



Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína

Evaluation of three feeding programs for broilers based on sorghum-soybean diets with different protein percentages

Roberto Santiago Gómez* Arturo Cortés Cuevas**
Carlos López Coello*** Ernesto Ávila González**

Abstract

In order to evaluate performance of broiler chickens, two experiments with Ross 308 broiler chicks from 1 to 49 days of age were conducted. In both experiments six treatments and three replicates with 30 birds each, with factorial arrangement 2 x 3 were evaluated; diets with and without reduction of 2 percentile units of crude protein was one factor and the other factor was three-phase feeding programs: two phases (0-21 and 22-49 days of age), three phases (0-21, 22-42 and 43-49 days of age) and four phases (0-7, 8-21, 22-35 and 36-49 days of age). In Experiment 1, sorghum + soybean meal diets were used, and in Experiment 2, sorghum + soybean + meat meal + corn yellow gluten meal were used. In both experiments, the diets included the synthetic amino acids; in Experiment 1, lysine, methionine and threonine were administered, and in Experiment 2, lysine, methionine, tryptophan, threonine and arginine. In Experiment 1, results indicated that growth was similar ($P > 0.05$) between diets and feeding phases. The results of feed conversion were better in the four-phase program ($P < 0.05$). Carcass, breast and leg with thigh yields, as well as carcass protein and fat did not show differences ($P > 0.05$) between factors or interaction effect. In Experiment 2, the results on weight gain, feed conversion, carcass, breast, leg with thigh and total fat yields were similar ($P > 0.05$) between factors. These results indicated that broilers fed diets with and without reduction of two percentile units of crude protein in 2, 3, and 4-phase feeding obtained similar performance. The formulation of protein reduced diets, supplemented with synthetic amino acids in each phase, were efficient for performance and carcass yield.

Key words: BROILER CHICKENS, FEEDING PROGRAMS, PROTEIN REDUCTION, AMINO ACIDS.

Resumen

Para evaluar el comportamiento productivo de los pollos de engorda se realizaron dos experimentos con pollos Ross 308 de 1-49 días de edad. En ambos se evaluaron 6 tratamientos con 3 réplicas de 30 aves cada una, en un arreglo factorial 2 x 3; un factor dietas con y sin reducción, de 2 unidades porcentuales de proteína y el otro, tres programas de alimentación; dos fases (0-21 y 22-49 días de edad), tres fases (0-21, 22-42 y 43-49 días de edad) y cuatro fases (0-7, 8-21, 22-35 y 36-49 días de edad). En el Experimento 1 se emplearon dietas sorgo-soya y en el Experimento 2, sorgo + soya + harina de carne + gluten de maíz. Las dietas fueron adicionadas con los aminoácidos lisina, metionina y treonina en el Experimento 1, y los anteriores más triptófano y arginina en el Experimento 2. Los resultados del Experimento 1 indicaron que el crecimiento fue similar ($P > 0.05$) para dietas y fases de alimentación. La conversión resultó ser mejor en el programa de 4 fases ($P < 0.05$). Los rendimientos de la canal, pechuga y pierna con muslo; así como la proteína y grasa en la canal, no mostraron diferencias ($P > 0.05$) entre factores ni efecto de interacción. En el Experimento 2, los resultados de ganancia de peso, conversión, rendimientos de canal, pechuga y pierna con muslo y grasa total, fueron similares ($P > 0.05$) para dietas y fases de alimentación. Se concluye que los pollos alimentados bajo 2, 3 y 4 fases de alimentación tuvieron comportamientos similares. La formulación de dietas reducidas en proteína mediante el uso de aminoácidos sintéticos en cada fase, resultó ser eficiente en las variables productivas y rendimiento de la canal.

Palabras clave: POLLOS DE ENGORDA, PROGRAMAS DE ALIMENTACIÓN, REDUCCIÓN DE PROTEÍNA, AMINOÁCIDOS.

Recibido el 24 de noviembre de 2010 y aceptado el 29 de julio de 2011.

*Danisco Animal Nutrition, Poniente 122, núm. 627, Industrial Vallejo, 02300, México DF.

**Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, Salvador Díaz Mirón núm. 89, col. Zapotitlán, 13209, México, DF. Teléfono y fax: 55 58451530, correo electrónico: cuevasarturo03@yahoo.com

***Departamento de Producción Animal Aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, 04360, México, DF.

Este artículo forma parte de la de tesis de maestría del primer autor.

Introduction

Current broiler growth rate is partly the result of an intense genetic selection;¹ therefore, feeding is important to achieve the maximum productive expression. Success attained until now in this practice has been due to better knowledge of the functions that different nutriment carry out, which in turn allows higher precision when establishing nutrimental needs.² To be able to feed chickens, a knowledge of the feeding phases or stages is required to be able to cover nutrimental requirements.³ Conversely, the need for nutriment in broiler feeding is changing due to genetic advances that are constantly being promoted by the different genetic companies that have achieved bird lines that increase standard weight by 50 g per year, which represents one less day in the rearing cycle.⁴

Feeding stages or phases are the different divisions that are established in order to obtain maximum utilization of feed and nutriment. These divisions are based on physiological and metabolic processes in the animal; their objective being to provide the bird with the amount of necessary nutriment at a certain age, in order to avoid over-feeding and waste.⁵⁻⁷

Formulation based on the concept of ideal protein, has as objective the optimization of amino acids levels in farm feeding. With this formulation method, balanced feed must be prepared using digestible amino acids values that provide the ingredients and nutrimental requirements of the animal.^{8,9}

