

UTILIZACION DE LOS ACEITES DE PALMA ACIDA E HIDROGENADA COMO SUSTITUTOS DEL COQUITO INTEGRAL EN LA ALIMENTACION DE POLLOS DE ENGORDE CON DIETAS COMERCIALES^{1/*}

Mario E. Zumbado **

Teresita Murillo ***

Mario G. Murillo **

Javier Solís ***

ABSTRACT

Effect of the substitution of acid or hydrogenated palm oil for full-fat palm kernel on performance of broilers fed commercial diets. An experiment was conducted with broiler chicks from 1 to 43 days-old, to determine the effect of palm acid oil (PAO, a blend of palm crude oil + distilled palm fatty acids, 45% free-fatty acids) and palm hydrogenated oil (PHO) as full or partial substitutes of full-fat palm kernel (PK). Treatments consisted of 5 diets: 1) Control with PK (8.1, 13.09, and 12.48% for starter, grower and finisher, respectively); 2)PAO (2.37, 3.39, and 3.27%); 3)PHO (same as 2); 4)PK+PAO (4.0+1.2, 6.5+1.65, and 6.25+1.60%) and 5)PK+PHO (same as 4). Diets were formulated by least cost linear programming using regular ingredients at market prices. Values of 4200 cal ME/g for PK and 7650 cal ME/g for PAO and PHO were used to balance the diets. Broilers on PK and PAO treatments showed the best cumulative body weight (BW) and feed (FC) and caloric conversion (CC) at each of the 3 phases ($P<0.05$). These were followed by the treatment PK + PAO. Broilers with PHO showed the poorest final body weight and feed conversion ($P<0.05$), probably explained by their lower feed intake during the starter and grower period and despite the recovery in feed intake and weight gain with the finisher diet. An improvement in performance better than expected was noticed when PHO replaced only half of the ME provided by PK, suggesting the existence of fatty acid synergism between both fats. Final results at 43 days for BW, FC and CC were: 2299 g, 1.84 FC and 5609 CC; 2288, 1.85, and 5640; 2052, 1.92, and 5742; 2248, 1.88, and 5705; and 2210, 1.89, and 5769 for the 5 treatments evaluated. Considering that diets with PAO and PHO were the same and using a previously determined value of 7650 cal ME/g for PAO, it was possible to approximately calculate a level of 3905 cal ME/g of PHO, based on the differences in caloric conversion between both treatments.

INTRODUCCION

Investigaciones recientes han demostrado el excelente valor del coquito o palmiste integral (CI) de palma africana como fuente de energía en alimentación avícola (Zumbado *et al.*, 1992; Zumbado y Solís, 1990; Jackson, 1993). En algunas

1/ Recibido para publicación el 5 de julio de 1995.

* Proyecto #VI, Financiado por Corporación Pipasa S.A. y Compañía Numar S.A. San José, Costa Rica.

** Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

*** Corporación Pipasa S.A. Apdo # 44-4005 Belén, Costa Rica.

épocas del año se presenta escasez y aumento del precio del CI debido a la elevada cotización de su aceite en el mercado internacional. En estas situaciones los usuarios deben buscar alternativas para sustituirlo.

El principal producto de la palma africana es el aceite crudo de palma. Aún así la utilización de esta fuente se ve limitada por su alto precio. Ello condujo en el pasado a realizar investigaciones con mezclas de aceite crudo de palma (ACP) con ácidos grasos de palma (AGP) provenientes de la deodorización del mismo aceite crudo. Estos ácidos grasos de palma tienen un menor precio en el mercado. Los resultados finales de esa investigación demostraron la factibilidad de mezclar ambos productos hasta alcanzar un nivel máximo de ácidos grasos libres de 45%, produciéndose de esa forma el denominado aceite de palma ácida (APA) para uso comercial en alimentos avícolas (Zumbado, *et al.*, 1992; Zumbado *et al.*, 1994).

Algunos fabricantes de alimentos avícolas no cuentan con equipo para almacenamiento y aplicación de aceites o grasas, especialmente de aquellas que como el ACP o el APA requieren calentamiento continuo para ser eficientemente aplicadas al alimento. En estos casos, la utilización de una grasa sólida, producida a partir de la hidrogenación de aceites como el de palma, podría ser una alternativa interesante que vendría a solucionarle el problema a esas fábricas de alimento.

