldrup *et al.*⁽²⁴⁾, where they found no interaction between sex and energy levels and AA in the diet.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

The results of this study showed that when adjusting the digestible AA levels, the energy level and the balance of electrolytes (Na, Cl and K), the CANM can partially or totally substitute the SOYM with no apparent adverse effects in growth, carcass yield, tissue deposition or the efficiency of protein and energy retention in growing and finishing broilers.

alimenticia a pesar de que el CDEM fue más alto con la dieta con el mayor nivel de energía. En un experimento posterior, se reportó que pollos alimentados con un rango de energía desde 2,700 a 3,300 kcal de EM/kg tuvieron un CDEM y GDP similares. En el mismo trabajo, en una prueba de "choice-feeding" se encontró que el CDEM fue similar, lo que sugiere un control preciso del consumo de energía en los pollos⁽²⁵⁾.

En el mismo estudio de Waldrup *et al*⁽²⁴⁾ no se observó efecto del nivel de energía sobre la concentración de grasa abdominal en hembras y machos. Este resultado coincide con otros reportes donde no se encontró efecto del nivel de energía en la dieta sobre el rendimiento de la canal o sus componentes⁽²⁵⁻²⁸⁾. A diferencia de lo anterior, en el presente trabajo, el peso de la canal y la pechuga se incrementaron en los pollos que consumieron los niveles mayores de EM. Sin embargo, en otros trabajos se han reportado reducciones en el peso y rendimiento de la canal^(29,30), peso de la pechuga⁽³¹⁾ e incrementos en la deposición de grasa abdominal^(25,32) conforme se incrementó la densidad de energía en la dieta de pollos, lo que coincide con la mayor deposición de grasa en la canal observada en el presente trabajo. La no diferencia en la composición química de la carne de la canal en pollos alimentados con diferentes niveles de EM observada en el presente estudio coincide con otro reporte de la literatura consultada⁽²⁸⁾.

La mayor eficiencia en la retención de energía y la tendencia de mayor eficiencia de retención de proteína en el presente trabajo coinciden con otros resultados donde se encontró incremento en la relación de eficiencia energética y proteica en pollos alimentados con niveles crecientes de energía en la dieta^(31,33). Así mismo, las tendencias encontradas en el crecimiento y eficiencia de uso de proteína y energía por efecto del sexo son similares a las reportadas por Han y Baker^(34,35). En estos dos trabajos se encontró que cuando se usan dietas adecuadas en lisina, el crecimiento de los machos es mayor con relación a las hembras. Contrario a

Although in practice and commercial conditions it seems unlikely to include 100 % of CANM, due to high levels of oil used and the inclusion of synthetic amino acids as arginine and isoleucine that are not commercially available, it is recommended, when CANM-diets are formulated, that amino acids should be included in digestible basis to avoid failure in the provision of essential AA, and care should be taken in maintaining the electrolyte balance between the cations and anions supplied by the diet.

End of english version

lo anterior, en el presente trabajo no se observaron diferencias en el requerimiento de energía en machos y hembras, mismas que concuerdan con el trabajo de Waldroup *et al*⁽²⁴⁾, donde no encontraron interacción entre el sexo y niveles de energía y AA en la dieta.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Los resultados del presente trabajo demuestran que cuando se ajusta el aporte de AA digestibles, el nivel de energía y el balance de electrolitos (Na, Cl y K), la PCAN puede sustituir parcial o totalmente a la PSOY sin que se observen efectos negativos en el crecimiento, rendimiento de la canal, deposición de tejidos o eficiencia de retención de proteína y energía en pollos en crecimiento y finalización. Aunque en condiciones prácticas parece poco factible la inclusión de 100 % de PCAN a nivel comercial, debido a los altos niveles de aceite usados y la inclusión de aminoácidos sintéticos como arginina e isoleucina que no están disponibles comercialmente, se recomienda, como se describe en la metodología, que al formular dietas con PCAN se incluyan los AA con base digestible para eliminar fallas en el aporte de algunos AA esenciales, y se debe tener precaución en cuidar el balance electrolítico manteniendo el equilibrio entre los cationes y aniones aportados por la dieta.