Protein in the diet is used by the chickens for many functions, and the most important one is muscle synthesis.¹⁰ It is known that chickens require in the diet a specific amount of essential amino acids and a sufficient amount of nitrogen for the synthesis of non-essential amino acids and not just crude protein *per se*.¹¹ A lower concentration of protein may be used in diets through the use of crystalline amino acids that are found in the market, such as methionine, lysine, threonine and tryptophan, benefiting the environment where the animals are confined, since excreta are generated that have a lower nitrogen concentration and lower ammonia production, which in turn causes an economic benefit by reducing the protein content of rations.¹²

Likewise, most of the studies carried out in this matter have been carried out in chickens fed corn-soybean diets, when in Mexico a large portion of poultry balanced feeds are sorghum-soybean meal, with the inclusion of synthetic amino acids to be able to use alternative ingredients such as meat with bone meal and corn gluten meal and therefore, it is required that more information related to this be generated.

Introducción

La velocidad de crecimiento del pollo de engorda actual es resultado, en parte, de una intensa selección genética;¹ por ello, la alimentación es importante para lograr la máxima expresión productiva. El éxito logrado hasta ahora con esta práctica es por el mejor conocimiento de las funciones que desempeñan los distintos nutrimentos, lo que permite cubrir con mayor precisión las necesidades nutrimentales.² En la alimentación del pollo se requiere el conocimiento de las etapas o fases de alimentación para cubrir los requerimientos nutrimentales.³ Por otro lado, la necesidad de nutrimentos en la alimentación de pollos de engorda es cambiante debido a los avances genéticos que realizan constantemente las diferentes compañías genéticas, las cuales han logrado que las aves incrementen el peso estándar a razón de 50 g por año, lo que representa un día menos en su ciclo de crianza.⁴

Las etapas o fases de alimentación son las diferentes divisiones que se realizan para la máxima utilización de los alimentos y nutrimentos. Estas divisiones están basadas en los procesos fisiológicos y metabólicos del animal; su objetivo, es proporcionar al ave la cantidad necesaria de nutrimentos necesarios en una determinada edad, para evitar desperdicios o sobrealimentación.⁵⁻⁷

La formulación sustentada en el concepto de proteína ideal, tiene como objetivo optimizar los niveles de aminoácidos en la alimentación práctica. Con este método de formulación, la elaboración de alimentos balanceados debe hacerse utilizando los valores de aminoácidos digestibles que aportan los ingredientes y los requerimientos nutrimentales del animal.^{8,9}

La proteína de la dieta se emplea en los pollos para muchas funciones, la más importante es para la síntesis de músculo.¹⁰ Se sabe que los pollos requieren en la dieta, una cantidad específica de aminoácidos esenciales y suficiente cantidad de nitrógeno, para la síntesis de aminoácidos no esenciales, en lugar de proteína cruda *per se*.¹¹ Se puede emplear en las dietas una menor concentración de proteína mediante el uso de aminoácidos cristalinos que se ofrecen en el mercado, como metionina, lisina, treonina y triptófano, que beneficia al ambiente en donde los animales están confinados, ya que se generan excretas con menor concentración de nitrógeno y menor producción de amoníaco, lo que significa un beneficio económico al reducir el contenido de proteína en las raciones.¹²

Por otra parte, la mayoría de los estudios realizados al respecto, se han llevado a cabo en pollos alimentados con dietas maíz-soya, cuando en México gran parte de la formulación de alimentos balanceados para

Taking this background into consideration, this study was carried out in order to evaluate productive yield in broilers fed with three different programs (2, 3 or 4 feeds), and diets with different protein percentages in each feeding stage, but with similar amounts in the most limiting amino acids content (lysine, methionine, threonine, tryptophan and arginine), in sorghum-soybean meal diets with or without meat with bone meal and corn gluten meal inclusion.

Material and methods

Research was carried out at the Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAV) of the Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia of the Universidad Nacional Autónoma de México, located on Salvador Díaz Mirón number 89, in Colonia Santiago Zapotitlán, Delegación Tlahuac, Distrito Federal, at an altitude of 2240 masl, 19°15' North latitude and meridian 99° 02' 30" West longitude; under sub-humid (Cw) temperate climate conditions; January is the coldest month and May the warmest, with an annual average temperature of 16°C and 747 mm annual rainfall.¹³

In both experiments, six treatments with three replicates of 30 birds each were evaluated; using 1 to 49 days of age Ross 308 chickens from a commercial hatchery. The vaccination schedule consisted in the application of the combined emulsion Newcastle-Avian Influenza vaccine (0.5 ml/bird) and another of modified live virus against Newcastle (1 drop in eye per bird) at 10 days of age.

Rearing was carried out on floor with wood shavings, in a natural environment house and feeding by free access to meal. In Experiment 1, diets were used based on sorghum-soybean with and without reduction of 2 percentile units of protein and in Experiment 2, meat meal and maize gluten were included. In both experiments the diets had synthetic amino acids added: in Experiment 1, lysine, methionine and threonine; in Experiment 2, lysine, methionine, threonine, tryptophan and arginine. A protein and amino acid analysis of the ingredients to be used in the diets was carried out before their formulation,¹⁴ as indicated by the National Research Council (NRC).³ Digestibility coefficients published by Mariscal *et al*¹⁵ were used to estimate the digestible amino acids of the diets.