El proceso de hidrogenación conduce a aumentar el grado de saturación del aceite y a la formación de isómeros de los ácidos grasos del aceite original. Ambos aspectos se mencionan como perjudiciales para la digestibilidad y para el aporte de energía metabolizable de la grasa debido a la insuficiencia de emulsificantes a nivel intestinal (Brown *et al.*, 1993; Sklan, 1979; Renner y Hill, 1961). En general, se considera que las grasas saturadas con predominancia de ácidos grasos saturados de cadena larga, (como el aceite crudo de palma entre otros) tienen una digestibilidad más pobre que aquella con ácidos grasos saturados de cadena corta como es el caso del aceite del coquito integral.

En base a lo mencionado se realizó la presente investigación con el objetivo de evaluar el uso del aceite de palma ácida (APA) y del aceite de palma hidrogenada (APH) como posibles sustitutos del CI en dietas comerciales para pollos de engorde formuladas al menor costo.

MATERIALES Y METODOS

Pollos experimentales y alojamiento

Un mil doscientos pollos de engorde, machos de 1 día de edad de la línea comercial Indian River x Indian River provenientes de un lote de reproductoras de 42 semanas de edad fueron obtenidos de la Planta de Incubación de la Corporación Pipasa S.A. en Heredia, Costa Rica.

Los pollos se alojaron en la granja experimental de la misma Corporación Pipasa S.A. en 40 grupos o repeticiones de 30 aves cada uno en compartimentos con paredes de cedazo y piso de cemento cubierto con cama de residuos o virutas de madera. Cada aparto contó con una criadora eléctrica para suministrar calor durante las 3 primeras semanas de vida de los pollos. Además, estos fueron dotados de un comedero metálico colgante, de llenado manual y un bebedero automático. El agua y el alimento se suministraron *ad-libitum* durante el período experimental. Los pollos recibieron luz durante las 24 h del día.

Tratamientos y dietas experimentales

Los 5 tratamientos evaluados consistieron en: una dieta testigo con coquito integral (CI) y 2 dietas con aceite de palma ácida (APA) y aceite de palma hidrogenada (APH). La cantidad de CI, APA y APH variaron para cada una de las etapas, inicio (0-20 días), crecimiento (21-37 días) y finalización (38-43 días), según se señala en el Cuadro 1. Las 2 dietas restantes contenían mezclas de APA+CI y APH+CI.

El CI se obtuvo directamente de la planta de procesamiento de palma africana de la compañía Palma Tica, en Parrita, Puntarenas. Este contenía 3,5% de cáscara o cuesco, material que actúa como adulterante y que permanece en el coquito después del proceso de limpieza.

El APA consistió de una mezcla comercial de aceite crudo de palma y ácidos grasos de palma en partes iguales, con un contenido máximo de 45% de ácidos grasos libres (AGL).

Este nivel de AGL resultó ser el máximo permisible en la mezcla APC + AGP para pollos de engorde según resultados de una investigación anterior (Zumbado *et al.*, 1994).

Por su parte, el APH es producido a partir de la hidrogenación química del aceite de palma.

Las dietas de inicio, crecimiento y finalización (Cuadro 1) se formularon a base de maíz amarillo y harina de soya de 48% de proteína

Cuadro 1. Composición de la dietas experimentales utilizadas al sustituir CI por APA o APH.

