

Niveles de fosfatasa alcalina en pollitos con dietas bajas en proteína, comparando aminoácidos totales y aminoácidos digestibles

Jesús Eduardo Morales Barrera,¹ Giovanna Oralia Encinas Acosta, Guillermo Téllez Isaias, Julio César Alfaro Camacho, Eliseo Pablo Santiago, José Fernando González Sánchez

Resumen. Se estudiaron los niveles de la enzima fosfatasa alcalina (FA) en 240 pollitos de engorda machos de la estirpe Hubbard de 1 a 21 días de edad, alojados en baterías eléctricas y distribuidos al azar en un arreglo factorial 3 x 2 en 6 tratamientos con cuatro réplicas de 10 aves cada una. Se evaluó el nivel de proteína cruda (PC) de la dieta a 12, 14 y 16%; y la formulación de dietas con aminoácidos (AA) totales (AAT) y proteína ideal (PI) con AA digestibles (AAD). Se registró el consumo de alimento y la ganancia de peso calculándose la conversión alimenticia; semanalmente se tomaron muestras de suero para obtener los niveles de FA. Para los parámetros productivos no existieron diferencias significativas ($P>0.05$) para el factor aminoácidos totales y digestibles en ganancia de peso (387g y 367g), consumo de alimento (453g y 470g) y conversión alimenticia (1.19 y 1.29), respectivamente. Para el nivel de PC la ganancia de peso fue menor ($P<0.05$) con 12% (337^b, 385^a, 408^b), así como el consumo de alimento (408^b, 481^a, 496^a) y en conversión alimenticia no hubo diferencia ($P>0.05$) (1.23, 1.25, 1.23). Para los niveles de fosfatasa alcalina el nivel fue mayor ($P<0.05$) con AAD que con AAT (21806^b, 18604^a). Para el factor PC no hubo diferencia ($P>0.05$) (17813, 21827, 20237). Se concluye que se afecta la ganancia de peso al reducir la proteína al 12%; al formular dietas con AAD con PI se incrementan los niveles de fosfatasa alcalina.

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal, UAM-Xochimilco, e-mail: jemorab@correo.xoc.uam.mx

Palabras clave: Fosfatasa alcalina, pollos, proteína ideal, aminoácidos.

Abstract. Alkaline phosphate (AP) enzyme levels were studied in 240 broiler male Hubbard chicks from 1 to 21 days old, which were allocated in electrical batteries and they were randomly distributed in 3 x 2 factorial arrangements in 6 treatments 4 repetitions with 10 chicks each. The feed formulation with digestible amino acids (DAA) using ideal protein concept (IP) and total amino acids (TAA) was done at 12, 14 and 16% of crude protein (CP). The weight gain and feed intake were measured to estimate the feed conversion. Blood serum samples were taken to determinate the AP levels. The results to productive parameters were not differences ($P>0.05$) with TAA and DAA in body gain (387g y 367g), feed intake (453g y 470g) and feed conversion (1.19 y 1.29), for the CP levels in weight gain (337^b, 385^a, 408^b), and the feed intake (408^b, 481^a, 496^a) the 12% CP level was minor ($P<0.05$), in feed conversion (1.23, 1.25, 1.23) were not difference ($P>0.05$). The AP serum levels were increased ($P<0.10$) with DAA (21806^b, 18604^a). The body gain is affected when the CP is reduced at 12%, the feed formulation with DAA and IP the serum levels AP is incremented.

Key words: Alkaline phosphatase, bone, ideal protein, boiler, amino acids

Résumé. Il a été étudié les niveaux de l'enzyme phosphatase alcaline (FA) sur 240 poulets d'engraissement males de la souche Hubbard, entre 1 et 21 jours de naissance, élevés en batterie électrique et distribués au hasard en une combinaison factorielle 3 x 2 de 6 traitements, avec quatre répliques de 10 poulets chacune. Il a été évalué le niveau de protéine crue (PC) du régime à 12, 14 et 16%; ainsi que la formulation de régimes contenant des acides aminés (AA) totaux (AAT) et protéine idéale (PI) avec des AA digestibles (AAD). Il a été enregistré la consommation d'aliment et le gain de poids en calculant la conversion alimentaire, chaque semaine il a été pris des échantillons de sérum pour obtenir les niveaux de FA. Les paramètres productifs n'ont pas présenté de différences importantes ($P>0.05$) quant au facteur d'acides aminés totaux et digestibles en gain de poids (387g et 367g) consommation d'aliment (453g et 470g) et conversion alimentaire

