

# COMPOSICIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE TRIGO UTILIZADOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN COSTA RICA

*Emilio Vargas González\**

## ABSTRACT

Composition of wheat by-products used as feed stuffs in Costa Rica. This study was conducted to estimate the nutritional content and their variability of different wheat and bakery by products used as feedstuffs in Costa Rica. Wheat shorts, middlings and brand were studied as well as cookies, crackers and bread. Results clearly indicated that wheat shorts had the highest nutritional value, due to its low fiber and ashes content as well as its high protein, non structural carbohydrates and energy values. Wheat shorts protein levels, NDF, NSC and DE for swine were 19.4; 29.1; 45.7% and 3.570 Kcal/kg; for wheat brand values were 18.6; 49.1; 24.0% and 2.878 Kcal/kg respectively. Bakery by products (crackers and cookies) showed the highest content of nutrients with high fat levels, NSC and DE for swine (13.1; 77.66% and 4.454 Kcal/kg). The greatest variability in the nutrients content was observed in the ether extracts of the bakery by products. Therefore, it was concluded that all these materials are good nutrient sources for swine, but fiber, fat and energy could vary, indicating that quality control of them should be carefully monitored.

---

\* Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, Centro de Investigaciones en Nutrición Animal. San José, Costa Rica, C.A.

# INTRODUCCIÓN

Los subproductos agroindustriales han sido utilizados en la alimentación animal por muchos años, especialmente en la formulación de raciones para rumiantes. Estos son el producto de varios procesos físicos, químicos y biológicos, los cuales afectan su composición nutricional (Chandler 1999 y Bucholtz 1997). Además, la información publicada puede estar desactualizada porque algunos métodos de procesamiento de estos subproductos cambian con frecuencia. Un grupo importante de estos subproductos son los derivados de la molienda del trigo y de la industria de la panadería.

En el proceso típico de molienda del trigo para producir harina para consumo humano, se obtiene un rendimiento de 72% de harina y 28% de subproductos (Chandler 1999). En Costa Rica, en 1999, ese 28% de subproductos para consumo animal representó 58.000 toneladas. Estos subproductos contienen la mayor cantidad de nutrimentos presentes en el grano de trigo (Blasi et al. 1995, citado por Chandler 1999) y son más nutritivos que la harina para consumo humano.

En la industria de alimentos balanceados existe un problema para la identificación correcta de los subproductos de trigo, debido a que la industria de la molienda del grano de trigo, mezcla los diferentes subproductos del proceso según se requiera, o bien, varía el grado de extracción o el tipo por procesar, lo que se traduce en cambios en la composición química, biológica y física de los subproductos.

Los factores que más afectan la composición de los subproductos de trigo son el tipo y la densidad del trigo, el grado de garantía y extracción de la harina y la manera como se manejan las tuberías con los diferentes subproductos del proceso. En el caso de los subproductos de panadería, las variables que afectan su composición son la grasa, el azúcar y la proteína que se le agrega a las galletas y al pan que se fabrica en el país. El objetivo del presente estudio fue determinar la concentración

promedio y la variabilidad del contenido de los nutrientes de los subproductos del trigo comercializados para la alimentación animal en Costa Rica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales cuyos análisis comprendió el estudio aquí descrito se recolectaron en los dos molinos de trigo que operan en el país, así como en las empresas que comercializan algunos de los subproductos de trigo y panadería. Muestras representativas se molieron y almacenaron en un lugar seco hasta el momento de su análisis. El número de muestras fue variable y se indican en los cuadros respectivos. Estas fueron recolectadas por varios años y los datos forman parte de la base de datos del Centro de Investigaciones en Nutrición Animal.