Birds were randomly assigned in each experiment in six treatments with three replicates of 30 chickens each, in the following manner:

- Treatment 1. Two-phase feeding with high protein diets.
- Treatment 2. Two-phase feeding with low protein diets.

aves es con base en el sorgo-soya, con la inclusión de aminoácidos sintéticos, para hacer uso de ingredientes alternativos como la harina de carne y gluten de maíz, por lo que se requiere generar más información al respecto.

A partir de estos antecedentes, se realizó el presente estudio con la finalidad de evaluar el rendimiento productivo en pollos de engorda alimentados con tres programas distintos (2, 3 o 4 alimentos), y dietas con distintos porcentajes de proteína en cada etapa de alimentación, pero con cantidades similares en el contenido de los aminoácidos más limitantes (lisina, metionina, treonina, triptófano y arginina), en dietas sorgo-soya con y sin inclusión de harina de carne y gluten de maíz.

Material y métodos

La investigación se realizó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAV) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicado en la calle Salvador Díaz Mirón núm. 89, en la colonia Santiago Zapotitlán, delegación Tlahuac, Distrito Federal, a una altura de 2240 msnm, 19°15' latitud norte y el meridiano 99° 02' 30" longitud oeste. Bajo condiciones de clima templado sub-húmedo (Cw), enero es el mes más frío y mayo el más caluroso, la temperatura promedio anual es de 16°C y la precipitación pluvial anual media, de 747 mm.¹³

En ambos experimentos se evaluaron seis tratamientos con tres réplicas de 30 aves cada una. Se emplearon pollos Ross 308 de 1 a 49 días de edad, provenientes de una incubadora comercial. Se aplicó un calendario de vacunación que consistió en la aplicación de una vacuna emulsionada combinada Newcastle-Influenza aviar (0.5 ml/ave), y otra con virus vivo modificado contra la enfermedad de Newcastle (vía ocular 1 gota por ave) a los 10 días de edad.

La crianza se realizó en pisos con cama de viruta, en una caseta de ambiente natural, y la alimentación en harina se proporcionó a libre acceso. En el Experimento 1 se emplearon dietas a base de sorgo-soya con y sin reducción de 2 unidades porcentuales de proteína, y en el Experimento 2 se incluyó, además, harina de carne y gluten de maíz. En los dos experimentos, las dietas fueron adicionadas con aminoácidos sintéticos: lisina, metionina y treonina en el Experimento 1, y lisina, metionina, treonina, triptófano y arginina en el Experimento 2. Antes de la formulación de las dietas se realizó un análisis de proteína y aminoácidos a los ingredientes empleados en ellas,¹⁴ según lo señalado en el National Research Council (NRC).³ Para el cálculo de los aminoácidos digestibles de las dietas, se

- Treatment 3. Two-phase feeding with high protein diets.
- Treatment 4. Three-phase feeding with low protein diets.
- Treatment 5. Four-phase feeding with high protein diets.
- Treatment 6. Four-phase feeding with low protein diets.

For the two phase feeding program starting feed was used from 0 to 21 days and another finishing feed from 22 to 49 days of age. The three-phase program had starting feed from 0 to 21 days, growth feed from 22 to 42 days and finishing feed from 43 to 49 days of age. In the four-phase program pre-initiation feed was used from 0 to 7 days, starting feed from 8 to 21 days, growth feed from 22 to 35 days and finishing feed from 36 to 49 days of age.

In Table 1, used protein and metabolizable energy (ME) levels are shown for each feeding phase of the six treatments and in Table 2, the digestible amino acid profiles in ideal protein base are shown.

In Experiment 1, diets were based on sorghum and soybean paste, and in Experiment 2, besides sorghum and soybean meal, 4% meat with bone meal and 0.7 to 3.7% corn gluten meal were added.

Access to feed and water was *ad libitum*. Records were kept of weight gain, feed consumption and feed conversion. At the end of the study, 15 birds of each treatment were subjected to fasting and were slaugh-

emplearon los coeficientes de digestibilidad publicados por Mariscal *et al.*¹⁵

Las aves se asignaron en cada experimento de manera aleatoria en seis tratamientos con tres repeticiones de 30 pollos cada una, de la siguiente manera:

- Tratamiento 1. Alimentación con 2 fases y dietas altas en proteína.
- Tratamiento 2. Alimentación con 2 fases y dietas bajas en proteína.
- Tratamiento 3. Alimentación con 3 fases y dietas altas en proteína.
- Tratamiento 4. Alimentación con 3 fases y dietas bajas en proteína.
- Tratamiento 5. Alimentación con 4 fases y dietas altas en proteína.
- Tratamiento 6. Alimentación con 4 fases y dietas bajas en proteína.

Para el programa de 2 fases se empleó un alimento iniciador 0 a 21 días y otro de finalización de 22 a 49 días de edad. El programa de 3 fases el iniciador fue de 0 a 21 días, crecimiento de 22 a 42 días y finalización de 43 a 49 días de edad. En el programa de 4 fases se utilizó un alimento pre-iniciador 0 a 7 días, iniciador de 8 a 21 días, crecimiento de 22 a 35 días y finalización de 36 a 49 días de edad.