(1.19 et 1.29) respectivement. Pour le niveau de PC le gain de poids a été moindre ($P < 0.05$) avec 12% (337b, 385^a, 408b), ainsi que la consommation d'aliment (408b, 481^a, 496^a) et il n'a pas existé de différences quant à la conversion alimentaire ($P > 0.05$) (1.23, 1.25, 1.23). Les niveaux de phosphatase alcaline a été plus important ($P < 0.05$) avec AAD qu'avec AAT (21806b, 18604^a). Pour le facteur PC, il n'a pas été rencontré de différences ($P > 0.05$) (17813, 21827, 20237). En conclusion, le gain de poids est affecté si la protéine est réduite à 12%, s'il est formulé des régimes avec AAD et PI les niveaux de phosphatase alcaline augmentent.

Mots-clés: Phosphatase alcaline, poulets, protéine idéale, acides aminés

INTRODUCCION

Los aminoácidos (AA), constituyentes de la proteína, son importantes en el balanceo de dietas: si la proteína es incluida en cantidades extras al requerimiento de las aves, se incrementa el precio de los alimentos (Abebe, 1990a; Fernández *et al.*, 1994); por lo que formular alimentos con el requerimiento de los AA incluyéndolos en la dieta en forma pura como sintéticos DL-metionina, L-lisina, L-treonina (Abebe, 1990b), L-arginina y L-triptófano (Kerr, 1993), el balanceo es más cercano al requerimiento de cada AA y se puede disminuir la proteína de la dieta y adicionar ingredientes de bajo costo. Al balancear con niveles bajos en proteína, es recomendable balancear con AA digestibles (AAD) utilizando el concepto de proteína ideal (PI), en donde los aminoácidos más esenciales del pollo se cubren con AAS. Además con la reducción de la proteína, la contaminación al medio ambiente por nitrógeno en heces disminuye (Kerr, 1993; Moran *et al.*, 1993; Fernández *et al.* 1994; Baker y Han, 1994; Ángel, 2007; Campos *et al.*, 2008).

En estudios previos se encontró que al reducir la proteína y aumentar la concentración de AA sintéticos en la dieta es importante el balance electrolítico y la relación entre la lisina y la arginina, pues el

metabolismo de los AA se ve influenciado por el equilibrio ácido básico y la ionización de muchos metabolitos se ve influenciado por el pH, por lo que los animales reducen el rendimiento (Austic, 1985, 1997), también se han observado deficiencias en la absorción de ciertos minerales debido al uso de AAS en niveles elevados, no obstante, no se ha encontrado cuál es el problema al reducir la proteína de la dieta, ya que los animales presentan problemas en la piernas.

Morales y Leeson (2000) encontraron problemas en piernas de aves en crecimiento sugestivas de perosis con 12 y 14% de proteína cruda en la dieta, en las heces los niveles de manganeso (Mn) se aumentaban al reducir la proteína cruda (PC) y aumentar los niveles de aminoácidos sintéticos. En el crecimiento del hueso del pollo, la calcificación de la matriz ósea se realiza con el Mn, activador de la enzima fosfatasa alcalina que transforma los condrocitos en osteoblastos para la calcificación.

El Mn puede ser quelado por otros ingredientes de la dieta y no ser absorbido adecuadamente, causando problemas en la formación del hueso, por lo que este trabajo se realizó con el propósito de evaluar si dietas bajas en proteína cruda con niveles altos de AAS afecta el nivel de la FA.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Departamento de Ciencias Agrícolas y Animales, de la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana, y el Departamento de Producción Animal: Aves, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se utilizaron 240 pollitos machos de engorda de la estirpe Hubbard de 1 a 21 días de edad, los cuales fueron alojados en baterías eléctricas y distribuidos al azar en un arreglo factorial 3×2 en 6 tratamientos, con cuatro réplicas de 10 aves cada una. La proteína de la dieta se evaluó

a 12, 14 y 16%, con dos tipos de requerimientos AAT y PI con AAD de Baker y Han (1994).