### Análisis

La determinación de humedad, fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), cenizas (C) y proteína cruda (PC) se hizo por medio de los métodos del AOAC (1990); el fósforo se obtuvo mediante la técnica de Fiske y Subbarow (1925), modificada por Fick et al. (1976), el calcio por el método de Fick et al. (1976). El fósforo no fítico se determinó por el método propuesto por Davis y Aplin (1979), modificado por Koss (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 los nutrientes digestibles totales (TDN) se estimaron mediante las ecuaciones de regresión que se indican en el Cuadro 1.

### Descripción de los subproductos

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

**Cuadro 1.**

**Ecuaciones de regresión utilizadas en el cálculo del contenido de energía de los subproductos de trigo estudiados**

Especie	Sub-producto	Tipo de energía	Ecuación
Cerdos	Acemite* salvadillo	TDN	$C\_TBL\_TND=8.792-(4.464*FI\_CRUDA)+(4.243*EXT\_ESTE.)+(0.866*E\_L\_N)+(0.338*PROT\_CRUDA)+(0.0005*(FI\_CRUDA*FI\_CRUDA)+(0.122*(EXT\_ETEREO*EXT\_ETEREO)+(0.063*FI\_CRUDA*E\_L\_N)-(0.073*EXT\_ETEREO*E\_L\_N)+(0.182*EXT\_ETEREO*PROT\_CRUDA) - (0.011*(EXT\_ETEREO*EXT\_ETEREO))*(PROT\_CRUDA)$
		ED	$C\_TBL\_ED = C\_TBL\_TND*44.09$
		EM	$C\_TBL\_EM = [0.96-(0.00202*PROT\_CRUDA)]*C\_TBL\_ED$
Cerdos	Salvado**	TDN	$C\_MGN\_ED = [(17.69-(0.586*FI\_CRUDA))*(1000/4.184)$
		ED	$C\_MGN\_TND = C\_MGN\_ED/44.09$
		EM	$C\_MGN\_EM = [0.96-(0.00202*PROT\_CRUDA)]*C\_MGN\_ED$
Bovinos	Acemite*** salvadillo salvado	TDN	$B\_UTH\_TND = 40.26+(0.1969*PROT\_CRUDA)+(0.4228*E\_L\_N)+(1.19*EXT\_ETEREO)-(0.1379*FI\_CRUDA)$
		ED	$B\_UTH\_ED=B\_UTH\_TND*44.09$
		EM	$B\_UTH\_EM=-450+(1.01*B\_UTH\_ED)$
Aves	Acemite**** salvadillo salvado	EMn	$EURO3503=[1678-(16.78*CENIZAS+69.20*FI\_CRUDA)]*(10/4.184)$

TDN = % Nutrimientos digeribles totales

ED = Energía digerible en Kcal/kg de MS

EM = Energía metabolizable en Kcal/kg de MS

\* Vargas E. 1984

\*\* Morgan y colaboradores 1975

\*\*\* Fannesbeck et al. 1984

\*\*\*\* Janssen W.M. 1986

La harina de panificación se obtiene mediante la ruptura del grano de trigo, seguido por múltiples rupturas y cribados del material, por lo tanto los diferentes subproductos obtenidos están formados básicamente de las mismas estructuras celulares, difieren únicamente en el tamaño y distribución de las mismas. Del endosperma se obtiene la harina para panificación. Los subproductos para consumo animal tienen parte del endosperma y toda la parte externa del grano (células epidérmicas, testa, etc.). Tradicionalmente, la industria de la harina produce tres subproductos para consumo animal: el acemite, el salvadillo y el salvado de trigo.

