

VALOR NUTRICIONAL DE ALGUNAS FORRAJERAS PARA LA ALIMENTACIÓN DE MONOGÁSTRICOS

Patricia Sarria B, Pascal Leterme, Angela Londoño, Mauricio Botero.

Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

E-mail: pisarria@unalmed.edu.co

RESUMEN

La harina de hojas de forrajes (HHF) ha incrementado su uso en el trópico para la alimentación de cerdos. En este estudio se determinó la composición de las hojas de la planta bore (*Xanthosoma sagittifolium*) y dos árboles: nacedero (*Trichanthera gigantea*) y morera (*Morus alba*), su valor nutritivo en cerdos jóvenes y la ingesta voluntaria en cerdos adultas. El contenido de proteína estuvo entre 170 y 240 g kg⁻¹ de materia seca (MS) y de fibra detergente neutra (FDN) entre 218 y 398 g kg⁻¹ DM. Las hojas son una interesante fuente de calcio (hasta 69 g kg⁻¹ MS), potasio, hierro y manganeso. La proteína está bien balanceada en aminoácidos esenciales, con lisina entre 43 y 57 g kg⁻¹ de proteína. La digestibilidad fecal aparente fue determinada por diferencia en cerdos de 35 kg de peso vivo (PV) alimentados con una dieta que contenía 35% de HHF. Los coeficientes de digestibilidad de la MS, N y energía variaron desde 47 hasta 57, 33 hasta 36 y 51 hasta 53%, respectivamente. El valor de energía digestible estuvo entre 1674 y 2037 kcal kg⁻¹ MS. La ingesta voluntaria de *Trichanthera* y *Xanthosoma* fue medida en cerdos con 100 kg de PV en promedio. La ingesta alcanzó 3,4 kg de hojas frescas por día (0,51 kg MS) y 1,0 – 1,1 kg de harina de hojas por día. Se concluyó que la baja densidad energética es el principal factor limitante de los follajes para la nutrición de cerdos jóvenes; pero son buena fuente de minerales y de proteína bien balanceada. Tiene opciones interesantes en cerdos adultas, por su mayor capacidad de consumo, la cual se duplica cuando se brinda en forma de harina en lugar de hojas frescas.

En otro trabajo se evaluó el valor nutritivo, su efecto en el tracto digestivo y su tasa de fermentación en el intestino grueso

en animales adultos. Fueron determinados en cerdas alimentadas con dietas que contenían 150 o 300 g HHF kg⁻¹. Los forrajes contenían desde 1789 hasta 2800 Kcal de energía digestible kg⁻¹ MS y desde 60 hasta 125 g de proteína digestible kg⁻¹ de MS. La digestibilidad no fue afectada (P>0,05) por la tasa de incorporación en la dieta. La proteína digestible aparente de las dietas con 300 g HHF kg⁻¹ fue determinada por el método del sacrificio. Alcanzó 80 % para la dieta basal y 54, 70 y 74 % para las dietas con *Trichanthera*, *Morus* y *Xanthosoma*, respectivamente. No se observó efecto de la dieta (P>0,05) sobre el peso y longitud de los diferentes órganos del tracto digestivo de las cerdas, con la excepción del peso del ciego, el cual fue más alto en cerdas alimentadas con la dieta basada en *Trichanthera* (P<0,01). El pH del fluido gástrico de las cerdas alimentadas con *Trichanthera* fue también más alto (P<0,001). No hubo efecto (P>0,05) de la ingesta de las dietas basadas en forrajes sobre la actividad de las enzimas intestinales (aminopeptidasa N y alcalina fosfatasa). La fermentación de la fibra en el intestino grueso fue evaluada por la técnica de jeringas para medir la producción de gas. El orden de rango de la producción de gas después de la fermentación de la fibra en el intestino grueso fue idéntica a la observada para los coeficientes de digestibilidad: *Trichanthera* < *Morus* < *Xanthosoma*. Como conclusión, la harina de forrajes puede ser incluida hasta en 30% en dietas para cerdas sin afectar su proceso digestivo. Son una fuente valiosa de nutrientes para animales adultos en las regiones tropicales donde la proteína es escasa.

Palabras clave: forraje arbóreo, harina de hojas de forrajes, cerdos, cerdas adultas,

valor nutritivo, digestibilidad; ingesta; *Xanthosoma*; *Morus*; *Trichanthera*.

INTRODUCCIÓN

En el trópico la producción de animales monogástricos no debe competir con los alimentos humanos ni depender de la importación de granos y cereales. El continuo crecimiento de la población y el deterioro de los recursos naturales que sustentan la producción de alimentos, justifican la investigación en opciones más adecuadas.

La agroforestería es una de las estrategias más importantes para acercarse a sistemas agropecuarios sostenibles. Ofrece ventajas como el incremento de la cobertura vegetal, protección y mejoramiento de la calidad de los suelos, aumento de la diversidad biológica, recuperación y conservación de fuentes de agua, son sumideros de CO2, producen leña y son fuente de alimento para animales rumiantes y monogástricos e incluso para el hombre. Se ha demostrado que son sistemas socialmente deseables y económicamente viables (FAO 1999, CIPAV 2004).

En cerdos y aves los forrajes de hoja ancha surgen como una opción interesante debido a su alta y fácil producción de biomasa, amplia distribución en el trópico, diversidad de especies y una interesante composición química, que a diferencia de las gramíneas tienen menor contenido de fibra, cantidades interesantes de proteína cruda y algunas tienen poca cantidad de factores antinutricionales (Ly *et al.* 1998, Phuc *et al.* 2000, Dung *et al.* 2002).

Como fuente de hojas para alimentación de cerdos y aves, se destacan las especies señaladas en el Cuadro 1. De

ellas, el quebrabarrigo también conocido como naranjillo o nacedero es un árbol, la morera y el botón de oro son arbustos y el ramio, la pringamosa y el bore son plantas con tallos no leñosos. La más usada para alimentación de cerdos es *Trichanthera gigantea*, seguida por *Alocasya macrorrhiza*. Especies como la *Gliricidia sepium* y la *Thitonia diversifolia* no son muy apetecidas por los porcinos, pero tienen posibilidades para aves. Todas ellas se manejan como cultivos con cortes sucesivos cada 2 o 3 meses, y han demostrado su productividad durante períodos mayores de 10 años. En general se han manejado con pocos insumos, el más importante ha sido una fuente de abono orgánico a partir de excretas animales. La reproducción en general es asexual con estacas de 30 cm con 2 o 3 yemas en el caso de los árboles y arbustos mencionados. Para el bore se usan colinos, rodajas de tallo o yemas y en el caso del ramio las porciones de raíces presentan mejores resultados.

Las hojas de plantas podrían ser usadas en cerdos jóvenes y adultos, sin embargo estos últimos tienen mejores condiciones digestivas para la degradación de alimentos fibrosos (Le Goff y Noblet 2001, citados por Leterme *et al.* 2005a).