Las dietas fueron formuladas con maíz y pasta de soya (Cuadro 1), a las cuales se les incluyó los aminoácidos sintéticos DL-metionina, L-lisina, L-treonina, L-triptofano y L-arginina para cubrir los requerimientos de las aves con AAT y AAD con PI.

Cuadro 1. Dietas experimentales para pollos de engorda de 0 a 21 días de edad

<i>Ingredientes</i>	<i>AAT</i>			<i>AAD</i>		
	<i>12% PC</i>	<i>14% PC</i>	<i>16% PC</i>	<i>12% PC</i>	<i>14% PC</i>	<i>16% PC</i>
Maíz	83.347	78.205	73.063	82.556	77.321	72.090
Soya	9.969	15.209	20.450	10.118	15.376	20.633
Ortofosfato	2.115	1.930	1.742	2.113	1.926	1.739
Carbonato de calcio	1.293	1.361	1.428	1.293	1.361	1.430
Sal (NaCl)	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
Aceite crudo	0.280	0.784	1.290	0.540	1.075	1.609
L-lisina HCl	0.797	0.654	0.510	0.864	0.732	0.600
Metionina	0.573	0.517	0.462	0.563	0.515	0.468
L-arginina	0.592	0.428	0.263	0.765	0.613	0.460
L-treonina	0.376	0.291	0.208	0.508	0.434	0.360
L-triptofano	0.078	0.041	0.005	0.100	0.067	0.034
Vitaminas	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Cloruro de colina	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030
Minerales	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Análisis calculado						
Proteína cruda %	12.000	14.000	16.000	12.000	14.000	16.000
Grasa cruda %	6.194	6.380	6.567	6.400	6.610	6.821
Fibra cruda %	5.275	5.405	5.534	5.244	5.370	5.496
Calcio total %	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Fósforo disponible %	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
EM (MC/ Kg) %	3.060	3.060	3.060	3.060	3.060	3.060
Met + cistina %	1.000	1.000	1.000	0.989	0.997	1.005
Triptofano %	0.200	0.200	0.200	0.222	0.226	0.230
Lisina %	1.300	1.300	1.300	1.369	1.380	1.392
Arginina %	1.250	1.250	1.250	1.423	1.435	1.448
Treonina %	0.800	0.800	0.800	0.932	0.941	0.950
Isoleucina %	0.453	0.549	0.645	0.454	0.550	0.646
Leucina %	1.206	1.351	1.495	1.204	1.348	1.493
Histidina %	0.319	0.375	0.430	0.319	0.375	0.430
Lisina dig %	1.231	1.220	1.208	1.300	1.300	1.300
Metionina dig %	0.759	0.728	0.698	0.748	0.726	0.703
Met + cis dig %	0.951	0.943	0.935	0.940	0.940	0.940
Treonina dig %	0.738	0.729	0.720	0.870	0.870	0.870
Triptofano dig %	0.188	0.184	0.180	0.210	0.210	0.210
Arg dig %	1.187	1.175	1.162	1.360	1.360	1.360

El agua y el alimento durante la fase experimental fue *ad libitum*. Se utilizó el Método de Bowers y McComb (1996) para determinación de Fosfatasa alcalina Sérica.

Se analizó el comportamiento productivo de los pollos; se obtuvo el consumo semanal de alimento y la ganancia de peso de 0 a 21 días de edad para obtener la conversión alimenticia. Se tomaron muestras de cinco

pollos por tratamiento y se evaluó en el suero niveles de fosfatasa alcalina, previamente al muestreo de sangre, se les retiró una hora antes el alimento a los animales a los 3, 7, 14, 17 y 21 días de edad.

Los datos obtenidos, se analizaron con el GLM del SAS Institute (1996), las pruebas de las medias se realizaron mediante la prueba de Tukey, utilizando el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mathbf{m} + \mathbf{S}_i + \mathbf{L}_j + (\mathbf{S}^*\mathbf{L})_{ij} + \mathbf{E}_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor de la variable de respuesta (ganancia de peso, conversión alimenticia, nivel de fosfatasa alcalina) correspondiente al i-ésimo nivel de proteína (**P_i**) y al j-ésimo tipo de aminoácido (**A_j**) en la k-ésima repetición.

m = Media general poblacional para ganancia de peso, conversión alimenticia, nivel de fosfatasa alcalina.