- a. Acemite de trigo. Está compuesto por las partículas de menor tamaño procedentes del cribado del trigo, porciones del germen o embrión propiamente dicho, parte del endosperma, partículas pequeñas de la parte externa del grano, así como impurezas que trae el trigo, principalmente granos de otros cereales y semillas, las cuales se incorporan al acemite al ser molidas. La Asociación de Controladores Oficiales de Alimentos para Animales (AFCO) (2000) lo define como un subproducto de trigo con menos de 7% de FC y con el número internacional 4-05-201 (wheat shorts). El diámetro geométrico medio de las partículas es de 263 micrones.
- b. Salvadillo de trigo. Contiene todas las partículas de tamaño medio obtenidas de la molienda del trigo, principalmente por las partículas de la parte externa del grano. La AFCO (2000) lo define como un subproducto de trigo con menos de 9,5% de FC y con el número internacional 4-05-205 (wheat middlings). El diámetro geométrico medio de las partículas es de 818 micrones y contiene una mayor concentración de fibra.
- c. Salvado de trigo. Son las partículas de mayor tamaño, producto del procesamiento industrial del trigo para la fabricación de harina para panificación. En Costa Rica este producto contiene más

de 10,0% de fibra cruda. La AFCO (2000) lo identifica con el número internacional 4-05-190 y lo denomina (wheat bran) y no define el contenido de fibra. Desde 1999 no se comercializa en el país.

- d. Subproductos de galleta dulce. Contiene todos los residuos de la fabricación, así como los rechazos de galletas dulces para consumo humano.
- e. Subproductos de galleta salada. Está constituida por todos los residuos de la fabricación, así como los rechazos de galletas saladas para consumo humano.
- f. Subproductos de pan. Incluye todos los residuos de la fabricación, así como los rechazos de pan salado y dulce para consumo humano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Disponibilidad

El Cuadro 2 presenta la disponibilidad de algunos de los subproductos de trigo en Costa Rica para el año 1999. Como se observa, se procesaron 205.780 toneladas de trigo con un rendimiento de subproductos de 28,1%, lo cual correspondió a 17,1% de acemite y 11,0% de salvadillo. La producción fue de 35.141 toneladas de acemite y 22.768 toneladas de salvadillo por año. La disponibilidad de estos subproductos en el ámbito local aumentó. Por ejemplo, en 1978 se procesaron 85.200 toneladas de trigo y se obtuvo 20.449 toneladas de subproductos, para un rendimiento total de 24% (Vargas y Murillo 1978). No se obtuvo información sobre la disponibilidad de los subproductos de la industria de la panadería.

## Cuadro 2.

### Disponibilidad del trigo y sus subproductos en Costa Rica durante el año 1999

(Toneladas métricas al año)

Producto	Procesamiento (ton/año)	% del grano que es subproducto
Grano de trigo	205.78	28,1
Acemite	35.141	17,1
Salvadillo	22.768	11,0

## Composición nutricional y variabilidad

Los análisis químicos de cada subproducto, el número de muestras estudiadas, el promedio y la desviación estándar (DE) se presentan en los Cuadros 3 al 6. Los resultados de las similitudes y las diferencias en la composición y variabilidad de los subproductos provenientes de la industria del procesamiento del trigo y los de la industria de la panadería, se discutirán por separado.

### 1. *Subproductos del procesamiento del trigo*

El Cuadro 3 presenta los datos correspondientes al análisis proximal y los CNE del acemite, salvadillo y salvado. La información indica que el contenido de materia seca (MS) de estas materias primas es semejante, con valores promedio de 88,6 a 88,9%. La variabilidad en el contenido de MS es bajo y se puede concluir con una probabilidad del 95%, que estos materiales contienen una MS mínima de 85,5 y una máxima de 92%. Las C, la FC y el (EE) aumentaron ligeramente y la PC, el extracto libre de nitrógeno (ELN) y CNE disminuyeron, al pasar del producto de

menor tamaño (acemite) al producto con mayor tamaño de partículas (salvado). El nutrimento de mayor variabilidad es el EE y tiene un coeficiente de variación de 33, 38 y 39% en el acemite, salvadillo y salvado, respectivamente. Bucholtz (1997) y Arosemena et al. (1995), reportaron para el "wheat middlings", cuya composición corresponde al salvadillo de trigo, coeficientes de variación de EE de 60 y 32%, respectivamente. Asimismo, la variabilidad notificada por estos autores para otros nutrimentos del salvadillo de trigo está dentro de los rangos obtenidos en este trabajo.