En el presente documento se presentan resultados sobre la composición química y valor nutricional de las hojas de morera, bore y nacedero en la alimentación de cerdos jóvenes y cerdas adultas, desarrollados por el grupo de investigación en Nutrición Animal de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira entre los años 2001-2004.

Cuadro 1. Algunas forrajeras con potencial para la alimentación de Monogástricos

Especie	Altitud msnm	Precipitación mm	Producción ton-ha-año Forraje verde
Quebrabarrigo (<i>Trichanthera gigantea</i>)	0-2400	600-8000	40-60
Ramio (<i>Bohemeria nivea</i>)	0-2500	1000-3000	50
Morera (<i>Morus alba</i>)	1000-2400	1000-3000	40-70
Bore (<i>Xanthosoma</i> sp)	500-2000	1000-4000	140-230
Pringamosa (<i>Urera caracasana</i>)	0-1800	1000-4000	1,2 kg/planta
Botón de oro (<i>Thitonia diversifolia</i>)	0-1200	600-2400	40
Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>)	1-1200	500-2000	60

(Sarria 1999)

COMPOSICIÓN QUÍMICA

La mayoría de las hojas de forrajes presentan un contenido importante de proteína cruda, cercano a 20%, con valores superiores en *Tithonia* y *Urera* e inferiores en *Trichanthera*. Este potencial es limitado para monogástricos por un contenido importante de fibra cruda que se encuentra alrededor de 18% (Cuadro 2).

La proteína cruda está parcialmente ligada a la FDN (PC-FDN). Mientras *Trichanthera* tiene 15% del N ligado a la fibra, *Tithonia* tiene solo el 0,6%. Leterme *et al.* (2005a) determinaron que la PC ligada a FDN fue 57,6, 19,8 y 20,9% del total de la proteína de las hojas de *Trichanthera*, *Morus* y *Xanthosoma*. Shayo y Udén (1999) evaluaron la PC-FDN en plantas tropicales y determinaron un rango entre 6 y 72% del total de la proteína bruta. *Trichanthera* y *Xanthosoma* mostraron valores altos (59 y 64%). Estos datos son similares a los de *Trichanthera* del presente estudio pero mucho más altos que los de *Xanthosoma*. El nitrógeno asociado a la fibra no es bien digerido, según Shayo y Udén (1999). Sin embargo como se verá más adelante estos resultados no afectaron la digestibilidad fecal aparente en animales jóvenes.

Leterme *et al.* (2005a) estudiaron la variabilidad de la composición química de 3 de estas especies, que son las más usadas en cerdos: *Trichanthera*, *Alocasia* y *Morus* (Cuadro 3). Hubo diferencias significativas entre las 3 especies para todos los nutrientes excepto para azúcares, que fueron altos en general. No se observaron diferencias entre hojas jóvenes y maduras ($P=0,15$). En todos los casos hubo un amplio rango de variación para cada nutriente. Los valores de proteína

y extracto etéreo fueron más altos en *Xanthosoma* ($P<0,05$). Se destacó el contenido muy alto de cenizas ($P<0,01$) y especialmente de calcio de la *Trichanthera*; mientras que *Morus* fue más alto en materia seca ($P<0,01$). Los azúcares fueron también altos en el pecíolo y el corno. Los tallos (limbo + pecíolo) que conforman entre 60 y 70% de las hojas completas de *Xanthosoma* fueron bajos en PC y en lignina. El corno fue también bajo en estos nutrientes y en fibra debido a su alto contenido de almidón 180g kg^{-1} de MS.

En cuanto a composición de aminoácidos, Sarria (1999) encontró que las hojas de *Trichanthera* tienen un balance adecuado de aminoácidos con respecto a la lisina, salvo alguna deficiencia de metionina y cistina. Leterme *et al.* (2005a) registraron que las hojas de *Morus* y *Xanthosoma* cubren los requerimientos de cerdos adultos y en crecimiento, mientras que *Trichanthera* tiene un bajo contenido de lisina. Los tallos y corno de *Xanthosoma* por el contrario no están bien balanceados (Cuadro 4).

Sarria (1999) registró que las hojas de *Trichanthera* y *Tithonia* tuvieron 67 y 71% de NH_2 con respecto al N total, mientras que Leterme *et al.* (2005a) señalaron que para *Trichanthera*, *Morus* y *Xanthosoma* los valores variaron entre 77,9 y 86,9%. Otros autores han registrado valores desde 49 hasta 92% en semillas y hojas de plantas tropicales (Milton y Dintz 1979, Proll *et al.* 1998). La diferencia se debe posiblemente a las pérdidas durante el análisis de aminoácidos, a la presencia de nitrógeno no proteico y al factor de conversión de N a PC de 6,25. Mosse (1990) sugiere factores entre 5,2 y 5,7 para semillas, mientras que Milton y

Cuadro 2. Composición proximal (%) de algunos follajes y granos

Especie	Humedad	PC	EE	FC	Cenizas	ELN
<i>Trichanthera g.</i>	79	16	8	17-26	16-19	15 MJ/kg
<i>Bohemeria n.</i>	77	16	5	20	14	48
<i>Morus alba</i>	74	15-20	3	19	20	42
<i>Alocasia m. (h)</i>	87	21-22	6	15-19	16	38
(t)	90	6-10	1	12-16	15	66
<i>Urera c.</i>	81	28	2	18	31	28
<i>Gliricidia s.</i>	88	20-23		21		
<i>Cajanus c.</i>	12	22-23	2	10	5	
<i>Thitonia d.</i>	95	21-28	6	15	17	17 MJ/kg

(Sarria 1999)