P_i = Efecto del i-ésimo nivel de proteína.

A_j = Efecto del j-ésimo tipo de aminoácido.

(P* A)_{ij} = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de proteína y del j-ésimo tipo de aminoácido.

E_{ijk} = Error experimental, asociado a cada una de las observaciones.

RESULTADOS

Parámetros productivos

Los resultados obtenidos se encuentran en el cuadro 2, en los efectos principales para el factor AA la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia no hubo diferencia ($P > 0.05$); para el factor pro-

teína, las aves consumieron y ganaron más peso ($P < 0.05$) con 14 y 16%, en la conversión alimenticia tampoco hubo diferencia ($P > 0.05$) para ningún factor ni entre tratamientos.

Cuadro 2. Resultados promedio obtenidos de los parámetros productivos evaluados en pollos de 0 a 21 días de edad

% Proteína	12	14	16	Promedio
		Ganancia de peso (g)		
Aminoácido	EEM	EEM	EEM	EEM
AA Totales	341 ^b ± 3.81	373 ^{ab} ± 11.47	448 ^a ± 17.57	387±13.68
AA Digestibles	334 ^b ± 16.42	397 ^{ab} ± 20.34	369 ^b ± 25.32	367±13.17
	337^b ± 8.04	385^A ± 11.67	408^A ± 19.69	
		Consumo de alimento (g)		
AA Totales	409 ± 15.73	460 ± 8.81	490 ± 29.22	453±13.67
AA Digestibles	407 ± 0.19	503 ± 31.05	502 ± 30.46	470± 18
	408^B ± 7.43	481^A ± 16.86	496^A ± 20	
		Conversión alimenticia		
AA Totales	1.24 ± 0.014	1.23 ± 0.03	1.09 ± 0.052	1.19±0.027
AA Digestibles	1.23 ± 0.05	1.27 ± 0.08	1.38 ± 0.11	1.29±0.049
	1.23 ± 0.028	1.25 ± 0.04	1.23 ± 0.076	

AA. Aminoácidos

a, b/ Medias con diferente literal por columna y fila son diferentes ($P < 0.05$)

A, B Medias con diferente literal por fila son d

Fosfatasa Alcalina

Los valores promedio obtenidos para la enzima FA se encuentran en el cuadro 3 y en las gráficas 1 y 2, a los 3, 7 y 17 días de edad, no hubo diferencia para los factores principales PC, AAT y AAD. A los 14 y 21 días, el nivel

de la FA en AAD fue mayor ($P<0.05$) que AAT, y para el factor PC a los 14 días el nivel con 14% de PC fue mayor ($P<0.05$) que 16% de PC, sin embargo, a los 21 días el nivel con 14% de PC fue mayor ($P<0.05$) que 12% de PC.

Cuadro 3. Resultados promedio totales de los muestreos de fosfatasa alcalina en sangre en pollos de 0 a 21 días de edad

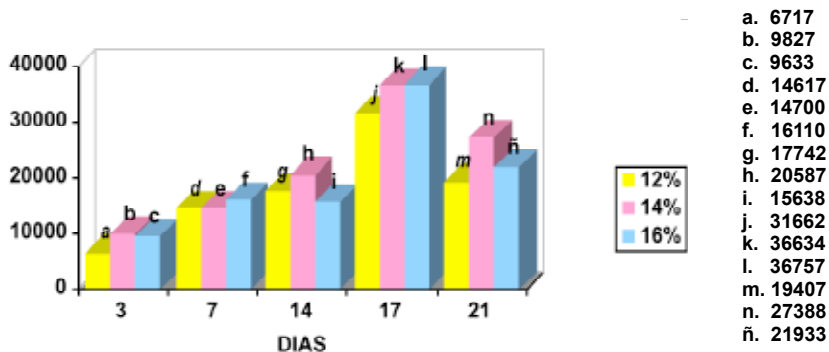
% Proteína	3 días	7 días	14 días	17 días	21 días
12	6717 ± 411	14617 ± 1626	17742 ^{AB} ±1720	31662 ± 2826	19407 ^A ±1890
14	9827 ± 458	14700 ± 748	20587 ^A ± 901	36634 ± 5700	27388 ^B ±2526
16	9633 ± 397	16110 ± 1533	15638 ^B ±2099	36757 ± 2594	21933 ^{AB} ±3644
AA Totales	8267±606	15196±1261	15328 ^A ±1339	32610±2713	18419 ^B ±1852
AA Digestibles	9184±556	15089±916	20650 ^B ±933	37425±3503	27400 ^A ±1996