**Cuadro 3.**

**Composición nutricional de los subproductos de trigo producidos en Costa Rica (% en base seca)**

Nutrimento	Subproducto					
	Acemite (55) <sup>1</sup>	Salvadillo 57	Salvado 60	Subproducto de pan 7	Galleta dulce 22	Galleta salada 12
Materia seca	88,9±1,6*	88,6±1,5	88,8±1,5	78,4±1,4	93,8±1,8	93,4±5,1
Cenizas	4,6±0,7	5,2±0,6	5,7±1,3	3,2±0,4	1,6±0,5	2,8±0,3
Fibra cruda	6,9±1,1	8,9±0,6	11,8±1,3	0,4±0,2	0,5±0,4	0,4±0,2
Extracto etéreo	4,8±1,6	5,0±1,9	5,1±2,0	4,0±2,2	13,1±2,7	10,6±1,2
Proteína cruda	19,4±1,8	19,1±1,7	18,6±1,7	15,1±1,6	7,7±2,0	11,2±1,6
ELN**	64,3±4,1	61,0±3,0	58,8±3,9	76,4±1,2	77,1±3,1	75,0±0,9
CNE***	45,7±6,0	32,6±3,9	24,0±5,4	74,7±1,0	77,6±1,0	73,2±1,0

1 Número de muestras.

\* Promedio y desviación estándar

\*\* Extracto libre de nitrógeno

\*\*\* Carbohidratos no estructurales



## Cuadro 4.

### Fraccionamiento de la fibra de los subproductos de trigo producidos en Costa Rica (% en base seca)

Nutrimento	Alimento					
	Acemite	Salvadillo	Salvado	Subproducto de pan	Galleta dulce	Galleta salada
	(37)1	44	60	3	13	5
Materia seca	88,9±1,6	88,6±1,5	88,8±1,5	78,4±1,1	93,8±1,8	93,4±5,1
Fibra cruda	6,9±1	8,9±0,6	11,8±1,3	0,4±0,2	0,5±0,4	0,4±0,2
FDN*	29,1±5,4	40,8±3,5	49,1±3,3	2,2±0,1	2,0±0,3	2,0±0,3
FDA**	9,1±1,5	12,0±1,5	15,3±0,7	1,4±0,3	1,3±0,3	1,3±0,3
Lignina	2,9±0,9	4,0±0,3	4,0±0,4	—	—	—

1 Número de muestras.

\* Fibra detergente neutro

\*\* Fibra detergente ácido

Según el Cuadro 4, la FC, la fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA) aumentaron conforme se pasa del acemite al salvado de trigo; en el caso de la FDN los valores observados fueron 29,1; 40,8 y 49,1% en el acemite, salvadillo y salvado, respectivamente. La concentración de la fibra, así como el tamaño de la partícula es lo que caracteriza con mayor propiedad a estos subproductos, lo cual también está asociado con los niveles de CNE y de energía. Según el contenido de fibra y proteína, estos se pueden clasificar de acuerdo con el sistema internacional (Harris et al. 1980) con los números internacionales de 4-05-201 el acemite, 4-05-205 el salvadillo y 4-05-190 el salvado, los cuales corresponden en las tablas de composición de alimentos del NRC (1998) a "wheat shorts" <7% de fibra, "wheat middlings" <9,5% de fibra y al "wheat bran", respectivamente.

Cuadro 5.