Alimentación no convencional para monogástricos en el trópico

Cuadro 3. Composición proximal (g kg⁻¹) de algunos follajes

	Hojas						Tallos			<i>Cormo^a Xanthosoma</i>	
	<i>Trichanthera</i>		<i>Morus</i>		<i>Xanthosoma</i>		<i>Xanthosoma</i>				
	Joven N=7	Maduro N=7	Joven N=7	Maduro N=7	Joven N=7	Maduro N=7	Error ^b	Joven N=6	Maduro N=6		Error
PROMEDIO											
MS g kg ⁻¹	137a	161a	242b	303b	99a	139a	14**	56a	65b	5***	72±17
Cenizas	151ab	161a	108c	128bc	115bc	139ab	4***	120a	147b	6*	68±4
PC	216ab	203ab	194a	170a	240b	231b	6*	91a	68b	4**	75±12
EE	43a	72ab	52a	68b	80b	97b	5*	47	52	8	53±27
FC	390a	429a	226b	278b	124c	130c	21**	131a	143b	4**	95
FDN	398a	397a	218b	278b	246b	298b	15***	231	233	5	170±26
FDA	219a	233a	102b	130b	146b	177ab	10*	170	179	5	99±22
Lignina	75a	80a	15b	29b	32b	46ab	5*	17	7	4	19±10
Azúcares	201	183	188	164	229	197	14	331	383	47	584±53
Totales											
Azúcares	71	64	111	117	140	137	10	210	253	50	298±129
Reductores											
RANGO											
MS g kg ⁻¹	126-173	131-183	194-304	207-337	84-120	98-171		45-93	46-78		50-99
Cenizas	136-160	135-177	98-138	92-163	90-131	122-157		116-176	95-137		64-74
PC	193-235	115-219	168-223	113-239	221-258	181-246		66-111	61-78		56-91
EE	34-67	50-90	34-71	61-72	55-118	76-114		26-81	31-99		16-88
FC	300-434	307-567	183-247	210-388	106-145	115-143		118-137	132-168		81-100
FDN	299-448	307-462	174-247	210-301	186-328	225-371		209-257	209-264		128-197
FDA	166-237	172-337	85-124	82-189	115-186	129-250		152-190	163-211		70-131
Lignina	40-124	15-121	13-21	16-27	11-54	29-75		7-27	3-10		8-32
Azúcares	120-300	88-263	106-273	88-265	146-322	112-257		274-389	292-535		527-606
Azúcares	47-98	53-75	42-197	88-215	97-188	95-170		147-360	108-335		76-417
Reductores											

^a = El promedio de contenido de almidón fue 180 g kg⁻¹.

^b = Error estándar de la media y el resultado de la comparación de la composición de las hojas de las especies de árboles o aquellas de los tallos de *Xanthosoma* (*P<0,05, **P<0,01 y ***P<0,001). (a, b, c) medias en la misma fila con letras distintas difieren significativamente.

Dintzis (1979), un factor más bajo para hojas tropicales.

Las hojas de las forrajeras tienen un contenido importante de minerales. La *Trichanthera* es muy rica en calcio, mientras que las hojas y el cormo de *Xanthosoma* son altos en potasio. Sin embargo todos son pobres en fósforo y sodio. Las hojas, especialmente de *Trichanthera* son buena fuente de micronutrientes como el hierro y el magnesio. El tallo de *Xanthosoma* no es una buena fuente de minerales.

VALOR NUTRITIVO

1. Ingesta voluntaria de forrajes en cerdas adultas

Según Basto (2002), las cerdas adultas consumen 9,3 kg de hoja fresca (1,31 kg MS), de *Xanthosoma* por cada 100 kg de peso vivo, al brindarles 1 kg de alimento concentrado durante la etapa de gestación. Leterme *et al.* (2005a) señalaron que las cerdas solo fueron capaces de recibir alrededor de 3,3 Kg de forraje fresco día⁻¹ de *Xanthosoma* o *Trichanthera* (0,51 kg de MS). Un aporte importante de este trabajo fue demostrar que la ingesta de MS fue el doble

Cuadro 4. Composición de aminoácidos de las hojas de tres forrajes, expresados como % del total de proteína

	<i>Trichanthera</i>	<i>Morus</i>	<i>Xanthosoma</i>			Requerimientos	
	Hojas (N = 9)	Hojas (N = 4)	Hojas (N = 2)	Tallos (N=2)	Cormo	Cerdo de 50 Kg	Cerda lactando
Esenciales							
Arg	49 (7)	53 (10)	50 (7)	31 (6)	37	17	27
His	22 (6)	21 (4)	19 (3)	15 (1)	10	15	21
Iso	41 (6)	43 (10)	37 (8)	26 (1)	17	27	29
Leu	72 (9)	82 (15)	75 (12)	49 (3)	33	46	55
Lis	43 (5)	57 (8)	56 (9)	40 (2)	28	48	52
Met	15 (2)	16 (1)	18 (3)	11 (1)	7	13 (28) ^b	13 (25) ^b
Fen	46 (6)	52 (10)	47 (6)	29 (0)	24	28 (45) ^b	27 (57) ^b
Treo	43 (5)	46 (8)	42 (7)	29 (01)	28	33	33
Trip	10 (2)	11 (1)	13 (1)	8 (0)	5	9	9
Val	50 (7)	54 (13)	48 (8)	38 (01)	35	34	34
No esenciales							
Ala	49 (5)	58 (6)	57 (6)	51 (7)	41		
Ac.Asp	89 (10)	102 (11)	96 (16)	108 (31)	103		
Cis	14 (2)	13 (1)	13 (1)	11 (1)	15		
Ac.Glut	97 (13)	104 (14)	103 (16)	91 (0)	114		
Gli	50 (6)	51 (9)	49 (5)	34 (0)	26		
Prol	44 (5)	46 (8)	42 (6)	30 (1)	27		
Ser	40 (4)	44 (5)	42 (7)	49 (7)	45		
Tir	33 (6)	34 (9)	29 (2)	13 (3)	5		
Total	779 (83)	869 (115)	834 (123)	663 (36)	600		
N	29 (4)	44 (2)	45 (1)	14 (2)	13		

Promedios (desviación estándar)

^a Requerimientos cerdos de 50-80 kg: 15,5% de proteína cruda en la dieta^b En paréntesis se encuentra el requerimiento de met + cis y fen + tir.

cuando los forrajes fueron presentados en harina (secos y molidos) con respecto a cuando se ofrecieron frescos, independiente de la especie. El máximo de ingesta diaria de MS (dieta basal + forraje) no excedió 69 g kg⁻¹PV^{0.75}, cuando el forraje fue ofrecido en forma fresca, y 84 g kg⁻¹PV^{0.75} cuando se brindó en harina (Cuadro 6). Sarria (1999) registró consumos de *Trichanthera* entre 1 y 2 kg de hojas frescas en cerdas adultas que recibieron 8 litros de jugo de caña o 9 kg de tallos de caña y entre 300 y 500 g de un suplemento basado en torta o grano de soya.

La ingesta de alimentos voluminosos es restringida debido a las limitaciones fisiológicas del animal (Kyriasakis y Emmans 1995, Whittemore *et al.* 2002). El volumen es debido a la dilatación que ocurre al hidratar los alimentos y el volumen final ingerido (VFI) depende de la estructura y composición de la fibra (Bach 2001). El volumen afecta el vaciado del estómago en el animal (Whittemore *et al.* 2002, Guerin *et al.* 2001).

A pesar que algunos autores señalan que el VFI de los alimentos voluminosos puede ser inferido por la cantidad de agua que ellos retienen (capacidad de retención de agua o "water holding capacity" WHC) (Kyriasakis y Emmans 1995, Whittemore *et al.* 2003), en las evaluaciones de Leterme *et al.* (2005), no fue así. Las dos especies tuvieron el mismo consumo pero su WHC fue distinto (8,8 g de agua g⁻¹ MS para la harina de hojas de *Xanthosoma* y 6,2 para *Trichanthera*). Las hojas frescas tuvieron WHC comparable al de las harinas (entre 6 y 10 g de agua g⁻¹ MS), pero el VFI fue diferente.

