

COMPOSICIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA PALMA AFRICANA UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN COSTA RICA¹

Emilio Vargas^{2/}, Mario Zumbado**

Palabras clave: composición de la palma africana, subproductos, alimentación animal.

Keywords: oil palm composition, by products, animal feed.

RESUMEN

Se determinó la composición nutricional y variabilidad de la harina de coquito de palma africana extraída por solvente (HCPAS), la harina de coquito de palma africana de extracción mecánica (HCPAM), el coquito integral de la palma africana (CIPA), la grasa cruda de la palma africana (GCPA) y los ácidos grasos libres de la palma africana (AGLPA). Los resultados indicaron que la HCPAS y la HCPAM producidas en Costa Rica tienen una composición nutricional semejante a la reportada en la literatura internacional, excepto por un mayor contenido de grasa residual, con valores de 3,3 y 13,2% para los productos locales en comparación con 1,75 y 10,94% para los producidos en otros países. Asimismo, se observó una mayor variabilidad en el contenido de fibra y grasa de los productos locales. El CIPA es un material con un alto contenido de grasa (46-49%); 8-9% de proteína cruda y 10-12% de fibra; lo cual lo convierte en un producto de un alto potencial nutricional. Los valores de energía digestible en cerdos fueron de 3000, 3215 y 4780 Kcal kg⁻¹ de MS para la HCPAS, HCPAM y el CIPA, respectivamente. En aves la energía metabolizable aparente fue de 1399, 1789 y 4230 Kcal kg⁻¹ de MS. La GCPA y los AGLPA mostraron una composición típica de ácidos grasos para estos materiales, con una

ABSTRACT

Composition of oil palm byproducts used as feedstuff in Costa Rica. Palm kernel meal solvent-extracted (PKMSE), palm kernel meal expeller extracted (PKMEE), full-fat palm kernel (ffPK), crude palm oil (CPO) and palm oil free fatty acids (POFFA) nutritional quality and variability were analyzed. Results showed that PKMSE and PKMEE produced in Costa Rica have a similar nutritional composition than the ones reported in international literature, except for a higher residual fat content. PKMSE and PKMEE produced in Costa Rica have 3.3 and 13.2% residual fat, respectively; compared with 1.75 and 10.94% for the same feedstuffs produced in other countries. Likewise, fiber and fat contents in local products have a higher variability than the ones reported in literature. High contents of fat (46-49%), crude protein (8-9%) and fiber (10-12%), make ffPK a feedstuff with a high nutritional potential. Digestible energy levels for swine are 3000, 3215 and 4780 Kcal kg⁻¹ of DM in PKMSE, PKMEE and ffPK, respectively. For poultry, apparent metabolizable energy are 1399, 1789 and 4230 Kcal kg⁻¹ of DM. CPO and POFFA have the typical fatty acids composition of these products, with an unsaturated:saturated fatty acids relationship of 1.01 and 0.78, respectively. CPO digestible energy content

1/ Recibido para publicación el 5 de noviembre del 2001.

2/ Autor para correspondencia. Correo Electrónico: evargas@cariari.ucr.ac.cr

* Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, Centro de Investigación en Nutrición Animal, San José, Costa Rica.

relación ácidos grasos insaturados y ácidos grasos saturados de 1,01 y 0,78, respectivamente. El contenido de energía digestible de la GCPA en cerdos fue de 8064 Kcal kg⁻¹ de MS y la energía metabolizable aparente en aves fue de 8615 Kcal kg⁻¹ de MS. En los AGLPA, los valores observados fueron de 6859 y 5068 Kcal kg⁻¹ de MS. Se sugiere valores de los niveles por utilizar en la formulación de raciones para diferentes especies de animales de esos subproductos.

INTRODUCCIÓN

En Costa Rica y otros países tropicales, existe un conocimiento limitado sobre la composición y uso adecuado de los subproductos agroindustriales que son o pueden ser utilizados por la industria de los alimentos para animales.

Los subproductos agroindustriales son generados por las industrias, como subproductos de los procesos y manejo de los productos principales después del procesamiento. Además, muchas veces estos subproductos tienen poco interés para las industrias que los producen, por lo que los procesos productivos y manejo de éstos no están bien estandarizados o varían entre las empresas productoras y entre los países. Estas fuentes de variación, la pobre descripción de cada uno de los subproductos utilizados como alimento para animales en los diferentes países, la práctica de reportar la información como promedios sin indicar el número de muestras ni la variabilidad en los datos de composición, contribuyen a que la interpretación y utilización de la información publicada sea difícil y confusa (Belyea *et al.* 1989, Arosemena *et al.* 1995, Vargas 2000). Por ello, es necesario conocer la composición de estas materias primas, la variabilidad en su composición y una adecuada descripción del material y el proceso utilizado en su producción.

Un grupo de productos importantes para la industria de alimentos balanceados son los subproductos derivados de la extracción del aceite de la fruta de la palma africana, los cuales se indican en la figura 1. Destacan en este esquema, el coquito integral sin endocarpo, la torta de coqui-

for swine is 8064 Kcal kg⁻¹ of DM and apparent metabolizable energy for poultry is 8615 Kcal kg⁻¹ of DM. For POFFA, values of 6859 and 5068 Kcal kg⁻¹ of DM were obtained, respectively. Inclusion levels of these byproducts in ration formulation are suggested for different animal species.

to extraída por solvente o por prensa, así como los aceites crudos del endosperma (coquito) y del mesocarpo (parte externa del fruto) del fruto de la palma africana. Otros productos como la fibra de la prensa, el racimo o pinzote y los efluentes tienen un valor nutritivo limitado y existe poco conocimiento sobre ellos.

