

CARACTERÍSTICAS DEL FRUTO DE LA PALMA YAGUA (*Attalea butyracea*) Y SU POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN DE ACEITES

Julio Cordero¹, Williams Alemán¹, Francisco Torrellas¹, René Ruiz¹, Gustavo Nouel², Norberto Maciel De Sousa³, Miguel Espejo², Roseliano Sánchez² y Eymar Molina²

RESUMEN

Con el objeto de conocer el potencial de los frutos de la palma yagua para producción de aceites se analizaron distintas partes de frutos colectados de plantas silvestres. El potencial máximo de producción de aceite se estimó en más de 2000 kg·ha⁻¹. El epicarpio y mesocarpio posee 47,7 ± 1,37 % de materia seca (MS), 34,2 ± 0,75 % de extracto etéreo (EE), 4,8 ± 0,21 % de fenoles simples (FS), 6,9 ± 0,97 % de polifenoles totales (PT), 2,2 ± 0,15 % de taninos totales (TT) y 5,9 ± 0,57 kcal·g⁻¹ de energía bruta (EB). El aceite de epicarpio y mesocarpio posee pH de 4,7 ± 0,60 y EB 9,3 ± 0,01 kcal·g⁻¹. El ácido graso predominante en el aceite del mesocarpio fue el oléico (64 %), mientras que en el endosperma lo fue el láurico (42,9 %). Hubo un 25,8 ± 0,57 % de ácidos grasos saturados y 74,2 ± 0,91 % insaturados. El índice de yodo fue de 74,75 ± 0,21 y el de saponificación 186,65 ± 1,27. La cantidad de grasas sólidas del aceite de mesocarpio varió desde 0,31 % a 10 °C hasta 0,01 a 35 °C, sin presentar goteo. Estas características de los frutos de palma yagua indican un potencial como fuente de aceites para animales o humanos, dado que el del mesocarpio presentó cualidades que lo hacen superior al aceite de palma africana.

Palabras clave adicionales: Calidad nutricional, ácidos grasos, mesocarpio, epicarpio, endosperma

ABSTRACT

Characteristics of yagua palm (*Attalea butyracea*) fruits and their potential for oil production

The potential of yagua palm fruits for oil production was evaluated in several parts of the fruit. The maximum potential for oil production was estimated to be higher than 2000 kg·ha⁻¹. The epicarp and mesocarp have 47.7 ± 1.37 % of dry matter (DM), 34.2 ± 0.75 % of ether extract (EE), 4.8 ± 0.21 % of simple phenols (SP), 6.9 ± 0.97 % of total polyphenols (TP), 2.2 ± 0.15 % total tannins (TT) and 5.88 ± 0.57 kcal·g⁻¹ gross energy (GE). Epicarp and mesocarp oil have pH 4.7 ± 0.60 and GE 9.3 ± 0.01 kcal·g⁻¹. Among the extracted oil fatty acids profile the oleic was the predominant fatty acid in the mesocarp (64.0 %) and the lauric in the endosperm (42.9 %). There was 25.8 ± 0.57 and 74.2 ± 0.91 % of saturated and unsaturated fatty acids, respectively. The iodine index was 74.75 ± 0.21 and the saponification index 186.65 ± 1.27. The oil solid fats of mesocarp varied from 0.31 % at 10 °C to 0.01 at 35 °C, without dropping. The palm fruit showed their potential for oil production for animals or humans, since its mesocarp oil showed to be superior to that of the african plam, the mesocarp oil was higher quality.

Additional key words: Nutritive quality, fatty acids, epicarp, mesocarp, endosperm

INTRODUCCIÓN

Las palmas crecen en una amplia gama de condiciones de clima y suelos, y tienen variados usos en la alimentación de humanos y animales, así como en la construcción y elaboración de muchos utensilios de uso doméstico (Haynes y McLaughlin, 2000). La *Attalea butyracea* (yagua,

palma real, aceitera americana o corozo) se distribuye desde el sur de México hasta el centro de Bolivia, en bosques húmedos, márgenes de los ríos y sabanas, y crece espontáneamente en la Cordillera de la Costa Venezolana. El fruto es muy apetecido por roedores y por bovinos en la época seca (Gustavo Nouel, datos no publicados), así como por mamíferos en el bosque húmedo

Recibido: Noviembre 7, 2007

Aceptado: Octubre 24, 2008

¹ Ingeniería Química, Universidad Experimental Politécnica. Barquisimeto.