AA. aminoácidos

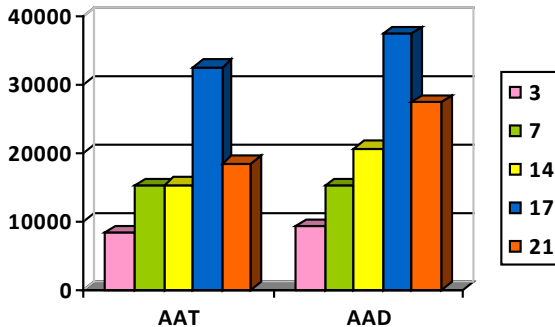
a, b/ Medias con diferente literal por columna y fila son diferentes ($P<0.05$)

A, B Medias con diferente literal por fila son diferentes ($P<0.05$)

Gráfica 1. Resultados promedio obtenidos de cada muestreo de fosfatasa alcalina (U/L), en sangre de pollos de 0 a 21 días de edad



Gráfica 2. Resultados obtenidos de cada muestreo para AAT y AAD en sangre de pollos de 0 a 21 días de edad



En el cuadro 4 se observan los valores promedio de los cinco muestreos, no hubo diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos para el factor principal de AA, los AAD tuvieron un mayor nivel de FA ($P < 0.10$) que los AAT (Gráfica 3).

Cuadro 4. Resultados promedio totales de los muestreos de fosfatasa alcalina en sangre en pollos de 0 a 21 días de edad

% Proteína	12	14	16	Promedio
Aminoácido	EEM	EEM	EEM	
AA Totales	16302 ± 2546	20043 ± 2349	17831 ± 2683	18604^a±1442
AA Digestibles	19755 ± 2218	23621 ± 3544	22482 ± 2971	21806^b±1698
	17813±1695	21827±2115	20237±2022	

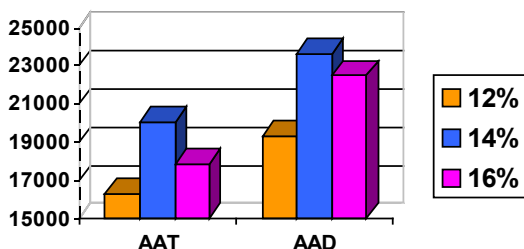
Fosfatasa Alcalina expresada en U/L.

a, b/ Medias con diferente literal por columna son diferentes ($P < 0.10$)

AA. Aminoácidos

EEM. Error estándar de la media

Gráfica 3. Niveles promedio a los 21 días de fosfatasa alcalina sérica (U/L) en pollos de engorda con dietas formuladas con aminoácidos totales y digestibles bajas en proteína