El objetivo de este estudio fue describir el proceso de producción, conocer la composición nutricional y determinar la variabilidad de los principales subproductos de la palma africana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras para los estudios aquí descritos fueron recolectadas en diferentes partes del país por un período de 15 años y forman parte de la base de datos del Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica. Otros datos fueron tomados de la literatura.

Análisis

La determinación de humedad, fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), cenizas (C) y proteína (PC) se hizo por medio de los métodos del AOAC (1990); el P se obtuvo mediante la técnica de Fiske y Subbarow (1925), modificada por Fick *et al.* (1976), el Ca, K, Na, Mn, Co, Mg, Zn y Fe por el método de Fick *et al.* (1976); el P nítido se determinó por el método propuesto por Davies y Oplin (1979), modificado por Koss

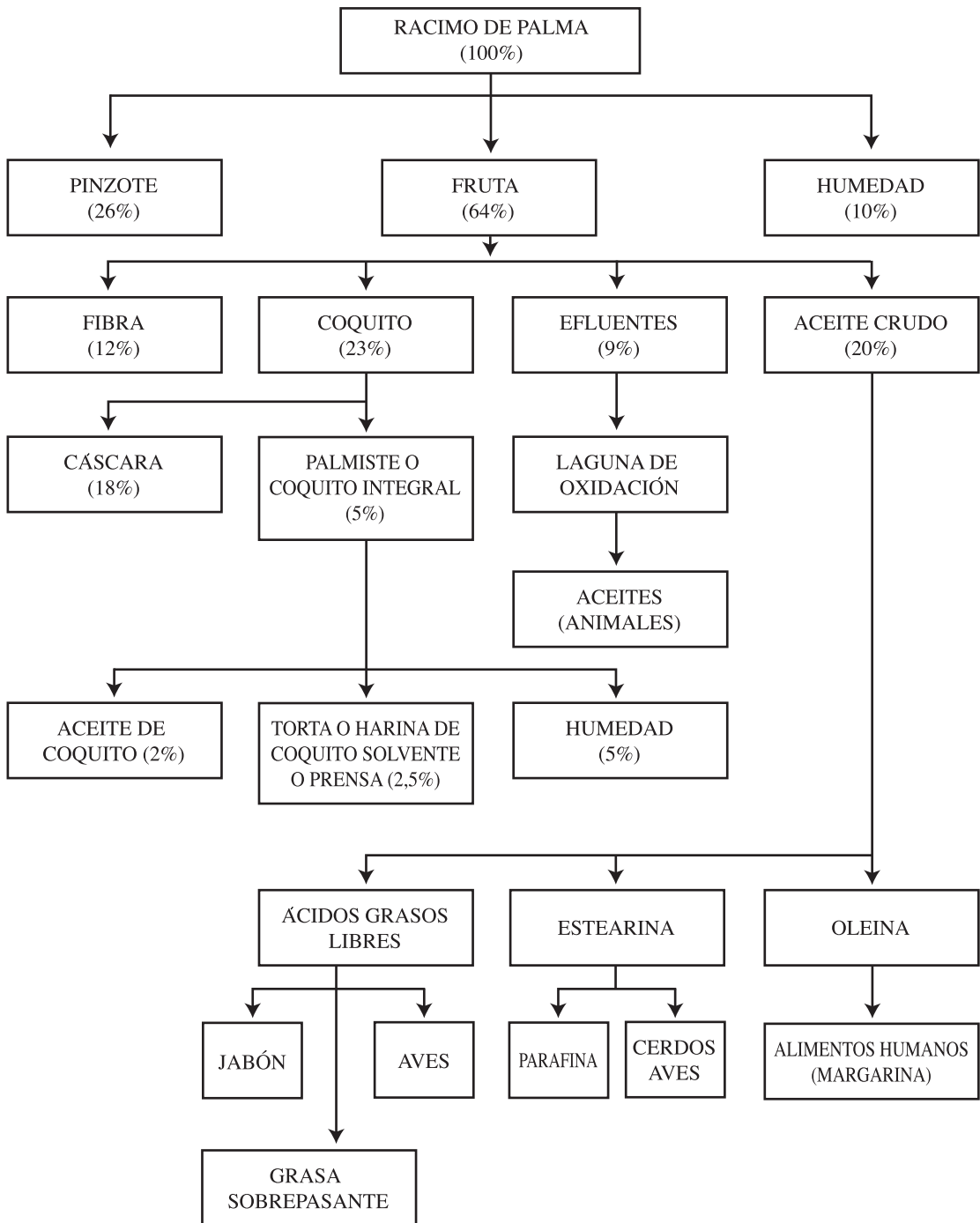


Fig. 1. Productos y subproductos en el procesamiento de la palma africana.

(1979) y por Lobo (1985); las fracciones de la pared celular y los carbohidratos no fibrosos (CNE), según la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991). La energía digestible (ED), metabolizable (EM) y el total de nutrimentos digestibles (TND), se estimaron mediante las ecuaciones de regresión de Fannesbeck *et al.* (1984). Otros nutrimentos fueron tomados de la literatura consultada.

Descripción de los subproductos

Para que los resultados de los análisis puedan ser utilizados eficientemente en la práctica, a continuación se define algunos conceptos según la nomenclatura utilizada en Costa Rica.