² Dpto. de Producción Animal, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". e-mail: gustavonouel@ucla.edu.ve

³ Posgrado de Horticultura, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: gustavonouel@ucla.edu.ve

(Kirsten, 2002).

Dado que Venezuela importa cerca del 67 % de los aceites y grasas para consumo humano y animal (CAVIDEA, 2004), se planteó este trabajo para determinar los contenidos de aceite en las distintas partes del fruto de la palma yagua en las zonas de montaña del occidente de Carabobo y oriente de Yaracuy; como cultivo alternativo para disminuir esta brecha productiva y de seguridad alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron plantas silvestres en un área del sector Los Cerajones ubicado en los límites de los municipio Miranda (estado carabobo) y Nirgua (estado Yaracuy), Venezuela, a una altitud media de 700 msnm y precipitación anual de 1700 mm. La inspección visual indicó que la densidad de plantas en la zona es de 80 a 230 palmas por hectárea y que las plantas generalmente presentan un solo racimo por planta.

Se determinó el peso y las dimensiones de los frutos de la palma colectados en cinco plantas diferentes. Los mismos fueron disectados posteriormente para separar las partes del pericarpio (epicarpio y mesocarpio) y endocarpio (Figura 1). Este último se fracturó con un martillo pesado para extraer la semilla. En muestras de epicarpio, mesocarpio y la semilla (endosperma) se determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas (C), extracto etéreo (EE) y energía bruta (EB), índice de yodo (IY), pH, índice de saponificación (IS), goteo, contenido de grasas sólidas (CGS), almidones totales (AT) y densidad según AOAC (1984); el contenido de nitrógeno, proteína cruda (Cioccia et al., 1995), fibra insoluble en detergente neutro (FIDN) y ácido (FIDA), hemicelulosa (Van Soest et al., 1991); polifenoles totales (PT), taninos totales (TT) y taninos simples (TS) según Makkar (2003). El aceite se extrajo por presión de una prensa hidráulica a 24,6 MPa. En el epicarpio, mesocarpio y endosperma se eliminaron las impurezas por centrifugado a 3000 rpm por 15 minutos y se secaron a 50 °C por 48 h; se determinó el perfil de ácidos grasos y la proporción entre saturados e insaturados por cromatografía HPLC (Eder, 1995).

Los resultados se presentan mediante estadística descriptiva incluyendo promedios,

desviación estándar, coeficientes de variación, máximos y mínimos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Endosperma

El endosperma tiene alto contenido de MS, de FIDN, de MO y de EB, un moderado a alto contenido de EE y de hemicelulosa, con un bajo contenido de PC, de C, de AT, FT, TT y FS (Cuadro 1). Esto indica que la planta acumula sus reservas de energía principalmente como grasas y no como almidones. El contenido de taninos es muy bajo. El aceite tiene un sabor y olor agradable similar al de coco.

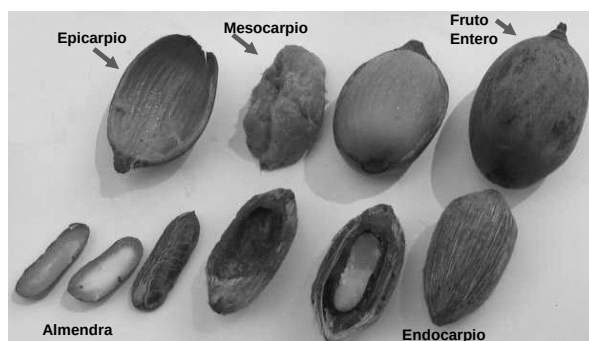


Figura 1. Fruto de palma yagua (*Attalea butyracea*) mostrando sus diferentes partes

El contenido de pared celular y de sus fracciones (FIDN, FIDA y hemicelulosa) es superior (Cuadro 1) a los valores de la palma africana reportados por Zumbado y Jackson (1996) pero inferior en PC. El porcentaje de EE en el endosperma fue 33,05; valor inferior al 47 % de aceite del endosperma de palma africana (Basri et al., 2004) o al 49-55 % de algunas variedades de coco mejoradas (Akpan et al., 2006). Fue semejante a otras semillas de oleaginosas como el lino y algodón, pero superior al de oliva cruda (McKevith, 2005).