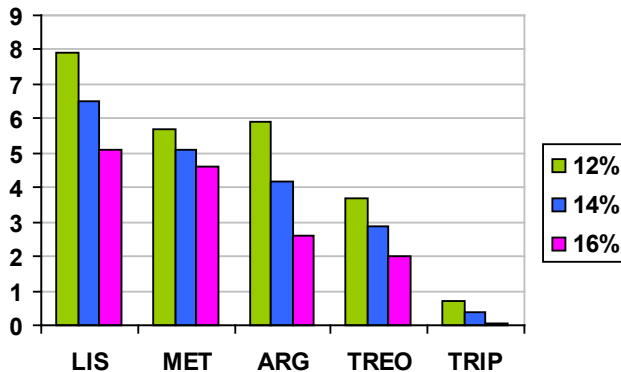


DISCUSIÓN

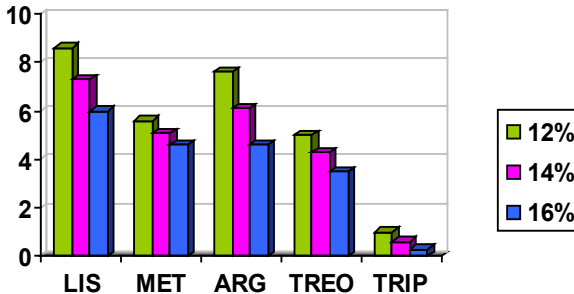
Los parámetros productivos, evaluados en el presente estudio, indican que el consumo de alimento y la ganancia de peso disminuyeron ($P < 0.05$) al bajar el nivel de proteína de la dieta, esto concuerda con lo encontrado por Morales y Leeson (2000); al reducir la proteína, el consumo de alimento y la ganancia de peso disminuyeron. Summers (1993) también disminuyó la proteína de la dieta y obtuvo que el consumo de alimento y el desarrollo de los animales se reduce. Okomura y Yamaguchi (1980) reportaron que la adición de un 3% de AA sintéticos a una dieta semipurificada y baja en proteínas también redujo el desempeño de los pollos; en estudios con cerdos Miller *et al.*, 1984, Froseth *et al.*, 1983, Wahlstrom *et al.*, 1983 y Giesting *et al.*, 1991 indican que las deficiencias de AA o las interacciones existentes entre ellos puede reducir la eficiencia de utilización de los AA de la dieta, incrementando así su catabolismo, lo cual hace que el animal vire hacia un estado fisiológico más ácido, generando una depresión potencial del crecimiento.

Los niveles promedio de la FA encontrados fueron mayores ($P < 0.10$) para los AAD que para los AAT, en las gráficas 4 y 5 se puede observar que los niveles de inclusión de AA sintéticos fueron mayores para las dietas con AAD, a excepción de metionina, parece ser que la inclusión de más sintéticos tiene relación con un mayor nivel de FA. Los aminoácidos sintéticos son 99% disponibles, sin embargo, pueden unirse con minerales como el manganeso y el fosfato de piridoxal para ser transportados más rápidamente al cuerpo como quelatos, absorbidos más rápidamente por el intestino; sin embargo, un ión metálico unido a un compuesto orgánico como quelato puede ser altamente *absorbible o indisponible para plantas y animales* al formar complejos metálicos insolubles (denominados agentes secuestrantes) (Scott *et al.*, 1982).

Gráfica 4. Niveles de inclusión de aminoácidos totales (AAT) en las dietas experimentales



Gráfica 5. Niveles de inclusión de aminoácidos digestibles (AAD) en las dietas experimentales



La actividad de la FA es disminuida en los huesos de los pollos con dietas deficientes en Mn (Scott *et al.*, 1982), sin embargo, la 1, 25 dihidroxivitamina D₃ actúa en la diferenciación del osteoblasto en la mineralización del hueso, incrementando primero la síntesis de FA, osteocalcina y colágeno tipo 1; promueve la síntesis de DNA y estimula el crecimiento; otros trabajos han demostrado lo contrario, ya que inhibe la síntesis de DNA y disminuye la proliferación de células de cartílago y la proliferación de células del hueso. Los factores del crecimiento IGFs con secuencia similar a la insulina que se transforman a factores del crecimiento (TGF- α y TGF- β), los cuales controlan la proliferación, diferenciación u otra vía de regulación de la actividad de la línea de células osteoblásticas para la formación del hueso. La actividad de la fosfatasa alcalina (marcador de la maduración fenotípica de los osteoblastos) es regulada por IGF-I y TGF- β . En los sistemas celulares donde la TGF- β inhibe la proliferación celular, la actividad de la FA está incrementada. Cuando la proliferación celular es estimulada, la actividad de la FA es disminuida. El IGF-I incrementa la actividad de la FA en los osteoblastos (Whitehead, 1992).

El obtener la respuesta sobre el incremento o decremento de la FA está en las futuras investigaciones con el balanceo de dietas de PI y un efecto en la absorción del manganeso.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio se concluye que:

1. Se afectó la ganancia de peso al reducir la proteína de la dieta de 16 a 12 por ciento.
2. El incrementar el nivel de AA sintéticos para cubrir los requerimientos de las aves en dietas, con niveles bajos de proteína, incrementa los niveles de la FA para la osificación del hueso, lo que es más evidente con el concepto de PI, donde se hace una mayor adición de sintéticos a la dieta con AAD que con AAT.