Dieta #	inicio			Crecimiento			Finalización		
	1	2,3	4,5	1	2,3	4,5	1	2,3	4,5
Ingredientes, %	CI	APA APH	APA+CI APH+CI	CI	APA APH	APA+CI APH+CI	CI	APA APH	APA+CI APH+CI
Maíz amarillo	53,29	58,09	55,43	53,72	62,18	57,89	59,60	67,60	63,38
Harina de soya 48%	28,04	30,39	29,15	22,98	25,60	23,96	18,05	20,59	19,10
Tortave	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	4,00	5,00
Harina carne y hueso	3,00	2,32	2,17	3,00	2,30	2,40	3,00	2,30	2,30
Carbonato de Ca	1,00	1,14	1,31	1,03	1,20	1,30	0,96	1,13	1,25
Fosfato monodivale	0,86	1,04	1,06	0,50	0,69	0,64	0,43	0,62	0,59
Sal	0,31	0,30	0,34	0,30	0,30	0,34	0,30	0,30	0,34
Metiocina, DL	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,13	0,12	0,13
Premezcla Vit. y Min. ¹	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,05	0,05	0,05
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0	0	0
Cloruro colina 60%	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
L-Lisina, HCl	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0	0	0
Promotor crecimiento	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0	0	0
CH ²	8,13	0,00	4,00	13,09	0,00	6,50	12,48	0,00	6,25
APA o APH ³	0,00	2,37	1,20	0,00	3,39	1,65	0	3,273	1,60
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Composición calculada, %									
Proteína	22,50	22,50	22,50	20,50	20,50	20,50	18,5	18,5	18,5
Metionina	0,51	0,51	0,51	0,48	0,48	0,48	0,42	0,42	0,42
AAAT ⁴	0,94	0,94	0,94	0,88	0,88	0,88	0,79	0,79	0,79
Lisina	1,18	1,18	1,18	1,04	1,04	1,04	0,86	0,86	0,86
Calcio	0,95	0,95	0,95	0,90	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85
Fósforo disponible	0,48	0,48	0,48	0,40	0,40	0,40	0,38	0,38	0,38
Grasa cruda	7,01	5,96	6,53	8,96	7,06	8,04	8,86	8,86	8,86
E.M., kcal/kg	3100	31,00	3100	3200	3200	3200	3250	3250	3250

¹ La premezcla de vitaminas y minerales aporta por kg de dieta: Vit A, 10000 UI; D3, 2400 UI; Vit E; 18 UI; Vit K 3mg; B1, 1mg; B2, 6mg; Ac. Nicotínico, 30mg; Ac. Pantoténico, 10mg; Pridoxina, 2mg; Biotina, 0,05 mg; Folacina, 0,75 mg; Vit B12, 0,12 mg; Manganeso, 80mg; Hierro, 70 mg; Cobre, 5mg; Iodo, 0,75 mg; Selenio, 0,3mg y Zing, 80 mg.

² CI: Coquito o palmiste integral de palma africana.

³ APA/APH: Aceite de Palma Ácida e Hidrogenada.

⁴ Aminoácidos azufrados totales.

cruda. Además, se utilizaron harinas de origen animal (harina de desechos totales de aves o tortave y harina de carne y hueso) en cantidades ligeramente variables para permitir ajustar la energía metabolizable de las dietas. Las dietas para los 5 tratamientos en cada fase fueron isocalóricas y con igual contenido de los nutrientes esenciales. Estas se formularon por medio de programación lineal al menor costo utilizando el programa de formulación Brill V7.0. Los cálculos del aporte energético se realizaron basados en un contenido de 4250 kcal EMV/kg de CI calculado según un nivel de cáscara de 3,5% (Jackson, 1993) y 7650

kcal EM/kg tanto para el APA (Zumbado *et al.*, 1992) como para el APH. En este último caso se asumió el mismo valor de energía metabolizable del APA para efectos experimentales.

El APA y APH (Profat) son fabricados por la Compañía Numar de Costa Rica.

Variables evaluadas

La composición de ácidos grasos de APA y APH se midió utilizando un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890. Cada aceite fue analizado por duplicado.

El consumo de alimento acumulado por parcela se midió semanalmente con el fin de reducir posibles errores de cálculo, lo mismo que el peso total escogido por mortalidad.

Con los datos de consumo de alimento y energía y el peso se calcularon las conversiones alimenticia y calórica acumulada para cada fase. Con los resultados de conversión calórica final acumulada se calculó el nivel aproximado de EM que realmente tendría el APH en relación al APA. Para realizar dicho cálculo se asumió que el único factor que afectó los resultados de conversión alimenticia y calórica en ambos tratamientos fue el nivel de energía de los aceites al ser ambas dietas exactamente iguales con la excepción del tipo de aceite incluido (APA o APH). Además se tomó en cuenta el valor de 7650 kcal EM/kg de APA determinado anteriormente (Zumbado *et al.*, 1992).