El aceite extraído del endosperma posee niveles de energía, pH y densidad (Cuadro 2), así como de ácidos grasos (AG) saturados e insaturados (Cuadro 3), que lo hacen muy semejante al aceite destilado de palma africana (Ng et al., 2003) y a la oleofina del endosperma, superándolo en el IY (Baião y Lara, 2004). El nivel de EB de este aceite es ligeramente inferior al de los principales aceites comerciales como soya, maní, maíz y canola (9,2-9,4 Mcal·kg⁻¹) y

muy similar al de palma africana aceitera (Baião y Lara, 2004). Este aceite tiene características ligeramente superiores al aceite de copra respecto a la proporción de saturados (88 a 97 %) e insaturados (8,4 a 0,5 %), pero es menos denso el de palma yagua que el de copra (0,9-0,92 g·mL⁻¹; Akpan et al., 2006).

Hay diferencias importantes en el tipo de

AG, ya que el principal insaturado del aceite de endosperma es el láurico, seguido del oléico y el mirístico (Cuadro 3), comparado con el aceite de palma donde predomina el ácido palmítico (41,8 %, McKevith, 2005). Esto reduciría significativamente su densidad por presentar cadenas hidrocarbonadas de menor longitud.

Cuadro 1. Propiedades químicas del endosperma del fruto de la palma yagua

Fraciones en base seca	Media ± SE	CV (%)	Mínimo	Máximo
Materia seca (%)	96,09 ± 0,76	1,78	93,67	97,85
Humedad (%)	3,91 ± 0,76	43,83	2,15	6,33
Ceniza (%)	1,73 ± 0,07	8,67	1,52	1,92
Extracto etéreo (%)	33,05 ± 3,04	20,56	24,09	38,71
Fibra insoluble en detergente neutro (%)	61,58 ± 2,33	8,46	54,84	68,18
Fibra insoluble en detergente ácido (%)	44,19 ± 2,23	11,27	36,12	48,65
Hemicelulosa (%)	17,39 ± 1,89	24,32	12,00	22,02
Proteína cruda (%)	7,97 ± 0,32	8,88	7,21	9,14
Almidones totales (%)	7,33 ± 1,75	53,29	3,99	13,56
Fenoles simples (%)	0,99 ± 0,04	8,65	0,87	1,06
Fenoles totales (%)	1,46 ± 0,02	2,30	1,40	1,49
Taninos totales (%)	0,47 ± 0,03	15,58	0,40	0,56
Energía bruta (kcal·g ⁻¹)	7,213 ± 0,06	0,002	7,013	7,322

Cuadro 2. Propiedades físicas del aceite obtenido del endosperma de la palma yagua

Propiedad	Media ± SE	CV (%)	Mínimo	Máximo
Densidad (27,6 °C) g·mL ⁻¹	(0,847 ± 1,56)·10 ⁻³	0,412	0,842	0,850
pH (27,6 °C)	6,290 ± 0,08	2,897	6,060	6,540
Energía bruta (kcal·g ⁻¹)	8,743 ± 0,05	0,830	8,691	8,794

Cuadro 3. Perfil de ácidos grasos de los aceites de mesocarpio y endosperma de palma yagua extraídos por prensado hidráulico (%)

Nombre	Fórmula	Mesocarpio	Endosperma
Capróico	C 6:0	0,0	0,5
Caprílico	C 8:0	0,0	7,3
Cáprico	C 10:0	0,0	6,7
Láurico	C 12:0	0,5	42,9
Mirístico	C 14:0	0,3	13,3
Palmítico	C 16:0	22,2	8,3
Palmitoléico	C 16:1	0,0	0,0
Estearico	C 18:0	2,6	2,7
Oléico	C 18:1	64,0	14,1
Linoléico	C 18:2	2,6	3,2
Linolénico	C 18:3	7,3	0,1
Araquídico	C 20:0	0,2	0,3
Gadoléico	C 20:1	0,3	0,1
Behénico	C 22:0	0,0	0,5

El índice de saponificación en el aceite del endosperma (Cuadro 4) fue superior al del aceite de soya cruda, oliva y palma africana, lo cual podría estar asociado al menor tamaño de las cadenas de AG predominantes (Baião y Lara, 2004). Este aceite gotea a los 25,4 °C, con grasas sólidas entre 10-20 °C (Cuadro 5), por lo que tiene potencial para producir jabones o margarinas.