2. Digestibilidad de forrajes en animales jóvenes

La digestibilidad de las dietas que contienen forrajes fue más baja que la de una dieta basada en cereales y tortas de oleaginosas únicamente (P<0,001). No hubo diferencias entre la digestibilidad de hojas de *Trichanthera*, *Morus* o *Xanthosoma*, calculada por diferencia (P>0,05). Los

Cuadro 5. Composición mineral de hojas de tres especies de forrajes

	<i>Trichanthera</i>		<i>Morus</i>		<i>Xanthosoma</i>	
	Hojas (N=5)	Hojas (N=5)	Hojas (N=5)	Hojas (N=5)	Tallos (N=1)	Cormo (N=2)
Cenizas, g kg ⁻¹ MS	222-308	127-174	123-158		130	198-200
SiO ₂ , g kg ⁻¹ MS	5-16	34-62	1-7		0,1	--
Macroelementos, g kg ⁻¹ MS						
Ca	48,5-69	16,8-30,5	19,7-26,2		5,6	6,6-7,1
P	1,5-4,0	2,2-4,8	2,5-7,2		1,7	1,9-5,1
K	23,1-35,2	24,7-50,7	34,7-42,0		18,4	52,2-87,6
Na	0,3-0,6	0,2-0,5	0,3-0,4		0,3	0,3-0,4
Mg	6,9-11,2	2,8-5,1	3,7-7,3		1,1	2,4-2,6
Cl	6,9-10,4	0,4-2,1	2,9-5,5		3,1	4,9-5,5
S	3,7-6,5	0,9-1,9	0,7-0,9		0,3	0,5-0,6
Microelementos, mg kg ⁻¹ MS						
Fe	171-460	101-478	160-522		80	77-116
Zn	29-46	24-33	30-45		18	31-33
Cu	14-24	4-12	7-23		16	8-18
Mn	47-232	28-49	37-106		14	27
Se	1,4-4	0,1-0,2	0,1-0,3		0,2	< 0,1
Co	0,1-0,8	0,1	0,1-0,2		< 0,1	< 0,1

(Leterme *et al.* 2005b)

coeficientes de digestibilidad de la proteína de los forrajes fueron bajos (alrededor de 35%) y el aporte de proteínas digestibles se estimó entre 53 y 60 g kg⁻¹ de materia seca de forraje solo. La energía digestible varió entre 1674 y 2037 Kcal kg⁻¹, con aporte ligeramente superior de la hoja de *Xanthosoma* aunque no hubo diferencias significativas (Cuadro 7).

La literatura científica reporta datos de digestibilidad más altos: 46-57% en el caso de la proteína de la leucaena (Ly *et al.* 1998)

y 46% en las hojas de *cassava* (Phuc *et al.* 2000). Al parecer la alta tasa de incorporación de forraje en la dieta (35%) que se usó en la prueba afectó la digestibilidad. La razón fue porque cuando se trabaja por diferencia para la evaluación de la digestibilidad de los forrajes solos, se debe realizar una inclusión significativa para minimizar la imprecisión de estimación de digestibilidad del forraje solo.

En otros estudios la digestibilidad se ha evaluado por regresión con inclusiones de 0,

Cuadro 6. Ingesta voluntaria de hojas frescas o secas brindadas a voluntad a cerdas adultas*

	<i>Trichanthera</i>		<i>Xanthosoma</i>		Especie F	Significancia		
	Fresca	Seca	Fresca	Seca		Animal A	Período	A x F
Dieta Basal								
g MF día ⁻¹	1874 (137)	1825 (320)	1760 (138)	1703 (244)	NS	NS	NS	NS
g MS día ⁻¹	1679 (120)	1635 (281)	1577 (118)	1527 (217)	NS	NS	NS	NS
g MS kg PV ^{.75} día ⁻¹	56,6 (3,2)	50,8 (9,2)	50,5 (3,1)	48,2 (5,6)	NS	NS	NS	NS
Follaje								
g MF día ⁻¹	3393a (826)	1181b (207)	3315a (9,76)	1116b (159)	**	**	NS	NS
g MS día ⁻¹	515a (111)	1080b (191)	510a (232)	1015b (144)	**	**	NS	NS
g MS kg PV ^{.75} día ⁻¹	16,2a (3,9)	33,6b (6,3)	16,3a (7,3)	32b (3,7)	**	**	NS	NS

* Los resultados están expresados en g kg⁻¹ (MF) o materia seca (MS) por 100 kg de peso vivo PV o en g de MS por kg de peso metabólico PV^{.75}. a, b= medias en la misma fila con diferente letra difieren significativamente. Las medias están acompañadas con las desviaciones en paréntesis.

Cuadro 7. Coeficientes de digestibilidad en cerdos jóvenes de dietas y forrajes solos y contenido de proteína digestible y energía digestible

	DIETAS						FORRAJE SOLO					
	Basal	Tri	Mor	Xan	Error ¹	P	Tri	Mor	Xan	Error	P	
MS, %	85,0 a	71,8 b	74,7 b	75,1 b	1,4	***	47,4	55,5	56,9	2,8	NS	
PC, %	88,0 a	71,4 b	69,2 b	69,7 b	2,9	***	36,3	33,0	34,4	3,1	NS	
Energía, %	86,7 a	74,7 b	74,1 b	75,2 b	1,4	***	50,5	50,9	52,8	2,7	NS	
P Dig g kg ⁻¹	148,1 a	117,4 b	110,7 b	118,5 b	3,8	***	60,3	52,8	57,1	5,1	NS	
E Dig Kcal kg ⁻¹	3560 a	2900 b	2920 b	3027 b	86	***	1674	1731	2037	89	NS	

(Leterme *et al.* 2005a)Tri: *Trichanthera gigantea*, Mor: *Morus alba*, Xan: *Xanthosoma sagittifolium*¹ Error estándar de la media

*** Diferencia altamente significativa (P < 0,001), NS: diferencia no significativa.

a b = letras distintas en la misma fila difieren significativamente.

100 y 200 g hojas kg⁻¹ de la dieta. En todos ellos se puede observar que los decrecimientos son más rápidos entre 100 y 200 que entre 0 y 100. Por ejemplo, Laswai *et al.* (1997) obtuvieron 67, 66 y 59 % de digestión del N con esos niveles de inclusión. Por tanto, es claro que se debe limitar hacia un 10% el nivel de forraje en las dietas de cerdos en crecimiento, para no afectar los procesos digestivos. Sin embargo, Sarria (1999) registró menores rendimientos productivos en cerdos en levante (20-50 kg PV) al incluir desde 3% de *Trichanthera* en la dieta en base seca, mientras que en ceba (50-90 kg PV) no se presentaron diferencias con la dieta basal, hasta una inclusión de 4% en la dieta.