**Contenido de energía de los subproductos de trigo producidos  
en Costa Rica (% en base seca)**

Especie Animal	Alimento					
	Acemite (24) <sup>1</sup>	Salvadillo 26	Salvado 20	Subproducto de pan 3	Galleta dulce 13	Galleta salada 5
<b>CERDOS:</b>						
TDN, %	81±3	77±3	65±3	"86±0,6"		
ED, Kcal/kg	3.570±112	3.410±139	2.878±242	3.787±28	4.454±111	4.375±73
EM, Kcal/kg	3.290±101	3.140±129	2.606±130	3.521±34	4.172±170	4.112±150
<b>BOVINOS:</b>						
TDN, %	76±1	75±2	69±1	81±2	89±2	87±1
ED, Kcal/kg	3.360±56	3.294±69	3.030±151	3.590±90	3.920±100	3.840±20
EM, Kcal/kg	2.940±56	2.877±70	2.660±124	3.173±88	3.508±98	3.427±20
<b>AVES:</b>						
EMn, Kcal/kg	2.687±210	2.337±95	1.783±236	3.772±97	4.117±102	4.030±70

1. Número de muestras

El contenido de energía de los diferentes productos estudiados y calculados mediante las ecuaciones de regresión para cerdos, bovinos y aves se presenta en el Cuadro 5. En todas las especies estudiadas, el contenido de energía fue mayor en el acemite y menor en el salvado de trigo, lo cual está asociado al contenido de fibra y proteína de estos subproductos, tal como lo reportó Lekule et al. (1990), Just et al. (1984), Fernández y Jorgensen (1986) y Dale (1996). Los valores de energía digestible para cerdos en el acemite, salvadillo y salvado son muy parecidos a los indicados por el NRC (1998). En los bovinos, el NRC (1982) reporta valores de energía digestible (ED) de 3.220, 3.170 y 3.090 Kcal/kg de MS,

los cuales son muy semejantes a los valores observados en este estudio de 3.360, 3.294 y 3.030 Kcal/kg de MS para el acemite, salvadillo y salvado, respectivamente. En aves, Janssen (1986) indica valores de energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno (AMEn) en los subproductos de trigo con 7,5; 8,5 y 11,5% de fibra cruda de 2.570, 2.380 y 1.870 Kcal/kg de MS, lo cual concuerda con lo encontrado en el presente estudio de 2.687, 2.337 y 1.783 para el acemite, salvadillo y salvado, los cuales contienen 6,9; 8,9 y 11,8% de fibra cruda, respectivamente.

La variabilidad en el contenido de energía de estas materias primas no es muy conocida. Los datos indican que el salvado es el ingrediente con mayor variabilidad, especialmente en la energía metabolizable en aves con un coeficiente de variación de 13%. Los otros materiales presentan coeficientes de variación de 2 a 8%. Fialho et al. (1995) encontraron un coeficiente de variación en un salvadillo de trigo de 2,6%, asimismo, Dale (1996) encontró un coeficiente de variación de 17% en energía metabolizable en los subproductos de trigo para aves. Los datos correspondientes al contenido mineral se presentan en el Cuadro 6. La información indica que estos se encuentran dentro del rango normal para este tipo de materiales (NRC 1998; Dale 1999).

### Cuadro 6.

#### Contenido de calcio y fósforo de los subproductos de trigo producidos en Costa Rica (% en base seca)

Nutrimento	Subproducto					
	Acemite (8)1	Salvadillo 27	Salvado 10	Subproducto de pan 3	Galleta dulce 5	Galleta salada 3
Calcio	0,09±0,03	0,16±0,2	0,12±0,04	0,24±0,01	0,03±0,01	0,04±0,02
Fósforo	0,96±0,25	1,22±0,17	1,27±0,29	0,26±0,17	0,15±0,07	0,09±0,06
Fósforo no fitico	0,33±0,05	0,25±0,12	0,27±0,08	-	-	-