En el Cuadro 1 se muestran los niveles de proteína y energía metabolizable (EM) empleados para cada fase de alimentación en los seis tratamientos, y en el

CUADRO 1

Programas de alimentación con diferentes porcentajes de proteína y energía metabolizable empleados en pollos de engorda (experimentos 1 y 2)

Feeding programs with different percentages of protein and metabolizable energy used for broiler chickens (experiments 1 and 2)

	<i>Treatment</i>	<i>Preinitiation</i>	<i>Starting</i>	<i>Growth</i>	<i>Finishing</i>
1	Protein	—	22	—	20
	ME (kcal/kg)	—	2950	—	3050
2	Protein	—	20	—	18
	ME (kcal/kg)	—	2950	—	3050
3	Protein	—	22	20	18
	ME (kcal/kg)	—	2950	3050	3150
4	Protein	—	20	18	16
	ME (kcal/kg)	—	2950	3050	3150
5	Protein	23	22	21	19
	ME (kcal/kg)	2950	2950	3100	3150
6	Protein	21	20	19	17
	ME (kcal/kg)	2950	2950	3100	3150

ME = Metabolizable energy.

tered in a commercial slaughterhouse (5 from each replicate). Birds were weighed before slaughter and carcasses were weighed without head, legs and viscera. Also, the breast with bone, leg and thigh were weighed to estimate yield. Likewise, 300 g ground carcass samples were randomly taken from each replicate for analysis by the method indicated in the Association of Official Analytical Chemists method (AOAC),¹⁶ by Kjeldahl method for total protein and fat with diethyl ether as solvent.

In both experiments, a completely random design with factorial arrangement 2 x 3 was used, where one factor were the diets with or without 2% protein reduction and the other factor the three feeding programs with 2, 3 and 4-phases that were used to analyze body weight, feed conversion, weight gain, body fat deposits, abdominal fat deposits, carcass yield, breast yield, and leg and thigh yield. Since there was not interaction between both factors, comparisons between treat-

Cuadro 2, los perfiles de aminoácidos digestibles con base en la proteína ideal.

En el Experimento 1, las dietas fueron con base en el sorgo y pasta de soya, y en el Experimento 2, incluyeron además de sorgo y pasta de soya, 4% de harina de carne y 0.7 a 3.7% de gluten de maíz.

La alimentación y el agua se ofrecieron a libre acceso. Se llevaron registros de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Al final del estudio se sacrificaron en un rastro comercial 15 aves de cada tratamiento (5 de cada repetición), fueron sometidas a 6 horas de ayuno. Las aves se pesaron antes del sacrificio y las canales obtenidas se pesaron sin la cabeza, vísceras y patas. Además, se pesó la pechuga con hueso, la pierna y el muslo para calcular el rendimiento. Por otro lado, se tomaron aleatoriamente de cada repetición, 300 g de muestras de canal molida para análisis mediante el método señalado en la Association of Official Analytical Chemists (AOAC),¹⁶

CUADRO 2

Perfil de aminoácidos digestibles con base en proteína ideal (experimentos 1 y 2)

Digestible amino acid profile based on ideal protein (experiments 1 and 2)

<i>Treatments 1 and 2</i>	<i>Digestible amino acid profile of 2-phase feeding</i>							
	<i>Starting</i>		<i>Growth</i>					
		<i>%</i>		<i>%</i>				
Lysine Dig. %	1.03	(100)*	0.90	(100)				
Arginine Dig. %	1.09	(106)	0.95	(106)				
Tryptophan Dig. %	0.18	(17)	0.16	(18)				
Threonine Dig. %	0.72	(70)	0.67	(74)				
Met + Cis Dig %	0.85	(82)	0.65	(72)				
<i>Treatments 3 and 4</i>	<i>Digestible amino acid profile of 3-phase feeding</i>							
	<i>Starting</i>	<i>Growth</i>		<i>Finishing</i>				
	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>			
Lysine Dig. %	1.03	(100)	0.90	(100)	0.75	(100)		
Arginine Dig. %	1.09	(106)	0.95	(106)	0.81	(108)		
Tryptophan Dig. %	0.18	(17)	0.16	(18)	0.15	(20)		
Threonine Dig. %	0.72	(70)	0.67	(74)	0.52	(69)		
Met + Cis Dig %	0.85	(82)	0.65	(72)	0.56	(75)		
<i>Treatments 5 and 6</i>	<i>Digestible amino acid profile of 4-phase feeding</i>							
	<i>Preinitiation</i>		<i>Starting</i>		<i>Growth</i>		<i>Finishing</i>	
	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	
Lysine Dig. %	1.08	(100)	1.03	(100)	0.99	(100)	0.90	(100)
Arginine Dig. %	1.18	(109)	1.09	(106)	1.04	(105)	0.95	(105)
Tryptophan Dig. %	0.25	(23)	0.22	(21)	0.22	(22)	0.20	(22)
Threonine Dig. %	0.72	(67)	0.68	(66)	0.65	(66)	0.60	(67)
Met + Cis Dig %	0.85	(79)	0.83	(81)	0.74	(75)	0.65	(72)

*Numbers in parentheses indicate the percentage of digestible lysine used in the diets as 100% reference in relation to other amino acid content.

ments of main effects were made by Tukey's test; for statistical analysis the SPSS version 17 was used.¹⁷

Results

Experiment 1

In Table 3 it can be observed that weight gain at 49 days of age was similar ($P > 0.05$) for the diet factor and for the feeding phase factor. Accumulated feed conversion was similar ($P > 0.05$) between high and low protein diets; nevertheless, feed conversion was different ($P < 0.05$) for the feeding phase factor, since it was better when the chickens were fed in four feeding phases.