La digestibilidad de la proteína fue determinada a nivel fecal, cuando es preferible realizarla hasta el íleon, para evitar la fermentación ocurrida en el ciego (Leterme *et al.* 1996). Esto fue medido en otro estudio (Leterme *et al.* 2003), donde los valores fueron menores por la fermentación microbiana y porque la digestibilidad ileal aparente no tomó en cuenta las pérdidas endógenas, que en el caso de los alimentos fibrosos son altos (Leterme *et al.* 2000). Esto puede inferir que la digestibilidad verdadera de las harinas de forrajes es mayor a la que se presenta aquí y que las pérdidas endógenas de proteína también son altas.

El aporte de energía fue apreciable y se compara con el de alfalfa de buena calidad (INRA 1984). En conclusión, estos forrajes proveen una cantidad apreciable de energía, pero son pobres en proteína, por lo cual se

debería buscar incrementar la proteína de las hojas con fertilización del cultivo. Un nivel de 35% de forrajes en la dieta afecta la digestibilidad, en términos prácticos deben incluirse en las dietas alrededor de un 10%.

3. Digestibilidad total en cerdas adultas

Contrario a lo que sucede en cerdos jóvenes, las cerdas reproductoras que consumen forrajes durante la gestación tienen rendimientos similares comparados con los de las dietas basadas en cereales o caña y tortas de oleaginosas (Sarria 1999 y Basto 2002).

En un estudio realizado por Leterme *et al.* (2005a) se evaluó la digestibilidad de tres forrajes en cerdas adultas *Trichanthera*, *Morus* y *Xanthosoma*. La digestibilidad de la MS de la dieta pasó de 84 a 77% (P > 0,05), al incluir 0, 15 o 30% de forraje. Estos detrimentos fueron menos marcados que en cerdos jóvenes, donde las diferencias fueron altamente significativas (Cuadro 7). Sin embargo, se observó una mayor digestibilidad de los forrajes que en los jóvenes. La MS estuvo entre 48 y 73%, mientras que en cerdos jóvenes estuvo alrededor de 52%; la proteína entre 27 y 61% frente a 35% y la energía entre 53 y 71%, cuando los cerdos jóvenes solo alcanzaron 51%. Valores más bajos aún se obtuvieron con cerdos de 20 kg de PV que recibieron 100 ó 200 g de harina de hojas de *Trichanthera* kg⁻¹ de dieta (Leterme *et al.* 2003). También en cerdas adultas se logró una diferenciación entre las 3 especies de forrajes, lo que no sucedió en lechones. Para todos los nutrientes la digestibilidad del

forraje de *Trichanthera* fue menor ($P < 0,001$) seguido por *Morus*, mientras que *Xanthosoma* fue siempre superior, aunque las diferencias con *Morus* no fueron significativas ($P > 0,05$).

Estos resultados están de acuerdo con los datos obtenidos para otras harinas de hojas en cerdos en crecimiento: desde 51 hasta 54% de digestibilidad de la proteína de las hojas de *Manihot sculenta* (cassava), *Ipomea batata* (batata) y *Leucaena leucocephala* (Ly *et al.* 1998, Phuc *et al.* 2002 y An *et al.* 2004).

En este estudio se evaluó además la digestibilidad de la fibra debido a la mayor ventaja comparativa de los animales adultos para fermentar la fibra en el ciego. Los valores de digestibilidad total de la FDN de las dietas con forrajes fueron más altos que los registrados por otros autores: desde 31 hasta 44% para dietas con 200 ó 400 g de harina de forraje por kg de dieta (Ly *et al.* 1998, Phuc *et al.* 2000 y An *et al.* 2004).

4. Digestibilidad ileal y morfología intestinal en cerdas adultas

Leterme *et al.* (2005a) evaluaron la digestibilidad ileal de 3 especies de forrajes arbóreos (Cuadro 9). Aunque con valores mayores, las diferencias no fueron significativas ($P > 0,05$) al comparar la digestibilidad ileal de la MS y la FDN de una dieta de cereales y tortas de oleaginosas que contenían 30% de forrajes. La digestibilidad de la proteína y el contenido de energía de las hojas de *Trichanthera* fueron globalmente más bajos ($P < 0,05$), que en las otras dos especies (Cuadro 9), posiblemente porque los valores de FDN de esta especie fueron más altos en este experimento, lo cual se correlaciona negativamente con la digestibilidad (Van Wierin 2000, Kanengoni *et al.* 2002). En un experimento previo en cerdos en crecimiento, no hubo diferencias entre los tres forrajes (Leterme *et al.* 2005a) pero tuvieron una composición similar. Igualmente, las hojas de *Trichanthera* tienen una alta proporción (59%) de proteína asociada a la fibra (Shayo and Unden 1999), lo que puede explicar su menor digestibilidad.

El más bajo contenido de proteína digestible de las hojas de *Trichanthera* puede

también ser explicado por el mayor pH (4,3), del fluido gástrico de las cerdas alimentadas con esta dieta ($P = 0,013$), medido 16 h después de la última comida. El pH óptimo para la máxima actividad de la pepsina es 2. Esto puede estar relacionado con el mayor contenido mineral de las hojas de *Trichanthera*, donde el calcio alcanzó 60 g/kg^{-1} de materia seca vs. 20-30 g para *Morus* y *Xanthosoma* (Cuadro 5) (Leterme *et al.* 2005 a,b). 16 horas después de la última comida, el estómago contenía 60% de la MS de dicha comida. Esto puede estar relacionado con el incremento de pH que el Ca pudo causar en el estómago. La actividad de las enzimas del intestino delgado fue más baja ($P < 0,001$) en el caso de aminopeptidasa-N para las dietas con *Trichanthera* y *Morus*.

La energía digestible de la dieta con *Trichanthera* fue más baja que en la dieta basal, pero mayor que en las dietas basadas en los otros dos forrajes. Las diferencias de la digestibilidad entre la dieta basal y las dietas con forrajes fueron más altas que aquellas observadas para el total del tracto digestivo.

Se observó una alta desaparición de la fibra dietética en el intestino delgado, lo cual fue inesperado ya que los animales no tenían enzimas para hidrolizarlas. Otros autores también han reportado altos valores. An *et al.* (2004) estimaron que 25% de la FDN de las hojas de batata (*Ipomea batata*) (con 25% de FDN), desaparecieron antes de alcanzar el ileon. Ly *et al.* (1998) informaron digestibilidades de la FDN de 23% para dietas con 200 g kg^{-1} en la dieta. También observaron un alto incremento en la concentración de ácidos grasos de cadena corta en el ileon, que fue alcanzado durante la fermentación de la fibra.