Epicarpio y mesocarpio

El epicarpio y mesocarpio representaron las

partes más succulentas del fruto ya que más de la mitad de su peso es agua (Cuadro 6). Ligeramente más de un tercio de la MS es EE; casi la mitad de la MS es pared celular (FIDN) y una cantidad equivalente a una sexta parte de la MS la componen la PC y los minerales (ceniza) con un bajo nivel de AA. El contenido de EB es ligeramente elevado si se le compara con los granos o semillas enteras de oleaginosas cultivadas como soya, linaza, algodón, maní y oliva (McKevith, 2005).

Cuadro 4. Porcentaje de saturación, insaturación e índices de yodo y saponificación de los aceites de palma yagua (media $\pm$ SD)

	Mesocarpio	Endosperma
Saturados	25,80 $\pm$ 0,57	78,20 $\pm$ 0,89
Insaturados	74,20 $\pm$ 0,91	21,80 $\pm$ 0,45
Índice de yodo	74,75 $\pm$ 0,21	17,58 $\pm$ 0,09
Índice de saponificación	186,65 $\pm$ 1,27	241,93 $\pm$ 1,79

Cuadro 5. Cantidad de grasas sólidas de los aceites de palma yagua

Parte del fruto	Goteo (°C)	Cantidad de grasas sólidas (%)			
		10 °C	20 °C	30 °C	35 °C
Mesocarpio	-	0,31	0,04	0,02	0,01
Endosperma	25,4	59,9	15,05	0,04	0,01

Cuadro 6. Propiedades físico-químicas del mesocarpio y epicarpio del fruto de la palma yagua

Fracciones en base seca	Media $\pm$ SE	CV (%)	Mínimo	Máximo
Materia seca (%)	47,70 $\pm$ 1,37	6,44	44,99	52,69
Humedad (%)	52,29 $\pm$ 1,37	5,88	47,31	55,01
Ceniza (%)	3,76 $\pm$ 0,09	5,38	3,51	4,042
Extracto etéreo (%)	34,22 $\pm$ 0,75	4,87	31,26	35,18
Fibra insoluble en detergente neutro (%)	49,23 $\pm$ 1,12	5,08	46,58	51,83
Fibra insoluble en detergente ácido (%)	35,95 $\pm$ 0,33	2,07	34,94	36,96
Hemicelulosa (%)	13,28 $\pm$ 0,95	15,93	10,70	15,57
Proteína cruda (%)	12,70 $\pm$ 0,12	2,04	12,37	12,96
Almidones totales (%)	5,25 $\pm$ 0,72	30,56	4,20	8,053
Fenoles simples (%)	4,76 $\pm$ 0,21	9,95	4,19	5,46
Polifenoles totales (%)	6,92 $\pm$ 0,97	9,77	5,83	7,70
Taninos totales (%)	2,16 $\pm$ 0,15	15,13	1,64	2,45
Energía bruta (kcal·g ⁻¹)	5,88 $\pm$ 0,57	2,18	5,71	6,05

En el aceite extraído del epicarpio y mesocarpio de la palma yagua (Cuadro 7) el nivel de EB es muy semejante al de las oleaginosas tradicionales como soya, maní, maíz y canola (Baião y Lara, 2004). La densidad es ligeramente inferior al aceite del endosperma, lo que se puede explicar por el mayor contenido de ácido oléico

que posee, el cual es más instaurado (o sea, presencia de dobles enlaces en las cadenas que forman la estructura del glicérido), con menor peso molecular, pudiendo formar triglicéridos de menor densidad. Esto explica también su menor índice de saponificación que lo asemeja a los aceites de oleaginosas comunes como la soya

cruda, oliva y palma africana. El IY es muy bajo y esto lo hace muy estable a la oxidación, superando

a aceites como el de oliva y de palma aceitera (Baião y Lara, 2004).