Se utilizó un diseño experimental de bloques con arreglo irrestricto al azar; los datos fueron procesados por análisis de varianza y la separación de medias se realizó por medio de la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 2 compara la composición de ácidos grasos de los aceites APA y APH. El nivel total de ácidos grasos saturados (AGS) fue muy superior en el APH tal como era de esperar debido a la hidrogenación. Predominan en este aceite los

Cuadro 2. Composición de ácidos grasos y propiedades físicas de los aceites de palma ácido (APA) e hidrogenados (APH).

Acido graso	APA	APH
	%	
C 12:0	0,34	0,36
C14:0	2,00	1,19
C16:0	44,24	51,90
C18:0	3,91	32,30
C18:1	37,10	14,10
C18:	9,32	0,00
AGS	50,49	85,39
AGI	46,42	14,10
Punto fusión	45	59
Indice Iodo	42	12

AGS: Acidos grasos saturados

AGI: Acidos grasos insaturados

AGS de cadena larga (palmítico y esteárico) mientras que en el APA el mayor nivel es de palmítico y oleico. Análisis anteriores del perfil de ácidos grasos del aceite del CI indican que este contiene cerca de 60% de ácidos laurico y mirístico, ambos ácidos grasos de cadena corta (Scheele y Zumbado, 1995).

El Cuadro 3 resume los resultados de peso vivo y conversiones alimenticia y calórica acumulados al final de cada una de las 3 fases de alimentación de pollos de engorde.

Los mejores rendimientos, tanto en peso como conversión, se obtuvieron con las dietas que contenían CI y APA siendo estos resultados estadísticamente iguales entre sí y diferentes del resto (Cuadro 3). La mezcla de CI y APA produjo resultados ligeramente inferiores comparados al uso de CI solo. Por su parte, la inclusión de APH provocó los rendimientos acumulados más pobres desde la etapa de inicio y hasta el final del experimento. Con los resultados a los 20 días de edad ya los pollos mostraron una pobre ganancia de peso y deficiente conversión alimenticia. Estas tendencias se mantuvieron a través del experimento. Los pobres resultados al utilizar APH se relacionaron especialmente con un muy bajo consumo de alimento (Figura 1).

Es sabido que el proceso de hidrogenación de los aceites produce cambios en los ácidos grasos insaturados (AGI) generándose ciertos isómeros que modifican su estructura tridimensional. Estos cambios alteran su digestión y metabolismo (Brown *et al.*, 1993), lo cual conduce a que el contenido de EM de los aceites hidrogenados se reduzca considerablemente. La reducción en la digestibilidad de aceites con altos puntos de fusión y elevado contenido de AGS de cadena larga es generalmente mayor en aves jóvenes (Young, 1961; Leeson y Summers, 1976; Scheele y Versteegh, 1987). Por el contrario, aceites con predominancia de AGS de cadena corta, como es el caso del aceite de coquito de palma, presentan una elevada digestibilidad en aves jóvenes (Renner y Hill, 1961; Howard, 1984; Zumbado y Solis, 1990).

Es posible deducir que el bajo consumo por parte de los pollos que recibieron dietas con APH en las etapas de inicio y crecimiento esta relacionado con una deficiente digestibilidad, causando ello quizás una excesiva disminución en la tasa de pasaje a nivel gastrointestinal sin que necesariamente mejore su digestibilidad debido a una deficiencia de agentes emulsificantes en el intestino. Además, la formación de jabones a nivel intestinal

Cuadro 3. Rendimientos acumulados de pollos de engorde en las diferentes etapas al sustituir CI por APA o APH.