1. Número de muestras

## 2. *Subproductos de la industria de la panadería*

Este grupo de subproductos están formado por subproductos de pan, subproductos de galletas dulces y saladas fabricadas en el país. El Cuadro 3 presenta la composición proximal de estas materias primas. Según el estudio, los subproductos de pan tienen una humedad alta (21,6%), lo cual dificulta el almacenamiento y son propensos al crecimiento de hongos y otros microorganismos. Los residuos de galletas no tienen ese problema. El contenido de cenizas y fibra cruda es muy homogéneo en los tres productos. El EE es más alto en las galletas, los valores son 13,1 y 10,6% en las galletas dulces y saladas, respectivamente y 4,0% en los subproductos de pan. Destaca en los tres productos el alto contenido de CNE, con valores de 76,4; 77,1 y 75,0% para el pan, galleta dulce y salada, respectivamente. En la literatura internacional consultada, los subproductos de panadería se conocen como subproductos de panadería deshidratados (Dried bakery products) cuyo número internacional es el 4-00-466. El valor reportado de EE por el NRC (1998) para este material fue de 12,4%, semejante al resultado obtenido en este estudio. En Europa, Janssen (1986) reportó un contenido de EE de 3,0%, parecido a la concentración encontrada para los subproductos de pan en Costa Rica. No se encontró en la literatura valores de variabilidad en la composición de estos materiales, según se observa en los datos del Cuadro 3 son bastante homogéneos, con excepción del contenido de EE que sí es más variable.

Los valores del fraccionamiento de la fibra mostrados en el Cuadro 4, indican que el contenido de fibra es muy bajo, por lo tanto tiene poca importancia nutricional en estos productos, y concuerdan con los datos reportados por el NRC (1998) y Janssen (1986). Los valores bajos de fibra y ceniza asociados con los niveles altos de grasa y CNE, en estos subproductos, indican que son una excelente fuente de energía altamente disponible para los animales. El Cuadro 5 presenta los valores de energía encontrados en estos materiales en Costa Rica, para cerdos,

bovinos y aves. Tal como se indica, la galleta dulce es el producto con mayor contenido de energía para todas las especies, seguido de la galleta salada y los subproductos de pan. En el caso de los cerdos los valores encontrados de ED fueron de 4.454; 4.375 y 3.787 Kcal/kg de MS, respectivamente. El NRC (1998) reporta un valor de ED de 4.330 Kcal/kg de ED en los subproductos de panadería identificados con el número internacional 4-00-466, los cuales son semejantes en su composición a la galleta dulce y salada fabricadas en Costa Rica. En bovinos estas materias primas también muestran contenidos de altos de ED, parecidos a los reportados por el NRC (1982). En las aves los valores de AMEn son altos y en el caso de las galletas dulces y saladas se encontraron valores de 4.117 y 4.030 Kcal/kg de MS, semejante al indicado por el NRC (1994) de 4.198 para un producto con un contenido de grasa y fibra similar. Janssen (1986) reportó 3.690 Kcal/kg de MS para un subproducto de panadería con 3% de grasa y 1% de fibra cruda, el cual tiene características químicas iguales al subproducto de pan indicado en este trabajo.

El Cuadro 6 presenta los datos correspondientes a la composición de calcio y fósforo, los cuales son semejantes a los indicados por otros autores (NRC 1998, NRC 1982, Janssen 1986).

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la composición nutricional y la variabilidad de los diferentes subproductos de trigo que se comercializan en Costa Rica para la alimentación animal. De la industria del procesamiento del trigo se estudió el acemite, salvadillo y salvado; de la industria de la panadería, los subproductos de galleta dulce, salada y pan. Los resultados indicaron que de la industria del procesamiento del trigo, el acemite tiene el mayor valor nutricional, debido a que contiene menos cenizas y fibra y más proteína, carbohidratos no estructurales