In relation to carcass yields: breast, leg with thigh, as well as amount of protein and fat deposited in the carcass, there were no statistically significant differences between factors and there was no interaction effect (Table 3).

Experiment 2

In Table 4 it can be observed that weight gain and feed conversion at 49 days of age were similar ($P < 0.05$) for both factors. No statistical differences were found in any of the factors and there was not an interaction effect for carcass, breast, leg and thigh yield, as well as the amount of deposited protein and total fat.

Discussion

The results obtained in experiments 1 and 2 for productive behavior did not show differences in the use of high and low protein diets, indicating that the use of synthetic amino acids allows the reduction of protein levels in diets.^{8,12} Results of this study partly coincide with those obtained by some authors^{1,2} that found that the addition of synthetic amino acids (methionine, lysine, threonine, arginine, tryptophan, isoleucine and valine) in reduced protein diets for broilers, did not affect productive and carcass yields, as was observed in this research, with the exception of the addition of isoleucine and valine amino acids. Likewise, in relation to feeding systems, the use of four feeds for broilers allowed an optimum coverage of the nutrients necessary at specific ages, in order to avoid waste and overfeeding; in other words, nutrient consumption is reduced and excretion is lower.^{5,18,19}

Productive behaviors were similar according to the data obtained in productive response, carcass yield, protein content and fat in chickens fed during the two, three and four feeding phases, with high protein diets

por el método Kjeldahl para proteína total y grasa con éter dietílico como disolvente.

En los dos experimentos se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3 ; donde un factor fueron las dietas con y sin reducción de 2% de proteína y, el otro, los tres programas de alimentación de 2, 3 y 4 fases, el cual se utilizó para analizar el peso corporal, conversión alimenticia, ganancia de peso, deposición de grasa corporal, deposición de grasa abdominal, rendimiento en canal, rendimiento de pechuga y rendimiento de pierna y muslo. Al no haber interacción entre ambos factores, se hicieron comparaciones de los efectos principales entre tratamientos, mediante la prueba de Tukey; para el análisis estadístico se utilizó SPSS versión 17.¹⁷

Resultados

Experimento 1

En el Cuadro 3 se aprecia que la ganancia de peso a los 49 días de edad fue similar ($P > 0.05$) para el factor dietas y para el factor fases de alimentación. La conversión alimenticia acumulada resultó semejante ($P > 0.05$) entre dietas altas y bajas en proteína; sin embargo, la conversión alimenticia fue diferente ($P < 0.05$) para el factor fases de alimentación, ya que fue mejor cuando los pollos fueron alimentados en cuatro fases de alimentación.

En cuanto a los rendimientos de la canal: pechuga, pierna y muslo, así como la cantidad de proteína y grasa depositada en la canal, no se encontraron diferencias estadísticas entre factores, ni existió efecto de interacción (Cuadro 3).

Experimento 2

En el Cuadro 4 se aprecia que la ganancia de peso y la conversión alimenticia a los 49 días de edad fueron similares ($P < 0.05$) para ambos factores. Para el rendimiento en la canal pechuga, pierna y muslo, así como la cantidad de proteína depositada y la grasa total, no se encontraron diferencias estadísticas en ninguno de los factores y tampoco existió efecto de interacción.

Discusión

Los resultados obtenidos en los experimentos 1 y 2 para el comportamiento productivo, no mostraron diferencias al emplear dietas altas y bajas en proteína, indicando que el empleo de aminoácidos sintéticos permite reducir los niveles de proteína en las dietas.^{8,12} Los resultados del presente estudio coinciden,

CUADRO 3

Resultados de ganancia de peso, índice de conversión, rendimiento de la canal y contenido de grasa total en pollos de 0-49 días (Experimento 1)

Weight gain, conversion index, carcass yield and total fat content results in 0-49 days of age chickens (Experiment 1)

<i>Feeds</i>	<i>2 phases</i>	<i>3 phases</i>	<i>4 phases</i>	<i>Average</i>
	<i>Weight gain (g)</i>			
High protein	2440	2360	2474	2424
Low protein	2385	2379	2427	2397
Average	2412	2369	2450	
<i>Feeds</i>	<i>Feed Conversion</i>			<i>Average</i>
High protein	2.25	2.19	2.09	2.17
Low protein	2.18	2.16	2.05	2.13
Average	2.21a	2.17ab	2.07b	
<i>Feeds</i>	<i>Carcass yield (%)</i>			<i>Average</i>
High protein	79.1	76.8	77.1	77.7
Low protein	77.6	76.6	78.7	77.6
Average	78.4	76.7	77.9	
<i>Feeds</i>	<i>Breast yield (%)</i>			<i>Average</i>
High protein	23.8	23.9	24.0	23.9
Low protein	23.6	23.3	24.0	23.6
Average	23.7	23.6	24.0	
<i>Feeds</i>	<i>Leg and thigh yield (%)</i>			<i>Average</i>
High protein	28.0	28.3	28.0	28.1
Low protein	27.0	27.4	28.6	27.6
Average	27.5	27.8	28.3	
<i>Feeds</i>	<i>Carcass protein (%)</i>			<i>Average</i>
High protein	20.6	20.3	21.0	20.6
Low protein	20.7	20.3	21.6	20.9
Average	20.6	20.3	21.3	
<i>Feeds</i>	<i>Total fat (%)</i>			<i>Average</i>
High protein	5.2	6.8	4.7	5.6
Low protein	6.5	6.2	5.2	5.9
Average	5.8	6.5	5.0	

Values with different letters are statistically different ($P < 0.05$).