Coquito integral de palma africana (CI-PA). Está compuesto por la nuez interna (endosperma) de la fruta de la palma africana, a la cual se le eliminó en forma mecánica la cáscara dura que lo rodea (endocarpo). Este material contiene toda la grasa de la nuez y partículas del endocarpo, las cuales se quedan adheridas a la nuez en el proceso mecánico de descascarado. La cantidad de cáscara adherida es variable y en Costa Rica fluctúa de 3-13% con una media de 7,5%, lo cual afecta la composición del producto. Este material para ser incorporado a las raciones balanceadas para animales, es molido utilizando mallas de 3,36 mm (1/8") a 6,72 mm (1/4").

Harina de coquito de palma africana extraído por solvente (HCPAS). Está compuesta por el coquito integral de palma africana descrito anteriormente, al cual se le extrae el aceite que contiene mediante solventes, generalmente hexano. Este subproducto es bajo en grasa y su composición también es afectada por la cantidad de cascarilla residual que contenga el coquito integral.

Harina de coquito de palma africana extraído por prensa (HCPAM). Está compuesta por el coquito integral de palma africana descrito anteriormente, al cual se le extrae el aceite que contiene mediante prensa (expeller). Este subproducto es alto en grasa y su composición también es afectada por la cantidad de cascarilla residual que contenga el coquito integral y de grasa remanente del proceso de extracción, que es muy variable.

Grasa cruda de palma africana (GC-PA). Está compuesta por el aceite sin refinar (crudo) de la parte externa carnosa (mesocarpo) del fruto de la palma africana. Este material varía en su contenido de ácidos grasos libres, humedad e impurezas presentes. Tiene un alto contenido de carotenos.

Ácidos grasos libres de la palma africana (AGLPA). Está compuesta principalmente por el subproducto obtenido en el proceso de desodorización (soapstock) del aceite crudo de palma el cual es tratado con hidróxido de sodio y agua, posteriormente neutralizado con ácido sulfúrico y vapor, centrifugado y secado. Es un producto con un punto de fusión alto.

Grasas de efluentes de la industria. Es un subproducto recolectado de las lagunas de oxidación de las plantas procesadoras de aceite de palma africana, compuesto principalmente por aceite crudo de palma y ácidos grasos libres. El agua en exceso es drenada en los puntos de recolección y luego deshidratado en plantas de procesamiento hasta una humedad menor de 3%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química promedio de cada subproducto, así como el número de muestras estudiadas o tomadas de la literatura y la desviación estándar (DE) observada, se presentan en los cuadros 1-8. Los datos de los subproductos provenientes del coquito o palmiste (endosperma) y los aceites se discutirán por separado:

Subproductos del coquito de palma africana

El cuadro 1 presenta el análisis proximal de las HCPAS, HCPAM y del CIPA producido en Costa Rica y lo reportado en la literatura internacional. La información indica que la HCPAS producida en Costa Rica contiene mayor concentración de fibra cruda (FC) y extracto etéreo (EE), que el producto similar encontrado en la literatura, especialmente de Asia y Africa (Hutagalung *et al.* 1981, Yeong 1983, FAO 1989, Novus 1994). Asimismo, se observa que la variabilidad de la FC y el EE, en términos de DE es mayor en

Cuadro 1. Composición de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca).

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n	X	DE	n	X	DE	n
Datos del CINA (Costa Rica)*									
Materia seca, %	90,00	1,11	5	93,80	2,54	58	91,47	1,61	59
Proteína cruda, %	17,50	1,99	5	15,74	1,77	52	9,14	0,67	8
Fibra cruda, %	18,50	5,34	5	18,41	4,70	44	10,80	3,13	8
Extracto etéreo, %	3,30	1,49	5	13,15	5,0	27	49,87	3,86	9
Cenizas, %	4,10	0,44	5	3,67	0,52	34	2,13	0,67	8
ELN, %	55,60	5,82	5	48,35	5,38	27	25,88	3,37	6
Datos del CINA y literatura**									
Materia seca, %	89,98	1,16	11	91,28	1,73	13	91,57	1,12	10
Proteína cruda, %	17,34	2,24	11	17,06	3,14	13	8,78	0,45	10
Fibra cruda, %	16,90	2,32	11	18,51	6,02	13	12,14	2,40	10
Extracto etéreo, %	1,75	0,87	11	10,94	4,02	13	46,44	4,38	6
Cenizas, %	4,02	0,40	11	4,31	0,56	13	2,00	2,00	5
ELN, %	59,91	4,48	11	48,55	6,24	13	29,50	2,77	5

HCPAS= harina de coquito de palma africana extraída por solvente, HCPAM= harina de coquito de palma africana extraída por prensa; CIPA= coquito integral de palma africana integral sin exocarpo.

ELN= extracto libre de N.

* n= (número de muestras) se refiere a datos individuales de muestras.

** n= se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

los valores encontrados en Costa Rica. Debe indicarse que los datos recopilados en Costa Rica para esta materia prima son pocos, y que los datos de la literatura corresponden a promedios, lo cual afecta el análisis de variabilidad. La mayor cantidad de FC observada en Costa Rica, se debe a la presencia de residuos de cáscara de la nuez (endocarpo), que quedan en el proceso industrial. Esta concentración mayor de FC afecta el contenido de energía de este material, el cual se compensa por la presencia de mayor contenido de grasa (EE).