REFERENCIAS

- Abebe, S. y T. Morris, 1990a, "Note on the effects of protein concentration on responses to dietary lysine by chicks", en *Poultry Sci*, 31: 255-260.
- _____, 1990b, "Effects of protein concentration on responses to dietary tryptophan by chicks", en *Br P Sci*, 31: 267-272.
- Ángel, R., 2007, La producción de pollos Broilers y el medio ambiente: El punto de vista del sector avícola en EEUU, XXIII Curso de especialización FEDNA, Madrid, España.
- Austic, R., 1997, "Suplementación de aminoácidos para dietas bajas en proteínas y su impacto en el balance ácido-base en pollos de engorda", *Memorias del Noveno Ciclo de Conferencias sobre Aminoácidos Sintéticos*, 1-9 septiembre; Fermentaciones Mexicanas, S.A. de C.V., México.

- _____, 1985, "Implications of acid-base balance in the production of poultry", en *Proc Arkansas Nutr Conf*, p. 16.
- Baker, D. y Y. Han, 1994, "Ideal amino acids profile for broiler chicks during the first three weeks posthatching", en *P Sci*, 73: 1441-1447.
- Bowers, N. y R. McComb, 1996, "A continuous spectrophotometric method for measuring the activity of serum alkaline phosphatase", en *Clinical Chemistry*, 12: 70-89.
- Campos, A. *et al.*, 2008, Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde: Proteína Ideal, III CLANA, Congreso del Colegio Latinoamericano de Nutrición Animal, Cancún, México.
- Fernández, S. *et al.*, 1994, "Limiting order of amino acids in corn and soybean meal", en *P Sci*, 73: 1887-1896.
- Froseth, J. *et al.*, 1983, "Effects of dietary sodium level on the response to supplemental potassium of pigs fed a low lysine diet", en *J. Anim. Sci.*, 57 (Suppl. 1): 245 (Abstr.).
- Giesting, D. *et al.*, 1991, "Evaluation of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types", en *J. Anim. Sci.*, 69: 2489.
- Kerr, B., 1993, "Revisión crítica de la investigación sobre dietas bajas en proteína y suplementadas con aminoácidos para pollos de engorda", *Memorias del Quinto ciclo de conferencias sobre Aminoácidos sintéticos*, 17-19 Septiembre, Fermentaciones Mexicanas S. A. de C. V. México, DF.
- Miller, E. *et al.*, 1984, "Continued studies of the lysine sparing potential of organic salts of potassium in swine diets", en *J. Anim. Sci.*, 59 (Suppl. 1): 96 (Abstr.).
- Morales, E. y S. Leeson, 2000, "Formulación de dietas para pollos en crecimiento con energía metabolizable y neta disminuyendo la proteína y su efecto en la absorción del manganeso", *Memorias de la XXV Convención Anual ANECA*, mayo, Cancún, México.
- Moran, E. *et al.*, 1993, "Comparison of broiler strain crosses developed in the US and UK using corn and wheat based feeds: live per-

- formance and processing of males for nine piece cuts”, en *J Appl Poult Res*, 2: 26.
- Okomura, J. y K. Yamaguchi, 1980, “Effect of excess of individual essential amino acids in diets on chicks”, en *Jpn P Sci*, 17: 135.
- Sas, 1996, *Sas/STAT users guide*, Version 6.0, Cary (NC) SAS Institute INC.
- Scott, M. *et al.*, 1982, *Nutrition of the chicken*, 3a ed., M. L. Scott & Associates, Ithaca, Nueva York.
- Summers, J., 1993, “Reducing Nitrogen Excretion of the Laying Hen by Feeding Lower Crude Protein Diets”, en *Poultry Science*, 72: 1473-1478.
- Wahlstrom, R. *et al.*, 1983, “Effect of potassium and lysine supplementation on performance of young pigs fed low potassium diets”, en *Nutr. Rep. Int.*, 28: 1159.
- Whitehead, C., 1992, *Bone biology and skeletal disorders in poultry*. Poultry Science Symposium Number twenty-three, Oxford, England.