Tratamiento ²	Inicio (0-20 días)			Crecimiento (21-37 días)			Finalización (38-43 días)		
	Peso (g)	Conversión de alimento	Conversión calórica ¹	Peso (g)	Conversión de alimento	Conversión calórica	Peso (g)	Conversión de alimento	Conversión calórica ¹
CI (Testigo)	665 a	1,46 c	4526 c	1798 a	1,76 b	5578 b	2299 a	1,84 c	5869 b
APA	654 a	1,50 bc	4650 bc	1812 a	1,77 ab	5610 ab	2288 a	1,85 bc	5900 b
APH	499 c	1,60 a	4960 a	1574 c	1,80 ab	5709 ab	2052 c	1,92 a	6132 a
APA+CI	630 b	1,51 b	4681 bc	1768 a	1,79 ab	5674 ab	2248 a	1,88 abc	5997 a
APH+CI	619 b	1,52 b	4712 b	1728 b	1,81 a	5738 a	2210 b	1,89 ab	6029 a

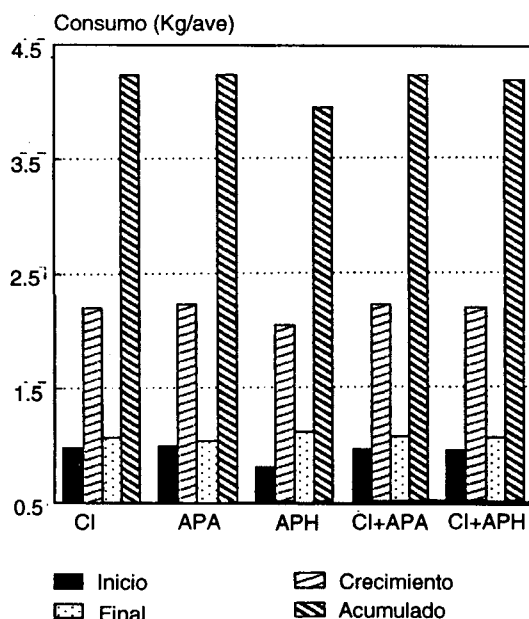
a,b: Medias en la misma columna con letras diferentes difieren entre sí ($P < 0,05$)¹ kcal consumidas por kg de peso vivo.² CI: Coquito integral, APA: Aceite de Palma Ácido, APH: Aceite de Palma Hidrogenado

Fig. 1. Efecto de APA y APH en sustitución del CI sobre el consumo acumulado.

es otro problema especialmente en pollos jóvenes debido a la reacción de ácidos grasos con minerales como el Ca. Cuando estos jabones se forman con AGS su digestibilidad se ve afectada en mayor grado que cuando la reacción es con AGI (Atteh y Leeson, 1984, Atteh y Leeson, 1985). Este proceso podría tender a agravar los problemas de digestibilidad y consumo de alimento, cosa que en apariencia ocurrió en el presente experimento,

especialmente con el APH en los períodos de inicio y crecimiento. La Figura 1 muestra la recuperación del consumo de la dieta con APH que existió en la etapa final, quizás asociado a una mejor digestibilidad.

La sustitución del CI por APA no afectó los rendimientos de los pollos. Esto indica que el valor de 7650 kcal/kg de EM asignado al APA es cercano a su valor real y probablemente acorde a su nivel de acidez (45% de AGL en APA). Trabajos de Wiseman y Salvador (1991) y de Zumbado *et al.* (1992) y Zumbado *et al.* (1994) mostraron que al aumentar el nivel de AGL en el aceite (como en el caso del APA con 45% AGL), se reduce su nivel de EM. Esto se debe a una reducción en la eficiencia de absorción de los productos de la digestión de la grasa debido a una menor secreción de bilis. Por esa razón la cantidad de ácidos grasos que entran en la fase de formación de micelas se reduce (Sklan, 1979). Es importante anotar que los niveles de aceite incluidos en las dietas experimentales son relativamente bajos comparados a los utilizados en otros trabajos (Wiseman y Salvador, 1991 y Zumbado *et al.*, 1992). Estos niveles son concordantes a los utilizados en la formulación práctica por parte de la industria fabricante de alimentos para pollos de engorde. Trabajos de Sell y Mateos (1981), y Sibbald y Ramer (1980) mostraron una reducción en la digestibilidad de ácidos grasos conforme aumentó el nivel de inclusión de grasa en la dieta. Esto es especialmente notorio cuando la proporción de AGS de cadena larga es mayor (Ketels *et al.*, 1987). Generalmente la presencia de niveles bajos de estos ácidos permite un mayor sinergismo de estos con los ácidos

grasos aportados por los ingredientes de la dieta, favoreciendo la digestibilidad y absorción de aquellos. Este efecto positivo se diluye conforme aumenta el nivel de grasa saturada agregada a la dieta.