Mean standard error (MSE), for weight gain (76.6), feed conversion (0.081), carcass yield (3.02), breast yield (1.24), leg and thigh yield (1.40), carcass protein (1.39) and total fat (0.99).

and diets reduced by 2 percenile units of protein for each phase, with the most limiting amino acids added. Baker⁹ and Terrazas *et al.*²⁰ indicated that ideal protein formulation allows the use of various ingredients for poultry without detriment to productive variables.

Formulation with digestible amino acids based on ideal protein and the inclusion of crystalline food grade amino acids, allows the reduction of protein ingredient use while covering the nutrimental needs of

en parte, con los obtenidos por algunos autores,^{1,2} quienes encontraron que la adición de aminoácidos sintéticos (metionina, lisina, treonina, arginina, triptófano, isoleucina y valina) en dietas reducidas en proteína para pollos de engorda, no afectó los rendimientos productivo y de la canal, como lo observado en esta investigación, a excepción de la adición de los aminoácidos isoleucina y valina. Por otra parte, en cuanto a los sistemas de alimentación, el empleo

CUADRO 4

Resultados de ganancia de peso, índice de conversión, consumo de alimento, rendimiento de la canal y contenido de grasa abdominal en pollos de 0-49 días (Experimento 2)

Weight gain, conversion index, feed intake, carcass yield and abdominal fat content results in 0-49 days of age chickens (Experiment 2)

<i>Feeds</i>	<i>2 phases</i>	<i>3 phases</i>	<i>4 phases</i>	<i>Average</i>
Weight gain (g)				
High protein	2607	2576	2604	2596
Low protein	2711	2563	2651	2642
Average	2659	2570	2627	
Feed Conversion				
High protein	2.09	2.08	2.08	2.08
Low protein	2.02	2.07	2.06	2.05
Average	2.06	2.07	2.07	
Carcass yield (%)				
High protein	79.2	76.3	76.5	77.3
Low protein	77.3	77.4	77.2	77.3
Average	78.3	76.8	76.8	
Breast yield (%)				
High protein	23.9	24.2	24.2	24.1
Low protein	23.8	23.6	23.4	23.6
Average	23.9	23.9	23.8	
Leg yield (%)				
High protein	13.0	13.3	13.9	13.4
Low protein	14.3	13.3	14.1	13.9
Average	13.6	13.3	14.0	
Thigh yield (%)				
High protein	14.7	14.7	14.5	14.6
Low protein	14.8	14.7	15.2	14.9
Average	14.7	14.7	14.8	
Total fat (%)				
High protein	6.10	5.87	5.37	5.78
Low protein	6.12	5.25	5.18	5.52
Average	6.11	5.56	5.28	
Carcass protein (%)				
High protein	20.0	19.9	21.2	20.3
Low protein	20.4	19.9	21.2	20.5
Average	20.2	19.9	21.2	

Mean standard error (MSE) for weight gain (59.9), feed conversion (0.04), carcass yield (2.47), breast yield (1.69), leg yield (1.45), thigh yield (0.78), total fat (0.69) and carcass protein (1.53).

the birds.^{1,2} Likewise, Delezie *et al*²¹ indicated that if the use of protein in the diet is optimized with better essential amino acids balance, lodging conditions of the animals is improved due to lower ammonia production. In high population density farms, the environmental impact is reduced by the production of excreta

de cuatro alimentos en la engorda de los pollos permitió cubrir de manera óptima la cantidad necesaria de nutrimentos en una determinada edad, para evitar desperdicios o sobrealimentación; es decir, se disminuye el consumo de nutrimentos y la excreción es menor.^{5,18,19}

with lower nitrogen content, and also there is a reduction in the cost of feeding.^{5,10,22}

The four feeding phase system gave a better coverage of nutrient needs of chickens when compared to chickens fed with two or three feeding phases, as is mentioned by some researchers.^{21,23,24}

The favorable results obtained in the productive cycle of the chicken in both experiments indicate that the reduction of protein concentration in feeding programs with the use of synthetic amino acids is beneficial. Experiments with broilers have shown that it is feasible to reduce from the diet four percentile points of the level suggested by the NRC³ in birds that are 0 to 3 and 3 to 6 weeks of age. Likewise, the low protein diet has as limiting amino acids methionine and lysine, and at a lesser degree, arginine, valine and threonine, demonstrating that the productive response of chickens was similar with both experimental diets.^{5,10,22} In relation to the growth stage, the level of protein (20%) recommended by the NRC,³ was evaluated comparing with the response of other birds that received a diet with 16% of this nutriment, at the end there were no differences in productivity of chickens between treatments. Data from this study coincide with those of other researchers that have found that the use of methionine, lysine, threonine, arginine and tryptophan in low protein diets and formulated under the ideal protein concept, does not have a negative effect on growth and that the diet cost can be reduced.^{10,25,26}

According to the information generated in this experimental study with sorghum-soybean meal based diets and using the criteria of ideal protein, formulating a digestible amino acid profile allows the use of ingredients such as meat with bone meal (4%) and corn gluten meal (0.7 to 3.7%), with a uniform productive yield in the chickens; there is already available reliable information on the digestibility value of amino acids of an important number of raw materials.¹⁵