Cuadro 7. Propiedades físicas del aceite obtenido del epicarpio y mesocarpio del fruto de la palma yagua

	Media	CV (%)	Mínimo	Máximo
Densidad (27,6 °C) g·mL ⁻¹	0,839±0,00	0,27	0,84	0,84
pH (27,6 °C)	4,718±0,27	12,76	3,84	5,38
Energía bruta (kcal·g ⁻¹)	9,304±0,01	0,08	9,29	9,31

Las proporciones de AG saturados e insaturados lo asemejan con el aceite de oliva y nabo, y es superior al de ajonjolí, maní, soya, girasol y copra (McKevith, 2005; Garrido et al., 2004; Akpan et al., 2006). Tiene un elevado contenido de ácido oleico y linolénico que lo hace comparable con el aceite de oliva (Garrido et al., 2004) y contiene 6,9 % de polifenoles totales, valor muy diferente al del aceite de oliva que sólo tiene 0,05-1,00 % (Garrido et al., 2004). La coloración naranja del aceite cambia a amarillo claro a 60 °C, indicando la atenuación térmica de estos compuestos.

La composición de la fracción fibrosa del epicarpio y mesocarpio de la palma yagua es muy semejante al residuo de palmiste de la

palma africana y ligeramente superior en el contenido de proteína (Zumbado y Jackson, 1996). Esto permitiría incluir este producto como un recurso fibroso en las dietas para rumiantes con un nivel de PC intermedio, pero superior al de muchas gramíneas forrajeras comunes como maíz ensilado, pastos maduros o caña de azúcar forrajera (McDonald et al., 2002).

El mesocarpio y endosperma poseen niveles bajos de P, Na y Fe y niveles adecuados de K, Ca, Mg, Cu, Zn y Mn (Cuadro 8). En el caso del endosperma es adecuada para P, Ca, K, Mg, Cu y Mn, siendo baja en Fe y Na para alimentos a ser consumidos por rumiantes y no rumiantes (McDonald et al., 2002).

Cuadro 8. Composición mineral de las principales partes del fruto de palma yagua

	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn
	%					ppm			
Mesocarpio	0,04	1,93	0,29	0,07	0,03	10,62	9,27	0,53	5,96
SD	0,01	0,05	0,10	0,01	0,01	1,54	3,81	0,13	1,99
Endosperma	0,33	0,34	0,22	0,14	0,06	16,90	9,48	0,13	15,26
SD	0,04	0,08	0,03	0,002	0,10	2,08	0,84	0,02	1,67

De las proporciones de cada parte del fruto, el epicarpio y mesocarpio representan casi la mitad de la masa total, mientras que el endosperma constituye sólo un poco más del 5 % (Cuadro 9). Por otra parte, el endocarpio alcanza casi dos quintas partes del fruto y es un material muy lignificado, con alta proporción de MS y minerales (Cuadro 10). Esto indica que la fracción aprovechable del fruto para extraer aceites y como posible suplemento para animales se acerca al

60 % de la masa del fruto y de ésta sólo la mitad sería MS.

En base a la máxima densidad de plantas de la zona (230 palmas por hectárea) y del contenido de aceite del racimo (Cuadro 11), el potencial de producción anual de aceite sería ligeramente superior a 2000 kg·ha⁻¹. Este valor se asemeja a la producción de aceite de la palma aceitera africana y es comparable o superior al de la soya, girasol, ajonjolí o algodón (Mazzani, 1992).

Cuadro 9. Porcentaje de cada una de las partes del fruto de la palma yagua

	Mesocarpio y epicarpio	Endosperma	Endocarpio
Media	51,45	5,27	37,19
SD	3,79	1,54	6,17
CV (%)	7,38	29,25	16,63
Mínimo	37,33	2,61	21,41
Máximo	58,49	10,57	60,23

Cuadro 10. Propiedades físicas del endocarpio del fruto de la palma yagua

Fracción en base seca	Media	CV (%)	Mínimo	Máximo
Materia seca (%)	90,838 ± 0,33	0,82	90,06	91,73
Humedad (%)	9,1624 ± 0,33	8,11	8,267	9,94
Ceniza (%)	1,6131 ± 0,33	25,13	1,098	2,17

Cuadro 11. Características del fruto maduro de la palma yagua

Variable	Media	CV (%)	Mínimo	Máximo
Longitud del fruto (mm)	45,40 ± 0,38	9,34	28,23	52,52
Diámetro fruto (mm)	30,01 ± 0,39	14,71	24,76	51,44
Masa del fruto (g)	20,80 ± 0,23	12,45	14,39	28,40
Densidad del fruto (g·mL ⁻¹)	1,16 ± 0,02	19,88	1,03	2,77
Masa epicarpio y mesocarpio (g)	10,72 ± 0,15	15,22	5,65	15,48
Aceite en epicarpio y mesocarpio (g)	1,73 ± 0,02	14,43	0,93	2,43
Masa endosperma (g por endosperma fresca)	1,07 ± 0,03	26,24	0,58	2,16
Aceite en la endosperma (g)	0,34 ± 0,01	33,15	0,18	0,81
Total aceite en fruto (g por fruto fresco)	2,07 ± 0,03	13,24	1,23	2,92
Frutos por racimo	4284 ± 312	16,31	3324	5089
Aceite por racimo (kg en base fresca)	8,87 ± 0,66	16,76	5,82	12,60

CONCLUSIONES

7(3): 129-141.