A pesar de no ser un objetivo directo de este experimento el calcular el nivel de EM de los ingredientes evaluados, dada la magnitud de la diferencia de los resultados del APH con los otros tratamientos, es importante tener una aproximación de dicho valor. Considerando un nivel de 7650 kcal/kg de EM en APA y basados en la diferencia en conversión calórica entre ambos tratamientos, acumulada a 43 días (Cuadro 3), se estima que el valor de EM del APH es de 3905 kcal/kg. Para realizar dicho cálculo se asumió que la diferencia en el contenido de EM entre las fórmulas con APA y APH fue de 57 kcal/kg, basado en una diferencia en conversión calórica de 102 kcal/kg de peso y que todo el efecto adverso en conversión calórica se debe al aceite, dado que ambas dietas (con APA y APH) presentaban igual composición de ingredientes (Cuadro 1).

Estos resultados permiten concluir que es factible sustituir el CI por APA o combinar ambos en dietas para pollos de engorde desde la etapa de inicio en niveles similares a los que usualmente se adicionan las grasas de uso regular en alimentos comerciales. El uso del APH se ve limitado debido a su aparente pobre digestibilidad y bajo valor energético. Es recomendable estudiar la posibilidad de utilizarlo en pollos de mayor edad, como por ejemplo sólo en las dietas de crecimiento y finalización. Esto con el fin de aprovechar las ventajas en el manejo esta grasa sólida y a la vez no afectar los rendimientos de los pollos.

RESUMEN

En investigaciones previas a la presente, se comprobó el excelente valor del coquito integral de palma africana (CI) como sustituto de las grasas o aceites de uso común en dietas para pollos de engorde. Ello se debe a su elevado contenido de aceite, en el cual predominan ácidos grasos saturados de cadena corta de alta digestibilidad. El presente experimento tuvo como objetivo principal evaluar el uso de los aceites de palma ácida (APA) e hidrogenada (APH) como posibles sustitutos parciales o totales del CI en dietas comerciales para pollos de engorde. Las dietas fueron isocalóricas y formuladas con iguales niveles nutricionales utilizando

programación lineal. Los tratamientos consistieron en: 1) Dieta testigo con 8,13; 13,09 y 12,48% de coquito integral para las etapas de inicio (0 a 20 días), crecimiento (21 a 37 días) y finalización (38 a 43 días), respectivamente. 2) Dietas con las siguientes proporciones: 2,37; 3,39 y 3,27% de APA, respectivamente. 3) Dieta con APH igual que 2). 4) Dieta mixta APA + CI en las siguientes proporciones: 4,0+1,2; 6,5+1,65; y 6,25+1,60. 5) Dieta mixta de APH + CI en iguales proporciones que 4. Se asumieron valores de EM (kcal/kg) de 4200 para CI y 7650 para APA y APH. Las dietas con CI y APA presentaron la mayor ganancia de peso y mejor conversión alimenticia y calórica al final de cada una de las 3 etapas ($P < 0,05$), seguidas de las 2 dietas con las mezclas APA+CI y APH+CI. La utilización de APH solo redujo el consumo de alimento durante el período de inicio ($P < 0,05$) y los pollos mostraron los más bajos rendimientos en cada etapa y al final del experimento. Esto probablemente debido a dificultades en su digestión asociadas a su elevado contenido de ácidos grasos saturados de cadena larga. La mezcla con CI tendió a mejorar la respuesta de los pollos al uso de APH en sus dietas en una proporción ligeramente mayor a lo esperado acorde a los resultados individuales para cada tratamiento, lo que sugiere cierto sinergismo del aceite del CI con el del APH. Se concluye que el APA es una alternativa importante como posible sustituto parcial o total del CI en pollos de engorde. Cálculos basados en los resultados de conversión calórica acumulada a 43 días y considerando que las dietas con APA y APH eran iguales, indican que el APH tiene un valor aproximado de 3905 kcal EM/kg cuando se le compara a las 7650 kcal/kg del APA.