It is important to underline that even though there was no statistical difference in final weight and yield of the carcasses of chickens fed with 2, 3 and 4 feeding phases programs in experiments 1 and 2, in Experiment 1, feed conversion was statistically better when birds were fed in 4 phases, either with high or low protein diets. Some studies, indicate that 4 feeding phases are closer to covering nutrimental needs according to the age of the chicken and their performance is higher.²⁴ This is probably due to the fact that as more phases are used for finishing broilers, the better the required nutritional profile is covered achieving economic balance, that may optimize costs for the broiler industry enterprises and allow the use of alternative ingredients without causing nutrimental deficiencies in the birds.^{1,22}

With the results obtained in this study, it can be

Los datos obtenidos en la respuesta productiva, rendimiento de la canal, contenido de proteína y grasa en pollos alimentados durante 2, 3 y 4 fases de alimentación, con dietas altas en proteína y dietas reducidas en 2 unidades porcentuales de proteína para cada fase, adicionadas con los aminoácidos más limitantes, condujo a comportamientos productivos similares. Baker⁹ y Terrazas *et al.*²⁰ indicaron que la formulación con proteína ideal permite emplear ingredientes variables en dietas para aves, sin detrimento en sus variables productivas.

La formulación con aminoácidos digestibles con base en proteína ideal y la inclusión de aminoácidos cristalinos grado alimenticio, permiten reducir el uso de ingredientes proteínicos y cubrir las necesidades nutrimentales de las aves.^{1,2} Por otro lado, si se optimiza el uso de la proteína de la dieta con un mejor balance de aminoácidos esenciales, se mejoran las condiciones de alojamiento de los animales por una menor producción de amoniaco como lo señalan Delezie *et al.*²¹ En granjas con alta densidad de población, se disminuye el impacto ambiental por la producción de excretas con menor contenido de nitrógeno además de reducir el costo de alimentación.^{5,10,22}

El sistema de cuatro fases de alimentación permitió satisfacer mejor las necesidades de nutrientes de los pollos, en comparación con los pollos alimentados en dos o tres fases de alimentación, tal como lo mencionan algunos investigadores.^{21,23,24}

Los resultados favorables obtenidos en el ciclo productivo del pollo en ambos experimentos, indican que reducir la concentración de proteína en los programas de alimentación con el uso de aminoácidos sintéticos es benéfico. Se ha demostrado en experimentos con pollos de engorda de 0 a 3 y de 3 a 6 semanas de edad que es factible reducir en la dieta, cuatro puntos porcentuales el nivel sugerido por el NRC.³ Por otro lado, la dieta baja en proteína ubicó como aminoácidos limitantes la metionina y la lisina, en menor grado, la arginina, valina y treonina, con ello demostraron que la respuesta productiva de los pollos fue similar con ambas dietas experimentales.^{5,10,22} En lo que corresponde a la etapa de crecimiento, se evaluó el nivel de proteína (20%) recomendado por el NRC,³ contra la respuesta de otras aves que recibieron una dieta con 16% del nutrimento, al final no se encontraron diferencias en la productividad de los pollos entre tratamientos. Los datos de este trabajo coinciden con los de otros investigadores, quienes encontraron que el uso de metionina, lisina, treonina, arginina y triptófano en dietas bajas en proteína y formuladas bajo el concepto de proteína ideal, no observaron efecto negativo en el crecimiento y demostraron que se puede reducir el costo de la dieta.^{10,25,26}

De acuerdo con la información generada en este trabajo experimental en dietas con base en sorgo-soya

concluded that the formulation based on ideal protein allows the use of lower quality ingredients in diet formulas for poultry, without detriment to their productive variables. The productive response, carcass yield, protein content and fat in chickens fed in two, three and four phases were similar with reduced protein diets (2%). The use of synthetic amino acids (methionine, lysine, threonine and tryptophan), in diets in each phase allows the reduction of protein percentage in 2, 3 and 4 feeding phases programs while reducing formulation costs.

References

1. PESTI GM. Impact of dietary amino acid and crude protein levels in broiler feeds on biological performance. *J Appl Poult Sci* 2009;18:477-486.
2. DARI RL, PENZ JR AM, KESSLER AM, JOST HC. Use of digestible amino acid and the concept of ideal protein in feed formulation for broilers. *J Appl Poult Res* 2005;14:195-203.
3. NRC. National Research Council. *The Nutrient Requirements of Poultry*. 9th ed. Washington DC, USA: National Academy Press, 1994.
4. CUCA GM, ÁVILA GE, PRO MA. *Alimentación de las Aves*. 8^a ed. Chapingo, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo, 1996.
5. DOZIER WA, GORDON RW, ANDERSON J, KIDD MT, CORZO A, BRANTON SL. Growth, meat yield, and economic responses of broilers provided three- and four-phase schedules formulated to moderate and high nutrient density during a fifty-six-day production period. *J Appl Poult Sci* 2006;15:312-325.
6. ROUSH WB, BOYKIN D, BRANTON SL. Optimization of phase feeding of starter, grower, and finisher diets for male broilers by mixture experimental design: Forty-eight-day production period. *Poult Sci* 2004;83:1264-1275.
7. POPE T, EMMERT JL. Phase-feeding supports maximum growth performance of broiler chicks from forty-three to seventy-one days of age. *Poult Sci* 2001;80:345-352.
8. KERR BJ, KIDD MT. Amino acid supplementation of low-protein broiler diets: 2. Formulation on an ideal amino acid basis. *J Appl Poult Sci* 1999;8:310-320.
9. BAKER DH. Ideal amino acid patterns for broiler chicks. In: D'MELLO JPDF, editor. *Amino Acids in Animal Nutrition*. 2nd ed. Edinburgh, UK: CABI Publishing, 2003:223-236.
10. AFTAB U, ASHRAF M, JIANG Z. Low protein diets for broilers. *World Poult Sci* 2006;62: 688-701.
11. URDANETA R, DE LANG MK, PEÑA OL, LEESON S. Lysine requirements of young broiler chickens are affected by level of dietary protein. *Can J Anim Sci* 2005;85:195-205.
12. HUSSEIN AS, CANTOR AH, PESCATORE AJ. Effect of low protein diets with amino acid supplementation on broiler growth. *J Appl Poult Sci* 2001;10:354-362.
13. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. Tláhuac: Cuaderno de información básica delegacional. México DF: INEGI, 1992.
14. ARBEITSGEMEINSCHAFT FW, Trade Association AWT. *Amino acids in animal nutrition*. Bergen, Germany: Agri-Media GmdH, 2000.
15. MARISCAL LG, ÁVILA GE, TEJADA I, CUARÓN JA, VÁSQUEZ PC. *Contenido de aminoácidos totales y digestibles verdaderos para aves y cerdos de los principales ingredientes utilizados en Latinoamérica*. México DF: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, 1995.
16. AOAC. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists, 2002.