(CNE) y energía que los otros productos de este grupo. El contenido de proteína, FDN, CNE y energía digestible para cerdos del acemite fue de 19,4; 29,1 y 45,7% y 3.570 Kcal/kg de MS, respectivamente. En el salvado se encontró para estos mismos nutrientes en su orden, 18,6; 49,1 y 24,5% y 2.878 Kcal/kg de la MS. En los subproductos de la industria de la panadería, las galletas dulces y saladas presentaron mayor contenido de nutrientes con valores altos en grasa, CNE y energía digestible en cerdos, con 13,1 y 77,6% y 4.454 Kcal/kg de la MS, respectivamente. El nutriente más variable fue el extracto etéreo. La información indica que todos estos materiales son buenas fuentes de nutrientes, sin embargo, su composición puede variar fundamentalmente en el contenido de fibra, grasa y energía, por lo cual debe controlarse su calidad.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Arosemena A.; DePeters E.J.; Fadel J.G. 1995. Extent of variability in nutrient composition within selected by-product feedstuffs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 54:103-120.
- Association of American Feed Control Official. 2000. U.S.A. Oxford, IN. Official Publication. 444 p.
- Association of Official Agricultural Chemists. 1990. Official methods of analysis of the A.O.A.C. 13th ed. Washington, D.C.
- Bucholtz H. 1997. Variability in chemical composition of commodities. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Michigan State University. pp. 113-123.
- Chandler P.T. 1999. Effect of manufacturing on chemical composition of plant by-products. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Ohio State University. pp. 211-221.
- Dale N. 1996. The metabolizable energy of wheat by-products. *Apply Poultry Research*, 5:105-108.

- Dale N. 1999. Feedstuffs ingredient analysis table. University of Georgia, Athens, Ga.
- 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.
- Fernández J.; Jorgensen J.N. 1986. Digestibility and absorption of nutrients as affected by fiber content in the diet of the pig. *Quantitative aspects. Livest. Prod. Sci.*, 15:53-71.
- Fialho E.T.; Barbosa H.P.; Albino L.F.T. 1995. Chemical composition, digestible protein and energy values of some alternative feedstuffs for pigs in Brazil. *Anim. Feed Sci. Technol.* 55:239-245.
- 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. Paginación variada.
- Fiske C.H. y Subbarow Y. 1925. The colorimetric determination for 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 Agricultural Experiment Station, International Feedstuffs Institute, Utah State University. 33 p.
- Harris L.E.; Jager F.; Leche T.F.; Mayr H.; Neese U.; Kearl L.D. 1980. International feed descriptions, international feed names, and country feed names. International network of feed information centers. Utah: Utah State University, Publication No. 5. 769 p.
- Janssen W.M.M.A. 1986. European tables of energy values for poultry feedstuffs. 1st ed. The Netherlands. Spelderholt, Centre for Poultry Research and Extension. 24 p.
- Just A.; Jorgensen H.; Fernández J.A. 1984. Prediction of metabolizable energy for pigs on the basis of crude nutrients in the feed. *Livest. Prod. Sci.*, 11:105-128.

- 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. Tesis de Master of Food Science. pp. 1-12.
- Lekule F.P.; Jorgensen H.; Fernández J.; Just A. 1990. Nutritive value of some tropical feedstuffs for pigs. Chemical composition, digestibility and metabolizable energy content. *Anim. Feed Sci. 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 nutrientes inorgánicos. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 31 p.
- Morgan D.J.; Cole D.J.A.; Lewis D. 1975. Energy values in pig nutrition. I. The relationship between digestible energy, metabolizable energy and total digestible nutrient values of a range of feedstuffs. *J. Agr. Sci.* 84:7.
- National Research Council. 1982. Unites States-Canadian tables of feed composition. 3th ed. Washington, D.C. National Academy Press. 148 p.
- National Research Council. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th ed. Washington, D.C. National Academy Press. 155 p.
- National Research Council. 1998. Nutrient requirements of swine. 10th ed. Washington, D.C. National Academy Press. 189 p.
- 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. y Murillo M. 1978. Composición química de subproductos de trigo y arroz y de granos de maíz y sorgo utilizados en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 2:9-15.