LITERATURA CITADA

- ATTEH, J.O.; LEESON, S. 1984. Effects of dietary saturated or unsaturated fatty acids and calcium on performance and mineral metabolism of broiler chicks. *Poultry Sci.* 63:2252-2260.
- ATTEH, J.O.; LEESON, S. 1985. Response of laying hens to dietary saturated and unsaturated fatty acids in the presence of varying dietary calcium levels. *Poultry Sci.* 64:520-528.
- BROWN, P.; POTTER, L.M.; WATINS, M.B.A. 1993. Metabolizable energy values of soybean oil and hydrogenated soybean oil for broilers. *Poultry Sci.* 72:794-797.

- HOWARD, A.J. 1984. Blend sources and quality control. In *Fats in animal nutrition*. Proceedings of the 37th Nottingham Easter School. University of Nottingham. Ed. Butterworths, U.K.
- JACKSON, F. 1993. Efecto del contenido de endocarpo en el palmiste integral de la palma africana sobre su valor nutritivo. Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica.
- KETELS, E.; HUYGHEBAERT, G.; De GROOTE, G. 1987. The nutritional value of commercial fat blends in broiler diets. I. Effect of the incorporation level on the metabolizable energy content. *Arch. Geflügelk.* 51:59-64.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. 1976. Fat ME values: The effect of fatty acid saturation. *Feedstuffs*, 48(46):26-28.
- SCHEELE, C.W.; ZUMBADO, M.E. 1995. Studies on the use of palm fats and mixtures of fats and oils in poultry nutrition. Part 1. Survey and analysis of fats and oils and determination of basic nutritional values of pure fats and oils. European Community Project CI1*-CT93-0319.
- SCHEELE, C.W.; VERSTEEGH, H.A.J. 1987. Synergistic effects of different supplementary oils and fats on the energy value of animal fat in broiler diets. In. 6th European Symposium on Poultry Nutrition, onigs lutter, Germany. *World's Poultry Science Ass.* p. 22-24.
- RENNER, R.; HILL, F.W. 1961. Factors affecting the absorbability of saturated fatty acids in the chick. *J. Nutrition* 74:259-264.
- SELL, J.L.; MATEOS, G.G. 1981. Influence of supplemental fat on utilization of dietary energy and rate of food passage in poultry. *Proc. Georgia Nutr. Conf.*, p. 161-176.
- SIBBALD, I.R.; RAMER, J.G. 1980. The effect of the basal diet on the utilization of fat as a source of metabolizable energy, lipid and fatty acids. *Poultry Sci.* 59:316-324.
- SLAN, D. 1979. Digestion and absorption of lipids in chicks fed triglycerides of free fatty acids: Synthesis of monoglycerides in the intestine. *Poultry Sci.* 58:885-889.
- WISEMAN, J.; SALVADOR, F. 1991. The influence of free fatty acid content and degree of saturation on the apparent metabolizable energy value of fats fed to broilers. *Poultry Sc.* 70:573-582.
- YOUNG, R.J. 1961. The energy value of fats and fatty acids for chicks. *Poultry Sci.* 40:1225-1233.
- ZUMBADO, M.E. 1990. Utilización de productos de la palma africana en la alimentación aviar. *Avicultura Profesional* 7(4):137-146
- ZUMBADO, M.E.; MADRIGAL, S.; MARIN, M. 1992a. Composición y valor nutricional del palmiste o coquito integral de palma africana (*Elaeis guineensis*) en pollos de engorde. *Agronomía Costarricense* 16(1): 83-89.
- ZUMBADO, M.E.; PEREZ, E.; GUTIERREZ, C.R. 1992b. Effect of free fatty acid level of palm oil fed at different ages to broilers. *Poultry Sci.* 71:225 (abstract).
- ZUMBADO, M.E.; GUTIERREZ, C.R.; PEREZ, E. 1994. Utilización de grasas y sus subproductos en alimentación avícola. *Nutrición Animal Tropical* 1(1):43-58.
- ZUMBADO, M.E.; SOLIS, J.R. 1990. Nutritive value of palm oil and palm kernel oil for broilers. *Poultry Sci.* 69 (suppl. 1):151 (Abstract).