LITERATURA CITADA

1. Rojo GA, Pérez MVG, Bayardo UA, Correa CHJ, Cuarón IJA. Pasta de canola como suplemento proteico en dietas para la finalización de cerdos. *Téc Pecu Méx* 2001;39:179-192.
2. Raymer PL. Canola: an emerging oilseed crop. In: Janick J, Whipkey A editors. *Trends in new crops and new uses*. 1st ed., Alexandria, VA: ASHS Press; 2002:122-126.
3. FAS/USDA. Oilseeds. World markets and trade. Foreign Agricultural Service – USDA. Circular Series FOP – 03-11. March, 2011.
4. Canola Council of Canada. Pasta de canola en dietas para aves [on line]. www.canolacouncil.org. Accessed Aug 15, 2011.
5. Leeson S, Summers JD. *Commercial poultry production*. Guelph, Ontario. CA: University Books; 1991.
6. Leeson S, Atteh JO, Summers JD. The replacement value of canola meal for soybean meal in poultry diets. *Can J Anim Sci* 1987;67:151-158.
7. Summers JD, Spratt D, Bedford M. Sulphur and calcium supplementation of soybean and canola meal diets. *Can J Anim Sci* 1992;72:127-133.
8. Perez-Maldonado RA, Barram KM, Singh DN. How much canola or cottonseed meals can be used for commercial chicken meat production. *Asia Pac J Clin Nutr* 2003;12 Suppl:S41.
9. Summers JD, Bedford M, Spratt D. Amino acid supplementation of canola meal. *Can J Anim Sci* 1989;69:469-475.
10. Summers JD, Bedford M, Spratt D. Interaction of calcium and sulphur in canola and soybean meal diets fed to broiler chicks. *Can J Anim Sci* 1990;70:685-694.
11. Summers JD, Bedford M. Canola meal and diet acid-base balance for broilers. *Can J Anim Sci* 1994;74:335-339.
12. Rojas RE, Ávila GE, Tirado AJ. El valor nutritivo de la harina de canola en el comportamiento de pollos de engorda y gallinas de postura. *Tec Pecu Méx* 1985;49:135-142.
13. National Research Council. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th ed. Washington DC, USA: National Academy Press; 1994.
14. Mariscal LG, Ávila GE, Tejada HI, Cuarón IJA, Vásquez PC. *Contenido de aminoácidos totales y digestibles verdaderos para aves*. 1^a ed. Querétaro, México: CNIFyMA, INIFAP; 1998.
15. Baker DH, Chung TK. *Ideal protein for swine and poultry*. Biokyowa Technical Review-4. Nutri-quest, Inc., Chesterfield, MO. 1992.
16. Ross Management Guide. Broilers [on line]. www.aviagen.com. Accessed Aug 15, 2011.
17. Association of Official Analytical Chemist. *Official methods of analysis*. 15th ed. Arlington, VA, US: Association of Analytical Chemists. 1990.
18. SAS User's Guide. *Statistics (Computer Program) version 5* ed. Cary, NC, US: SAS Inst. Inc. 1995.
19. Steel RG, Torrie JH. *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach* 2nd ed. New York: McGraw-Hill; 1980.
20. Soybean meal InfoCenter. Soybean meal composition [on line]. www.soybeanmeal.org. Accessed Aug 15, 2011.
21. Bilgili SF, Moran Jr. ET, Acar N. Strain-cross response of heavy male broilers to dietary lysine in the finisher feed: Live performance and further-processing yields. *Poult Sci* 1992;71:850-858.
22. Dozier III WA, Corzo A, Kidd MT, Schilling MW. Dietary digestible lysine requirements of male and female broilers from forty-nine to sixty-three days of age. *Poult Sci* 2008;87:1385-1391.
23. Dozier III WA, Corzo A, Kidd MT, Tillman PB, McMurtry JP, Branton SL. Digestible lysine requirements of male broilers from 28 to 42 days of age. *Poult Sci* 2010;89:2173-2182.
24. Waldroup PW, Tidwell NM, Izat AL. The effects of energy and amino acid levels on performance and carcass quality of male and female broilers grown separately. *Poult Sci* 1990;69:1513-1521.
25. Leeson S, Caston L, Summers JD. Broiler response to diet energy. *Poult Sci* 1996;75:529-535.
26. Albuquerque R, Faria DE, Junqueira OM, Salvador D, Faria Filho DE, Rizzo MF. Effects of energy levels in finisher diets and slaughter age of on performance and carcass yield in broiler chickens. *Braz J Poult Sci* 2003;5:99-104.
27. Sakomura NK, Longo FA, Rabello CBV, Watanabe K, Pelicia K, Freitas ER. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. *Rev Bras Zoot* 2004;33:1758-1767.
28. Corduk M, Ceylan N, Ildiz F. Effects of dietary density and L-carnitine supplementation on growth performance, carcass traits and blood parameters of broiler chickens. *S Afr J Anim Sci* 2007;37:65-73.
29. Dozier III WA, Moran Jr ET. Response of early and late-developing broilers to nutritionally adequate and restrictive feeding regimens during the summer. *J Appl Poult Res* 2001;10:92-98.
30. Dozier III WA, Moran Jr ET. Dimension and light reflectance of broiler breast fillets: Influence of strain, sex, and feeding regimen. *J Appl Poult Res* 2002;11:202-208.
31. Hosseini-Vashan SJAR, Golian A, Motaghinia Gh, Namvari M, Hamed M. Comparison of growth performance and carcass characteristics of broiler chickens fed diets with various energy and constant energy to protein ratio. *J Anim Vet Adv* 2010;9:2565-2570.
32. Rosa PS, Faria Filho DE, Dahlke F, Vieira BS, Macari M, Furlan RL. Effect of energy intake on performance and carcass composition of broiler chickens from two different genetic groups. *Braz J Poult Sci* 2007;9:117-122.
33. Kamran Z, Sarwar M, Nisa M, Nadeem MA, Mahmood S, Babar ME, Ahmed S. Effect of low-protein diets having constant energy-to-protein ratio on performance and carcass characteristics of broiler chickens from one to thirty-five days of age. *Poult Sci* 2008;87:468-474.
34. Han Y, Baker DH. Effects of sex, heat stress, body weight and genetic strains on the dietary lysine requirements of broiler chicks. *Poult Sci* 1993;72:791-798.
35. Han Y, Baker DH. Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks posthatching. *Poult Sci* 1994;73:1739-1745.