el uso del criterio de la proteína ideal, formulando a un perfil de aminoácidos digestibles, permite el uso de ingredientes como la harina de carne (4%) y gluten de maíz amarillo (0.7 a 3.7%), con un rendimiento productivo uniforme de los pollos; ya se cuenta con información confiable del valor de digestibilidad de los aminoácidos en un importante número de materias primas.¹⁵

Es importante destacar que a pesar de que no hubo diferencia estadística en el peso final y rendimiento en la canal de los pollos alimentados con los programas de 2, 3 y 4 fases de alimentación en los experimentos 1 y 2, en el Experimento 1 la conversión alimenticia fue mejor estadísticamente, cuando las aves fueron alimentadas en 4 fases, ya sea con dietas altas o bajas en proteína. Algunos estudios, señalan que programas de 4 fases de alimentación se acercan más a las necesidades nutrimentales de la edad del pollo y su comportamiento productivo es mayor.²⁴ Ello probablemente se deba a que entre más fases se empleen en la engorda de los pollos, se cubre mejor el perfil nutricional que requieren, logrando así un equilibrio económico que permita a las empresas productoras de pollos de engorda optimizar sus costos y poder emplear ingredientes alternativos sin que las aves tengan deficiencias nutrimentales.^{1,22}

Con los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que la formulación con proteína ideal permite emplear ingredientes de menor calidad en la formulación de dietas para aves, sin detrimento en sus variables productivas. La respuesta productiva, rendimiento de la canal, contenido de proteína y grasa, en pollos alimentados en 2, 3 y 4 fases fueron similares en dietas reducidas en proteína (2%). El empleo de aminoácidos sintéticos (metionina, lisina, treonina y triptófano), en dietas en cada fase permite reducir el porcentaje de proteína en los programas de 2, 3 y 4 fases de alimentación y reducir los costos en la formulación.

17. SPSS Inc. SPSS for Windows, version 17, 2009.
18. POPE T, LOUPE LN, TOWNSEND JA, EMMERT JL. Growth performance of broilers using a phase-feeding approach with diets switched every other day from forty-two to sixty-three days of age. *Poult Sci* 2002;81:466-471.
19. BOUVAREL I, BARRIER GB, LARROUDE P, BOUTTEN B, LETERRIER SC, MERLET F *et al.* Sequential feeding programs for broiler chickens: Twenty-four- and forty-eight-hour cycles. *Poult Sci* 2004;83:49-60.
20. TERRAZAS FMM, ÁVILA GE, CUCA GM, SORIA N. Efecto de la incorporación de harina de pescado con distinto grado de cocción a dietas para pollos de engorda formuladas a un perfil de aminoácidos digestibles. *Téc Pecu Méx* 2005;43:297-308.
21. DELEZIE E, MAERTRNS L, HUYGHEBAERT G, LIPPENS M. Can choice feeding improve performances and N-retention of broilers compared to a standard three-phase feeding schedule? *Br Poult Sci* 2009;50:573-582.
22. CORZO A, MORAN JR. ET, HOEHLER D. Lysine need of heavy broiler males applying the ideal protein concept. *Poult Sci* 2002;81:1863-1868.
23. GUTIERREZ ON, SURBAKTI A, HAQ JB, BAILEY CA. Effect of continuous multiphase feeding schedules on nitrogen excretion and broiler performance. *J Appl Poult Sci* 2008;17:463-470.
24. WIJTEN PJA, LEMME A, LANGHOUT DJ. Effects of different dietary ideal protein levels on male and female broiler performance during different phases of life: Single phase effects, carryover effects, and interactions between phases. *Poult Sci* 2004;83:2005-2015.
25. HANY, SUZUKI H, PARSONS CM, BAKER DH. Amino acid fortification of a low-protein corn and soybean meal diet for chicks. *Poult Sci* 1992;71:1168-1178.
26. VIEIRA SL, LEMME A, GOLDENBERG DB, BRUGALLI I. Responses of growing broilers to diets with increased sulfur amino acids to lysine ratios at two dietary protein levels. *Poult Sci* 2004;83:1307-1313.