La longitud y el peso de los órganos no fueron afectados por las dietas ($P > 0,05$), excepto el mayor peso del ciego de las cerdas alimentadas con la dieta que incluía *Trichanthera* ($P < 0,001$), posiblemente por la mayor proporción de fibra.

Los datos confirman que las cerdas usan mejor las harinas de forrajes que los cerdos jóvenes y tienen mayor capacidad de

Alimentación no convencional para monogástricos en el trópico

ingesta (Le Goff y Noblet 2001, Noblet y Van Milgen 2004).

Los valores de digestibilidad de las harinas de forraje no difirieron de acuerdo al nivel de incorporación en la dieta ($P > 0,05$; Cuadro 8) y esto demuestra que su presencia en el tracto digestivo no afectó el proceso digestivo. Esto es corroborado por

los resultados de las digestibilidades enzimáticas que fueron globalmente similares para la dieta basal y las dietas con inclusión de forrajes. La actividad de estas enzimas de barrido de borde, fue tomada como un indicador del posible efecto de la harina de forraje sobre la morfología intestinal, los efectos de la fibra dietética

Cuadro 8. Digestibilidad total aparente y energía digestible de dietas con forrajes y forrajes solos en cerdas adultas

Dieta basal	Digestibilidad aparente (%)			FND	ED Kcal kg. ⁻¹
	MS	N	Energía		
Dieta basal	83,7	88,3	86,1	37,2	3570
Dietas con forrajes					
TRI 150	77,9 ^{ab}	77,4 ^a	80,4 ^a	34,3 ^{ab}	3294 ^a
MOR 150	80,3 ^b	81,4 ^a	82,9 ^a	41,4 ^a	3444 ^b
XAN 150	81,7 ^b	82,9 ^a	83,4 ^a	51,2 ^{ab}	3455 ^b
TRI 300	73,0 ^a	71,2 ^b	75,1 ^b	47,4 ^{bc}	3036 ^c
MOR 300	77,3 ^{ab}	78,5 ^a	79,2 ^a	55,5 ^{ab}	3296 ^a
XAN 300	78,7 ^{ab}	79,9 ^a	79,5 ^a	53,6 ^{bc}	3292 ^{ab}
ERROR	2,0	2,8	2,0	5,1	81
P	**	***	***	**	***
Efecto de la especie					
TRI	NS	a	a	a	a
MOR	NS	b	b	b	b
XAN	NS	b	b	b	b
P	NS	***	**	**	***
Efecto del nivel					
150	a	a	a	a	a
300	b	b	b	b	b
P	***	**	***	*	***
Especie x nivel					
P	NS	NS	NS	NS	NS
Forraje solo					
TRI 150	48,0 ^a	27,4 ^a	54,5	-	1986 ^a
MOR 150	63,7 ^{ab}	42,7 ^{ab}	63,8	-	2727 ^b
XAN 150	73,2 ^b	52,6 ^b	71,1	-	2800 ^b
TRI 300	49,2 ^a	31,7 ^a	53,2	-	1789 ^a
MOR 300	63,5 ^{ab}	56,0 ^b	56,1	-	2657 ^b
XAN 300	68,1 ^b	60,6 ^b	67,6	-	2644 ^b
ERROR	15,4	23,2	16,5	-	101
P	**	**	NS	-	**
Efecto de la especie					
TRI	a	a	a	a	a
MOR	b	b	b	b	b
XAN	b	b	b	b	b
P	***	***	**	-	***
Efecto del nivel					
150	NS	NS	NS	NS	NS
300	NS	NS	NS	NS	NS
Especie x nivel					
P	NS	NS	NS	-	NS

a, b, c, d: letras diferentes en la misma columna difieren significativamente (NS no significativo, * $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$).

sobre la proliferación de células epiteliales, altura y ancho de los velli han sido registrados (Jin *et al.* 1994, Moore *et al.* 1988). Sin embargo, estos efectos fueron observados en lechones y hay poca información sobre cerdas. Recientemente se demostró que las pérdidas de proteína endógena por kg MS ingerida, son marcadamente más altas en lechones que en cerdos adultos (> 100 kg de peso vivo) alimentados con dietas fibrosas (Leterme y Thewis 2004). En otras palabras los animales grandes son menos afectados por la ingestión de fibra que los pequeños. El peso y la longitud de los órganos digestivos tampoco fueron afectados por la ingestión de harinas de forrajes, con excepción de las cerdas alimentadas con *Trichanthera*, debido a los más altos contenidos de fibra (Cuadro 9). Algunos efectos de la ingestión de fibra sobre el peso de los órganos han sido

reportados en cerdos en crecimiento, pero limitados al intestino delgado (Anugwa *et al.* 1989, Pond *et al.* 1989).

5. Fermentación *in vitro* de la fibra en el intestino grueso

Las metodologías *in vitro* son un apoyo importante para medir el valor nutricional de un alimento, por su rapidez, menores costos y menor afectación de los animales vivos. La fermentación *in vitro* es una tecnología ajustada a los monogástricos de los estudios con ruminantes y consta de una pre-digestión con pepsina y pancreatina (simulación de lo sucedido en estómago y duodeno) y de una fermentación del residuo con inóculos a partir de heces (simulando la fermentación sucedida en el ciego).

Van Wieren (2000) estimó que la fracción detergente neutro de los forrajes puede constituir hasta el 26% de la energía metabolizable brindada a cerdos adultos. Sin

Cuadro 9. Digestibilidad ileal (%) de la materia seca, N, energía y FDN de dietas que contenían 300 g de harina de forrajes kg⁻¹, peso de los órganos digestivos y actividad enzimática en cerdas

	Dieta basal	Trich	Mor	Xan	Error estándar	P
MS	73,9	67,1	64,2	68,4	1,1	0,15
PC	80,3 ^a	60,7 ^b	69,6 ^a	73,6 ^a	2,3	0,003
Energía	76,0 ^a	60,6 ^b	66,7 ^{ab}	70,7 ^{ab}	1,9	0,009
FDN	25,7	24,5	27,5	37,2	3,3	0,59
Órganos						
		Longitud (m)				
Intestino delgado	17,4	18,5	18,7	18,7	9,0	0,41
Intestino grueso (m)	6,2	6,4	6,5	6,7	14,2	0,79
		Peso (g/100kg de Peso vivo)				
Estómago	549	585	680	541	15	0,11
Intestino delgado	1169	1289	1269	1286	15	0,78
Ciego	97 ^a	160 ^b	124 ^a	112 ^a	15	<0,001
Colon	1498	1873	1495	1570	29	0,37
		PH:				
Estómago	2,65 ^a	4,30 ^b	2,49 ^a	2,90 ^{ab}	0,25	0,013
Colon	6,26	6,57	6,45	6,75	0,07	0,089
Ciego	6,24 ^a	6,59 ^b	6,41 ^{ab}	6,50 ^b	0,04	0,012
Actividad enzimática						
<u>N-aminopeptidasa:</u>						
Duodeno	6,0	3,2	6,4	4,8	0,4	0,32
Yeyuno	8,2 ^a	5,9 ^{bc}	5,0 ^c	6,7 ^{ab}	0,1	0,003
Ileón	7,7	6,5	5,6	7,5	0,2	0,06
Alcalina-fosfatasa						
Duodeno	0,28	0,25	0,39	0,20	0,05	0,41
Yeyuno	0,44	0,41	0,42	0,51	0,05	0,93
Ileón	0,33	0,24	0,20	0,18	0,05	0,45

a, b, c : Promedios con letras distintas en la misma fila, difieren significativamente.