La composición de la HCPAM producida en Costa Rica es muy semejante a la de los datos encontrados en la literatura (Nwokolo *et al.* 1976, Fetuga *et al.* 1977, Lekule *et al.* 1990, Novus 1994, Onwudike 1986), excepto que el contenido de EE es 20% mayor en las harinas producidas en Costa Rica (13,2 vs 10,9%). Se observó gran variabilidad en el contenido de nutrimentos, especialmente en FC y EE, tanto en los productos producidos en Costa Rica, como los reportados en la literatura.

La mayor parte de los datos de composición del CIPA indicados en este documento, fueron generados en la Universidad de Costa Rica y reportados por varios autores (Zumbado *et al.* 1992, Zumbado y Jackson 1996, Zumbado 1989, Rojas *et al.* 1987, Jackson y Zumbado 1996, Jackson 1993). El producto se destaca por su contenido de grasa alto (45-50%) y un nivel de PC de 9% en base seca. Una de las características de este producto, es su variabilidad en el valor de FC, lo cual se debe a la presencia de cantidades diferentes de cáscara (endocarpo) residual de la nuez en el proceso industrial de descascarado. Jackson (1993), encontró un contenido de cáscara (endocarpo) residual entre 3 y 13%, con una media de 7,48%, la cual afecta su valor nutritivo. Además, por cada 1% de cáscara presente en el CIPA, se disminuye en 21,5 Kcal kg⁻¹ el contenido de energía metabolizable (EM) para aves.

El fraccionamiento de la fibra de los subproductos del coquito de la palma africana se presenta en el cuadro 2. La HCPAS es el producto con mayor contenido de FDN, FDA y lignina,

Cuadro 2. Fraccionamiento de la fibra de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca).

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n *	X	DE	n*	X	DE	n**
Materia seca, %	89,89	1,50	8	91,31	1,98	10	91,7	0,30	8
Fibra cruda, %	16,70	2,80	6	18,60	1,77	8	13,00	1,18	3
FDN, %	69,73	8,69	6	66,82	5,87	6	45,5	1,16	8
FDA: %	43,70	6,55	8	41,71	2,90	8	31,34	1,35	8
Lignina, %	12,73	2,68	3	8,57	1,86	3	11,29	1,34	8
Silica, %	0,54	---	1	---	---	0	0,14	0,08	8
CNF, %	9,76	5,01	5	3,77	2,80	3	0,0	---	8

HCPAS= harina de coquito de palma africana extraída por solvente, HCPAM= harina de coquito de palma africana extraída por prensa; CIPA= coquito integral de palma africana integral sin exocarpo.

FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; CNF= carbohidratos no fibrosos.

* n= (número de muestras) se refiere a datos individuales de muestras.

** n= se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

seguido por la HCPAM y el CIPA, el cual por su contenido mayor de EE diluye los valores de fibra. Destaca en estos 2 productos el contenido bajo de CNF, con valores de 9,8, 3,8 y 0% para la HCPAS, HCPAM y CIPA, respectivamente. Cruz (2000), encontró valores muy altos de FDN, FDA y lignina en HCPAS en Costa Rica, con valores de 84,5, 57,3 y 15,6%, respectivamente. Por su alta concentración de FDN, FDA y lignina, la HCPAS y HCPAM son utilizadas fundamentalmente en la alimentación de rumiantes y en poca concentración en la alimentación de monogástricos.

El contenido de energía de los diferentes productos derivados del coquito de la palma africana, para cerdos, bovinos y aves se presentan en el cuadro 3. Destaca en los datos el contenido alto de energía del CIPA con valores de energía digestible (ED) de 4780 y 4964 Kcal kg⁻¹ de MS para cerdos y rumiantes, respectivamente (Zumbado y Jackson 1995). En aves, según Zumbado *et al.* (1999) el valor es de 4230 Kcal kg⁻¹ de EM aparente. La HCPAM, por su contenido mayor de grasa en relación con la HCPAS, tiene más energía para todas las especies (Lekule *et al.* 1990, Onwudike 1988, Babatunde *et al.* 1975, Nwokolo *et al.* 1976, Yeong *et al.* 1981, Novus 1994).

Respecto al contenido de minerales no existe mucha información disponible, los datos indican que los subproductos de la palma son bajos en la mayoría de los minerales importantes, con excepción del Fe y Mn en donde se ob-

serva valores de más de 300 y 200 mg kg⁻¹ de MS, respectivamente (Cuadro 4)(Novus 1994, Yeong *et al.* 1981).

Los datos correspondientes a los aminoácidos presentes en los subproductos de la palma africana fueron tomados de la literatura (Novus 1994, Hutagalung *et al.* 1981, Yeong *et al.* 1981, Nwokolo *et al.* 1976, Fetuga *et al.* 1977, Babatunde *et al.* 1975, Onwudike 1986) y se presentan en el cuadro 5. Según el análisis de los datos estos alimentos tienen como aminoácidos limitantes la lisina, la treonina y los azufrados totales.

Aceites derivados de la palma africana

Este grupo de subproductos está formado por la grasa cruda de palma (GCPA), los ácidos grasos libres de palma (AGLPA) y las grasas de efluentes de la industria de la palma africana. El cuadro 6 presenta las características físico-químicas de estas grasas. Todos los productos tienen un contenido de humedad bajo, lo cual indica que los procesos para producir cada producto está bien controlado para mantener la humedad baja y con ello evitar problemas futuros de oxidación de las grasas. La humedad, las impurezas y los inaponificables (MIU), en todas las grasas, estuvo por debajo de 1%, esto representa un buen valor para las grasas de consumo animal (National Renderers Association 1993). Los ácidos grasos libres, son muy altos en los AGLPA. Este producto

Cuadro 3. Contenido de energía de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca).