La palma yagua (*Attalea butyracea*) es una planta con gran potencial para la producción de aceites y calidad similar o superior a especies de alto valor agronómico cultivadas en zonas tropicales y de clima templado. El rendimiento calculado supera a la mayoría de las oleaginosas cultivadas en el trópico, lo cual justifica estudiar la posibilidad de industrializar su aprovechamiento, consumo y cultivo.

AGRADECIMIENTO

Al CDCHT de la UCLA por financiar esta investigación mediante el proyecto 012-AG-2004.

LITERATURA CITADA

1. Akpan, E., O. Etim, H. Akpan y I. Usuh. 2006. Fatty acid profile and oil yield in six different varieties of fresh and dry samples of coconuts (*Cocos nucifera*). Pakistan J. Nutri. 5(2): 106-109.
2. AOAC. 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists, Washington DC. 1094 p.
3. Baião, N. y L. Lara. 2004. Oil and fat in broiler nutrition. Rev. Bra. Ciência Aví.
4. Basri, M., S. Akmar y I. Henson. 2004. Oil palm-achievements and potential. Proceedings of the 4th International Crop Science Congreso. Brisbane, Australia. pp. 1-13.
5. CAVIDEA (Cámara Venezolana de la Industria de Alimentos). 2004. Propuesta del sector agroindustrial para el desarrollo agroalimentario venezolano. Caracas. 55 p.
6. Cioccia, A., E. González, M. Pérez, J. Mora, H. Romer, E. Molina y P. Hevia. 1995. Application of a colorimetric method to the determination of the protein content of commercial foods, mixed human diets and nitrogen losses in infantile diarrhea. Int. J. Food Sci. Nutr. 46:21-29.
7. Eder, K. 1995. Gas chromatographic analysis of fatty acid methyl esters. J. Chromatography B. 671:113-131.
8. Garrido, A., P. García, A. López y F. Arroyo. 2004. Nutritional characteristics of olive oil and table olives. European Commission, Priority 5 on Food Quality and Safety. Madrid. 25 p.
9. Haynes, J. y J. McLaughlin. 2000. Edible

- palms and their uses. Fact Sheet MDCE-00-50-1, November 2000. University of Florida. Extension Institute Food and Agricultural Sciences. 13 p.
10. Kirsten, S. 2002. Spatio-temporal patterns of palm endocarp use by three Amazonian forest mammals: granivory or 'grubivory'? J. Trop. Ecol. 18: 707-723.
 11. Makkar, H. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A Laboratory Manual. Kluwer Academia Publishers. Dordrescht, The Netherlands 102 p.
 12. Mazzani, B. 1992. Estado actual y perspectivas del cultivo de especies oleaginosas en Venezuela y en los otros países amazónicos. Rev. Fac. Agron. (Maracay), 18:301-323.
 13. McDonald, P., R. Edwards, J. Greenhalgh y C. Morgan. 2002. Animal Nutrition. Sixth Edition. Pearson Prentice Hall. London. 693 p.
 14. McKeivith, B. 2005. Review. Nutritional aspects of oilseeds. Nutri. Bull., Bri. Nutri. Found. 30:13-26.
 15. Ng, W., P. Campbell, J. Dick y J. Bell. 2003. Interactive effects of dietary palm oil concentration and water temperature on lipid digestibility in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Lipids 38: 1031-1038.
 16. Van Soest P J, Robertson J B, y Lewis B A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy Sci. 74(10): 3583-3597.
 17. Zumbado, M. y F. Jackson. 1996. Efecto de la presencia de endocarpo en el palmiste integral (*Elaeis guinensis*) sobre su valor nutritivo. I. Nivel de endocarpo, caracterización de la fibra cruda y contenido de energía metabolizable. Agr. Costarricense 20(2): 141-144.