embargo, los resultados de las digestibilidades ileales y fecales indicaron que una proporción importante de la fibra desapareció en el intestino delgado. Para nuestro conocimiento la energía suplida por la fermentación de la fibra en el intestino delgado no ha sido registrada. Sin embargo, la validez de la observación depende de la digestibilidad ileal de la FDN. La exactitud de la medida del flujo de la fibra puede ser afectada por las interacciones entre las fibras y los marcadores (Pond *et al.* 1986) y la FDN no es el método más apropiado para medir fibra en el contenido intestinal (Englyst y Cummings 1988). De esta manera, se requiere mayor investigación para estimar la contribución real de la energía de la fibra de harinas de forrajes, tanto en el intestino delgado como en el grueso.

Leterme *et al.* (2005a) evaluaron los parámetros de la cinética de fermentación de una dieta basal y 6 con la inclusión de 3 forrajes (*Trichanthera*, *Morus* y *Xanthosoma*) con 2 niveles (150 y 300 g kg⁻¹ de dieta). Los

resultados son presentados en el Cuadro 10. La harina de hojas y el nivel de hojas en la dieta afectó todos los parámetros (P<0,001), excepto el tiempo de latencia L (P>0,05). Se observaron interacciones (P<0,001) entre la especie y el nivel de harina de hojas en la dieta, para los parámetros de la cinética de fermentación (T/2, $\mu_t=T/2$ y G_f). El volumen de gas producido después de la fermentación de la harina mostró el mismo orden de especies de forrajes que para las digestibilidades totales e ileales: *Trichanthera* < *Morus* < *Xanthosoma*. Los forrajes como también las dietas necesitaron más de 30 h para alcanzar la máxima producción de gas.

La rata de fermentación está relacionada con la solubilidad de la fibra, la presencia de pectinas y con la estructura y propiedades físico químicas de las fibras, tal como la capacidad de absorción de agua de la harina de forraje (Bourquin *et al.* 1992, Guillon *et al.* 1998 y Robertson *et al.* 2001). Estos parámetros no pudieron ser determinados por las condiciones del

Cuadro 10. Parámetros de la cinética de producción de gas de acuerdo al modelo de France *et al.* (1993), obtenidos después de la fermentación con un inóculo fecal de cerdas alimentadas con dietas que incluían forrajes

Sustrato	n ¹	L ²	T/2 ³	$\mu_t=T/2^4$	G _f ⁵
Harina de hojas					
<i>Trichanthera</i>	5	0,4 ^b	17,2 ^a	0,03 ^d	288 ^{bc}
<i>Morus</i>	5	1,2 ^{ab}	12,5 ^b	0,04 ^d	312 ^{bc}
<i>Xanthosoma</i>	5	1,7 ^a	11,2 ^{bc}	0,05 ^{cd}	380 ^a
Error estandar		0,4	1,2	0,01	12
P		0,002	<0,001	<0,001	<0,001
Dietas					
Dieta basal	3	0,5 ^b	12,2 ^{bc}	0,04 ^d	321 ^{bc}
TRI 150	3	0,6 ^b	7,5 ^c	0,09 ^a	164 ^e
MOR 150	4	0,7 ^b	11,9 ^{bc}	0,04 ^d	397 ^a
XAN 150	3	1,3 ^{ab}	8,4 ^{de}	0,07 ^b	276 ^c
TRI 300	4	0,9 ^{ab}	9,9 ^{cd}	0,06 ^{bc}	215 ^d
MOR 300	5	0,6 ^b	12,5 ^b	0,04 ^d	331 ^b
XAN 300	4	1,2 ^{ab}	13,0 ^b	0,04 ^d	413 ^a
SEM		0,4	1,0	0,01	27
P		0,043	<0,001	<0,001	<0,001
Dieta		<0,001	0,011	<0,001	<0,001
Nivel de harina de hojas		0,265	<0,001	<0,001	<0,001
Dieta x nivel de harina de hojas		0,054	<0,001	<0,001	<0,001

¹n = No. de observaciones para la hidrólisis. ²L = Tiempo de latencia (h).

³T/2 (h⁻¹) = tiempo medio de la curva de fermentación (h)

⁴ $\mu_t=T/2$ = rata fraccional de degradación a T/2(h⁻¹). ⁵G_f = máximo volumen de gas (ml g⁻¹).

a, b, c, d : medias con diferentes letras en la misma columna difieren significativamente.

estudio.

La más baja fermentación de la fibra de *Trichanthera* puede estar relacionada con su más alto contenido de lignina, pero no hay una explicación clara para la más alta fermentación de las hojas de *Xanthosoma* comparada con la de *Morus*, pues en el Cuadro 2 se aprecia que *Morus* tiene un ligero menor contenido de lignina que *Xanthosoma*. La más alta fermentación de las dietas que contenían 300 g kg⁻¹ de harina de hojas comparado con aquellas que contenían 150 g kg⁻¹, puede ser explicado por la más alta cantidad de fibra introducida a las jeringas. En este estudio se introdujo una igual cantidad de materia en las jeringas, independiente de la rata de hidrólisis ocurrida después de la incubación con pepsina y pancreatina.

Con base en los resultados de digestibilidad total e ileal, se calculó la cantidad de gas producido en el intestino grueso: alcanzó 6,4, 13,1, 20,9 y 14,4 litros/kg de MS ingerida, para las dietas BASAL, TRI 300, MOR 300 y XAN 300. Así, a pesar de que su rata de fermentación fue más alta que en *Morus*, las hojas de *Xanthosoma* aportaron menos energía en forma de ácidos grasos de cadena corta.

La mayor parte del gas fue producido dentro de las 30 h después de iniciada la fermentación, lo cual corresponde de una manera aproximada al tiempo de tránsito de las partículas a través del intestino grueso. Después de mucho tiempo, la dieta con *Xanthosoma* continuó fermentando, lo que no sucedió con las otras dietas.