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n**	X	DE	n**	X	DE	n*
Materia seca, %	89,85	1,32	8	91,46	1,72	11	91,47	1,61	59
Proteína cruda, %	17,11	2,12	8	17,87	2,29	11	9,14	0,67	8
Extracto etéreo, %	1,93	0,86	8	9,68	2,58	11	49,87	3,86	9
Fibra cruda, %	16,63	1,83	7	16,50	4,42	11	10,80	3,13	8
Cerdos									
ED, Kcal kg ⁻¹	3007	10	2	3216	188	4	4780	---	1
EM, Kcal kg ⁻¹	2867	---	1	3021	271	5	---	---	---
Rumiantes									
TDN	73	3	5	73	5,78	5	113	3	6
ED, Kcal kg ⁻¹	3382	212	6	3418	54	5	4964	154	6
EM, Kcal kg ⁻¹	2931	212	5	2912	87	6	4563	155	6
Aves									
EMA, Kcal kg ⁻¹	1399	331	4	1789	759	3	4230	1	---
EMn, Kcal kg ⁻¹	1296	---	1	2198	575	2	---	---	---
EMV, Kcal kg ⁻¹	1670	---	1	---	---	---	---	---	---
EmVn, Kcal kg ⁻¹	---	---	---	---	---	---	4627	150	10

HCPAS= harina de coquito de palma africana extraída por solvente, HCPAM= harina de coquito de palma africana extraída por prensa; CIPA= coquito integral de palma africana integral sin exocarpo.

* n= (número de muestras) se refiere a datos individuales de muestras.

** n= se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

Cuadro 4. Contenido mineral de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca).

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n*	X	DE	n*	X	D	n*
Materia seca, %	88,92	0,95	6	91,44	1,75	5	94,2	---	1
Calcio, %	0,29	0,02	7	0,27	0,07	4	0,15	---	1
Fósforo, %	0,69	0,07	7	0,61	0,09	4	0,37	---	1
Fósforo disponible, %	0,19	0,08	3	0,20	---	1	0,14	---	1
Cloro, %	0,17	0,04	5	0,49	0,29	3	0,11	---	1
Magnesio, %	0,38	0,12	7	0,29	0,03	4	0,19	---	1
Potasio, %	0,85	0,42	6	0,61	0,14	4	0,37	---	1
Sodio, %	0,02	0,01	6	0,09	0,05	4	0,01	---	1
Azufre, %	0,30	0,03	3	0,32	---	1	---	---	---
Hierro, mg kg ⁻¹	306,80	87,43	5	402,00	264,70	3	---	---	---
Zinc, mg kg ⁻¹	67,33	19,49	6	49,75	6,60	4	---	---	---
Cobre, mg kg ⁻¹	30,71	3,15	7	27,75	4,19	4	19	---	1
Manganeso, mg kg ⁻¹	222,00	57,90	6	208,50	72,43	4	138	---	1
Selenio, mg kg ⁻¹	0,13	0,01	3	---	---	---	---	---	---
Yodo, mg kg ⁻¹	1,23	0,06	3	---	---	---	---	---	---
Cobalto, mg kg ⁻¹	0,14	0,02	3	0,12	0,00	2	---	---	---

HCPAS= harina de coquito de palma africana extraída por solvente, HCPAM= harina de coquito de palma africana extraída por prensa; CIPA= coquito integral de palma africana integral sin exocarpo.

*n= se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

Cuadro 5. Contenido de aminoácidos de algunos subproductos de la palma africana (% en base seca).

	HCPAS			HCPAM			CIPA		
	X	DE	n *	X	DE	n*	X	DE	n *
Materia seca, %	89,27	0,89	6	91,20	0,97	6	94,6	0,57	2
Proteína cruda, %	19,18	1,78	6	19,01	1,87	6	8,95	1,34	2
Metionina, %	0,36	0,03	6	0,35	0,06	6	0,19	0,03	2
AAA	0,65	0,12	5	0,59	0,04	4	0,34	0,07	2
Lisina, %	0,64	0,06	6	0,66	0,06	6	0,31	0,04	2
Triptofano	0,19	0,05	6	0,18	0,05	4	0,31	0,00	2
Treonina, %	0,63	0,04	6	0,65	0,07	6	0,2	0,00	2
Arginina, %	2,56	0,29	6	2,60	0,19	6	0,15	0,11	2
Histidina, %	0,38	0,11	6	0,38	0,06	6	0,28	0,06	2

HCPAS= harina de coquito de palma africana extraída por solvente, HCPAM= harina de coquito de palma africana extraída por prensa; CIPA= coquito integral de palma africana integral sin exocarpo.

* n= se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

Cuadro 6. Algunas características físico químicas de las grasas derivadas de la palma africana.

Tipo de grasa	Acidos grasos libres (%)	Humedad (%)	MIU (%)	Extracto etéreo (%)
Acidos grasos libres de la palma extraídos por destilación	91,7	0,72	0,85	98,7
Grasas de efluentes de la industria	8,0	0,89	0,99	99,9
Grasa cruda de palma africana	4,9	0,62	0,82	99,9

Zumbado *et al.* (1999).

es obtenido por una destilación durante el proceso de refinación del GCPA y solo cantidades pequeñas de aceite neutro y triglicéridos se mezclan con los ácidos grasos libres. Los otros aceites muestran contenidos de ácidos grasos libres relativamente bajos y adecuados para este tipo de productos.

El perfil de ácidos grasos del GCPA, la grasa cruda de coquito de palma africana (GCCPA) y los AGLPA se presentan en el cuadro 7. La GCCPA es la más saturada de los productos reportados, tiene un índice de ácidos grasos saturados (AGS)/ácidos grasos insaturados (AGI) de 0,23. Se observa que esta grasa contiene 68,4% de los ácidos grasos con menos de 16 carbonos, lo cual favorece su absorción (Zumbado 1990, 1998). La composición del perfil de ácidos grasos de la GCPA fue discutida por varios autores y muestra poca variación (Zumbado *et al.* 1999, Scheele *et al.* 1994, Rosell *et al.* 1985, Valencia

et al. 1993). Los principales ácidos grasos del GCPA y AGLPA son el palmítico y el oleico y representan 82,7 y 76,7% del total de ácidos grasos presentes en esas grasas, respectivamente. Como se indica en el cuadro 7, la GCPA contiene una relación AGI/AGS de 1, mientras que en los AGLPA esta relación es de 0,78.

Sobre el valor energético de las grasas de la palma africana para las diferentes especies de animales, existe poca información publicada en la literatura. El cuadro 8 presenta algunos datos disponibles. En relación con la GCPA, la energía metabolizable corregida por N (EMn) para aves fue de 6629 y 6871 con una media de 6433 Kcal kg⁻¹ de grasa (Zumbado *et al.* 1999). Por su parte Hutagalung *et al.* (1981) y Yeong y Mukjerjee (1983) indicaron valores de energía metabolizable aparente en aves (EMA) de 8800 y 8430 Kcal kg⁻¹ de grasa, respectivamente con una media de 8615 Kcal kg⁻¹ de grasa. En cerdos, según

Cuadro 7. Composición de ácidos grasos de algunos subproductos de la palma africana (G 100 g⁻¹ de grasa).

	GCPA			GCCPA			AGLPA		
	X	DE	n *	X	DE	n*	X	DE	n*
C8:0	0,1	---	1	3,40	0,50	7	0,04	---	1
C10:0	0,2	---	1	3,41	0,45	7	0,06	---	1
C12:0	0,50	0,88	6	45,71	1,61	7	0,54	0,05	2
C14:0	1,17	0,26	7	15,91	1,03	7	1,43	0,1	2
C16:0	43,26	1,12	7	8,47	0,78	7	45,04	0,34	2
C16:1	0,18	0,10	7	0,02	---	1	0,31	0,01	2
C18:0	4,33	0,24	7	2,34	0,26	7	4,28	0,16	2
C18:1	39,43	0,46	7	15,36	1,14	5	31,64	0,66	2
C18:2	10,41	0,52	7	2,72	0,20	5	7,98	0,11	2
C18:3	0,30	0,06	7	0,10	0,00	2	0,23	0,04	2
Otros	0,63	0,35	6	0,45	0,46	4	2,44	---	1
AGS	49,77	0,92	7	78,82	3,50	5	52,04	1,19	2
AGI	50,26	0,92	7	18,18	1,21	5	40,70	0,28	2
AGI/AGS	1,01	0,04	7	0,23	0,02	5	0,78	0,01	2

GCPA= grasa cruda de la fruta de la palma africana; GCCPA= grasa cruda del coquito de palma africana; AGLPA= ácidos grasos libres del aceite del palma africana (subproducto obtenido después del proceso de destilación para la desodorización del aceite crudo de palma).

* n= se refiere al número de referencias bibliográficas consultadas de las cuales se tomó los datos.

Cuadro 8. Contenido de energía de algunos aceites derivados de la palma africana (base seca).

	GCPA			GCCPA			AGLPA		
	X	DE	n **	X	DE	n**	X	DE	n*
Cerdos									
ED, Kcal kg ⁻¹	8064	34	4	8450	211	2	6859***	---	1
EM, Kcal kg ⁻¹	7931	431	5	8112	203	2	6584***	---	1
Rumiantes									
TDN	---	---	---	213	---	1	---	---	---
ED, Kcal kg ⁻¹	---	---	---	---	---	---	---	---	---
EM, Kcal kg ⁻¹	---	---	---	7239	---	1	---	---	---
Aves									
EMA, Kcal kg ⁻¹	8615	262	2	7718	157	2	5068	---	1
EMn, Kcal kg ⁻¹	6433	562	3	8396	503	2	---	---	---
EMV, Kcal kg ⁻¹									

GCPA= grasa cruda de la palma africana;

GCCPA= grasa cruda del coquito (Palmiste) de la palma africana;

AGLPA= ácidos grasos libres del aceite del palma africana (subproducto obtenido después del proceso de destilación para la desodorización del aceite crudo de palma).

* El número de muestras se refiere a muestras individuales.

** El número de muestras se refiere al número de referencias en las que se encontró datos.

*** Valores calculados mediante la siguiente ecuación:

$$ED_{\text{cerdos}} = 36,898 - (0,005 \times \text{FFA}) - (7,330 \times e^{-0,906 \times \text{U:S}}) / 4,184$$

$$EM_{\text{cerdos}} = ED \times 0,96$$

FFA= ácidos grasos libres

U:S = Relación entre ácidos grasos insaturados/saturados.

Cuadro 9. Recomendación de concentraciones a utilizar de subproductos de la palma africana en raciones para diferentes especies animales (% de la ración).

Especie animal	Materia prima				
	HCPAS	HCPAM	CIPA	GCPA	AGLPA
Cerdos					
Pre-inicio	---	---	5	3-5	---
Inicio	5	5	---	3-5	---
Desarrollo	7	7	3	3	---
Engorde	10	10	7	5	---
Gestación	15	15	---	---	---
Lactación	5	5	5-10	5	---
Aves					
Pollo inicio	3	3	8	2	0
Pollo desarrollo	5	5	10	3	2
Pollo finalizador	7	7	12-15	4	2
Gallina inicio	5	5	8	2	0
Gallina desarrollo	10	10	12	3	2
Gallina postura	5	5	10	5	3
Bovinos					
Terneros inicio	5	5	---	2	2
Terneros desarrollo	10	10	3	2	2
Vaca producción	20	20	4	3	3
Vacas secas	30	30	3	---	---
Novillas	20	20	3	---	---
Toros	20	20	4	---	---
Equinos					
Potos	5	5	---	---	---
Adultos	10-15	10-15	---	---	---

Hutagalung *et al.* (1981) mostró una media de 8037 Kcal kg⁻¹ de grasa de ED; en este estudio el valor estimado mediante la ecuación de Powles *et al.* (1995), fue de 8090 Kcal kg⁻¹ de grasa. La media general estimada de ED fue de 8064 Kcal kg⁻¹ de grasa. La EM indicada por estos mismos autores fue de 7931 Kcal kg⁻¹ de grasa. Sobre la GCCPA, según Novus (1994) tiene niveles de ED y EM de 8450 y 8112 Kcal kg⁻¹ de grasa, respectivamente. En ruminantes se reporta una EM de 7239 Kcal kg⁻¹ de grasa y en aves los valores de EMA y la Emn en pollos, fue de 7718 y 8396 Kcal kg⁻¹ de grasa, respectivamente.

En los AGLPA, la EM en aves según Zumbado *et al.* (1999), tiene un valor de 5068 Kcal kg⁻¹ de grasa. En cerdos, mediante la ecuación de Powles *et al.* (1995), se encontró un va-

lor de 6859 y 6584 Kcal kg⁻¹ de grasa de ED y EM, respectivamente.

El cuadro 9 presenta una recomendación de los niveles a utilizar de los subproductos de la palma, en los alimentos balanceados para las diferentes especies animales. Estos datos son el resultado de la experiencia en el uso de estos subproductos en la formulación de raciones para animales y deben tomarse como una guía.

LITERATURA CONSULTADA

- AROSEMENA A., DEPETERS E.J., FADEL J.G. 1995. Extent of variability in nutrient composition within selected by-product feedstuffs. *An.Feed Sci. and Technol.* 54: 103-120.

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). 1990. Official methods of analysis of the AOAC. 13 Th. ed. Washington, D. C.
- BABATUNDE M., FETUGA G., ODUMOSU O., OYENUGA V. 1975. Palm kernel meal as the major protein concentrate in the diets of pigs in the tropics. J. Sci. Fd. Agric. 26: 1279-1291.
- BELYEA R.L., STEEVENS B.J., RESTREPO R.J., CLUBB A.P. 1989. Variation in composition of by products feeds. J. Dairy Sci. 72: 2339-2345.
- CRUZ M.M. 2000. Evaluación de la calidad nutricional y económica de los subproductos agroindustriales fibrosos utilizados por la industria de alimentos para animales en Costa Rica. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 163 p.
- DAVIES N., OPLIN S. 1979. Studies on the phytate: zinc molar contents in diets as a determinant of zinc availability to young rats. Br. J. Nutr. 41: 591-603.
- FETUGA B.L., BABATUNDE G.M., OYENUGA V.A. 1977. The value of palm kernel meal in finishing diets for pigs. J. Agric. Sci. Camb. 88:655-661.
- FICK K.R., MILLER S.M., FUNK J.D., MCDOWELL L.R., HOUSER R.H. 1976. Methods of mineral analysis for plant and animal tissues. Gainesville, University of Florida. Animal Science Department.
- FISKE C.H., SUBBAROW Y. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. J. Biological Chemistry 66: 375-400.
- FONNESBECK P.V., WARDEH M.F. HARRIS L.E. 1984. Mathematical models for estimating energy and protein utilization of feedstuffs. Bulletin 508. Utah Agriculture Experimental Station. International Feedstuffs Institute. Utah State University. Logan, Utah.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 1989. The use of palm kernel cake as animal feed. FAO/APHCA publication N°8. Bangkok.
- HUTAGALUNG R.I., MAHYUDDIN M., JALABUDIN S. 1981. Feed for farm animals from the oil palm. Proc. of National Workshop on oil palm by-products utilization. Kuala Lumpur, Malaysia, p. 609-622.
- JACKSON F. 1993. Efecto del contenido de endocarpo en el palmiste integral de la palma africana (*Elaeis guineensis*) sobre su valor nutritivo. Tesis M.Sc. Universidad de Costa Rica. 63 p.
- JACKSON F., ZUMBADO M. 1996. Efecto de la presencia de endocarpo en el palmiste integral (*Elaeis guineensis*) sobre su valor nutritivo. II. Rendimiento de pollos de engorde en iniciación. Agronomía Costarricense 20: 145-149.
- KOSS M. 1979. A study of the protein, zinc and phytate contents of a number of protein source and the molar ratio phytate: zinc for the determination of zinc bioavailability, and its relation to the nutrient fortification of vegetable protein products. Thesis M.Sc. London, University of Reading, Department of Food Science.
- LEKULE F., JORGENSEN H., FERNANDEZ J., JUST. A. 1990. Nutritive value of some tropical feedstuffs for pigs. Chemical composition, digestibility and metabolizable energy content. An. Feed Sc. Technol. 28: 91-101.
- LOBO M.V. 1985. Contenido de ácido fítico en las principales materias primas y subproductos de origen vegetal de uso común en la alimentación animal en Costa Rica y su relación con la disponibilidad de algunos nutrimentos inorgánicos. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 40 p.
- NATIONAL RENDERERS ASSOCIATION. 1993. Pocket information manual and exporters list. NRA/USDA.
- NOVUS INTERNATIONAL INC. 1994. Raw material compendium. 2da. Ed. Brussels. Academy Press. Washington, D.C. 541 p.
- NWOKOLO E.N., BRAGG D.B., KITTS WD. 1976. The availability of amino acids from palm kernel, soybean, cottonseed and rapeseed meal for the growing chick. Poultry Sci. 55: 2300-2304.
- ONWUDIKE O.C. 1986. Palm kernel meal as a feed for poultry. 1. Replacement of groundnut cake by palm kernel meal in broiler diets. An. Feed Sc. Technol. 16: 179-186.
- ONWUDIKE O.C. 1988. Palm kernel meal as a feed for poultry. 4. Use of palm kernel meal by laying birds. An. Feed Sc. Technol. 20: 279-286.
- POWLES J., WISEMAN J., COLE D.J.A., JAGGER S. 1995. Prediction of the apparent digestible energy value of fats given to pigs. Anim. Sci. 61:149-164.
- ROJAS A., PALAVICINI G., SÁNCHEZ J. 1987. Efecto de la utilización del palmiste integral sobre parámetros productivos en vacas de doble propósito. Agronomía Costarricense 11: 227-231.

- ROSSELL J.B., KING G., DOWNES M.J. Composition of oil. 1985. *JAOCs* 62: 221-230.
- SCHEELE C.W., KWAKERNAAK C., ZUMBADO M. 1994. Studies on the use of palm fats and mixtures of fats and oils in poultry nutrition. Part I. Survey and analysis of fats and oils and determination of basic nutritional values of pure fats and oils. Institute for Animal Science and Health. Lelystad, The Netherlands. Spelderholt report N° 632.
- VALENCIA M.E., WATKINS S.E., WALDROUP A.L., WALDROUP P.W., FLETCHER D.L. 1993. Utilization of crude and refined palm and palm kernel oils in broiler diets. *Poultry Sci.* 72: 2200-2215.
- VAN SOEST P.J., ROBERTSON J., LEWIS B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- VARGAS E. 2000. Composición y variabilidad de los sub-productos de trigo utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Nutr. An. Trop.* 6: 23-38.
- YEONG S.W. 1983. Amino acid availability of palm kernel cake, palm oil sludge and sludge fermented product (Prolima) in studies with chickens. *MARDI Res. Bull.* 11: 84-88.
- YEONG S.W., MUKHERJEE T.K. 1983. The effect of palm oil supplementation in palm kernel cake-based diets on the performance of broiler chickens. *MARDI Res. Bull.* 11(3): 378-384.
- YEONG S.W., MUKHERJEE T.K., HUTAGALUNG R.I. 1981. The nutritive value of palm kernel cake as a feedstuff for poultry. Proc. of National Workshop on oil palm by-products utilization. Kuala Lumpur, Malaysia, p. 100-107.
- ZUMBADO M. 1988. Uso potencial de la palma africana en la alimentación avícola. 1988. *Bol. Tec. OPO-CB.* 2: 137-142.
- ZUMBADO M. 1989. Utilización de productos de las palmas tropicales pejibaye y africana en alimentación aviar. *In: Curso sobre actualización porcina y avícola. Centro Latinoamericano de Nutrición Animal. Costa Rica.* p. 2-15.
- ZUMBADO M. 1990. Utilización de productos de la palma africana en la alimentación aviar. *Avicultura Profesional* 7: 137-146.
- ZUMBADO M., MADRIGAL S., MARIN M. 1992. Composición y valor nutricional del palmiste o coquito integral de palma africana (*Elaeis guineensis*) en pollos de engorde. *Agronomía Costarricense* 16: 83-89.
- ZUMBADO M., JACKSON F. 1995. Evaluación del aceite crudo de palma y de sus ácidos grasos en la alimentación de pollos de engorde. Proyecto VI 739-93-551. Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica. Informe final del proyecto.
- ZUMBADO M., JACKSON F. 1996. Efecto de la presencia de endocarpo en el palmiste integral (*Elaeis guineensis*) sobre su valor nutritivo. I. Nivel de endocarpo, caracterización de la fibra cruda y contenido de energía metabolizable. *Agronomía Costarricense* 20: 141-144.
- ZUMBADO M., SCHEELE C., KWAKERNAAK C. 1999. Chemical composition, digestibility, and metabolizable energy content of different fat and oil by-products. *J. Appl. Poultry Res.* 8: 263-271.
- ZUMBADO M. 1998. Utilización de ácidos grasos en la alimentación avícola. Mimiografiado.