Se concluyó que la ingesta por encima de 300 g harina de hojas no afectó el proceso digestivo en las cerdas. Ellas pueden aportar desde 1789 hasta 2800 kcal de energía digestible por kg de MS y desde 60 hasta 125 g de proteína digestible kg⁻¹ MS, lo cual es apreciable en muchas condiciones de producción porcina en los países en desarrollo. Su fibra es altamente fermentable en el intestino grueso, pero falta estimar la contribución real de la fermentación al aporte energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- An, L.V., Thu Hong, T. y Lindberg, J.E. 2004. Ileal and total tract digestibility in growing pigs fed cassava root meal diets with inclusion of fresh, dry and ensiled sweet potato (*Ipomea batatas* L.) leaves. *Animal Feed Science and Technology* 114: 127-139.
- Anugwa, F., Varel, V., Dickson, J., Pond, W. y Krook, L. 1989. Effects of dietary fiber and protein concentration on growth, feed efficiency, visceral organ weights and large intestine microbial populations of swine. *Journal of Nutrition* 119: 879-886.
- Bach Knudsen, K. E. 2001. The nutritional significance of dietary fiber analysis. *Animal Feed Sci Tech* 90:3-20
- Basto, G. 2002. El bore (*Alocasya macrorrhiza* Linneo = *Xanthosoma sagittifolium*) un cultivo sostenible y alimento económico en producción de cerdos. En: Tres especies vegetales promisorias Nacedero, Botón de oro y Bore. CIPAV, Cali Colombia. 35-48 p.
- Boudry, C., Buldgen, A., Anciaux, B., Ruiz Peña, M., y Leterme, P. 2004. Mise au point d'une méthode de détermination in vitro du taux de fermentation des fibres dans le gros intestin du porc. *Journées de la Recherche Porcine en France* 36 : 219- 225
- Buck, L., Lassoie J. y Fernandes, E. 1999. *Agroforestry in sustainable agricultural systems*. CRC Press, Boca Raton.
- CIPAV 2004. Sistemas silvopastoriles: Establecimiento y manejo. Fundación Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria. 167 p.
- Dung, X. N., Manh, L. y Udén, P. 2002. Tropical fibre sources for pigs: digestibility, digesta retention and estimation of fibre digestibility in vitro. *Animal Feed Science and Technology* 102: 109-124.
- Englyst, H. y Cummings, J. 1988 Improved method for measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides in plant foods. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 71: 808-814

- FAO 1999. La Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal No. 143, Roma (Italia). 515 p.
- France, J., Dhanoa, M.S., Theodorou, M.K., Lister, S.J., Davies, D.R. y Isac, D. 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant feeds. *Journal of Theoretical Biology* 163: 99-111.
- Furukawa, A. y Tsukahara, H. 1966. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish fed, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 32: 502-506.
- Guerin, S., Ramonet, Y., Le Cloarec, J., Meunier Salun, M., Bourguet, P. y Malbert, C. 2001. Changes in intragastric meal distribution are better predictors of gastric emptying rate in conscious pigs than are meal viscosity or dietary fibre concentration. *Br J Nutr* 85: 343-350.
- INRA 1984. L'alimentation des animaux monogastriques. INRA ed. Paris, 282 p.
- Kanenogi, A., Dzama, K., Chimonyo, M., Kusina, J. y Maswaure, S. 2002. Influence of level of maize cob meal on nutrient digestibility and nitrogen balance in Large White, Mukota and LW x M F1 crossbred pigs. *Animal Science* 74: 127-134.
- Jin, L., Reynolds, L., Redmer, D., Caton, J. y Crenshaw, J. 1994. Effects of dietary fiber on intestinal growth, cell proliferation and morphology in growing pigs. *Journal of Animal Science* 72: 2270-2278
- Laswai, G., Ocran, J. Lekule, F. y Sustoul, F. 1997. Effects of dietary inclusion of leucaena leaves meal and with and without ferrous sulphate on the digestibility of dietary components and growth of pigs over the weight range 20-60 Kg. *Anim Feed Sciences and Technology*: 65:45-57
- Leterme, P., Thewis, A., Francois, E., van Leeuwen, P., Wathélet, B. y Huisman, J. 1996. The use of ¹⁵N-labeled dietary proteins for determining true ileal amino acid digestibilities is limited by their rapid recycling in the endogenous secretions of pigs. *J Nutr* 126:2188-2199
- Leterme, P. 1998. The high water holding capacity of pea inner fibers affects the ileal flow of endogenous amino acids in pigs. *Journal of Agricultural and food chemistry* 46: 1927-1934.
- Leterme, P., Souffrant, W. y Thewis, A. 2000. Effect of barley fibres and barley intake on the ileal endogenous N losses in piglets. *J Cereal Sci* 31:229-239.
- Leterme, P., Rosales, A., Valencia, A., Mera, F., Ballesteros, R., Souffrant, W., Londoño, A., Sarria, P. y Buldgen, A. 2003. Effect of intake of tree foliage and aquatic plant on the rate of ingestion and fecal and ileal digestibilities in pigs, in *Proc 9th Int Symp Digestive Physiology in Pig, Vol. 2*, Ed by Ball R. University of Alberta Press, Edmonton, pp 370-372
- Leterme, P. y Thewis, A. 2004. Effect of pig bodyweight on ileal amino acid endogenous losses after ingestion of a protein-free diet enriched in pea inner fibre isolates. *Reproduction, Nutrition, Development* 44: 407-417.
- Leterme, P., Londoño, A., Estrada F., Souffrant, W. and Buldgen, A. 2005a. Chemical composition, nutritive value and voluntary intake of tropical tree foliage and cocoyam in pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (in press)
- Leterme, P., Buldgen, A., Estrada, F. y Londoño, A. 2005b. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry* (in press).
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. y Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193: 265-275.
- Ly, J., Reyes, J., Macias, M., Martínez, V., Domínguez, P. y Ruiz, R. 1998. Ileal and total tract digestibility of Leucaena meal in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 70: 265-273.

- Kyriasakis, I. and Emmans, G. 1995. The voluntary food intake of pig given feeds based on wheat bran, dried citrus pulp and grass meal in relation to measurements of food bulk. *Br F Nutr.* 73: 191-207.
- Martins, M.J., Negrao, M.R., Hipolito-Reis, C. y Azevedo, I. 2000. Physiologic concentrations of bile salts inhibit rat hepatic alkaline phosphatase but not the intestinal isoenzyme. *Clinical Biochemistry* 33: 611-617.
- Milton, K. y Dintzis, F. 1979. Nitrogen-to-protein conversion factors for tropical plants samples. *Biotropical* 13: 177-181.
- Moore, R., Kornegay, E., Grayson, R. y Lindermann, M. 1988. Growth, nutrient utilization and intestinal morphology of pigs fed high-fiber diets. *Journal of Animal Science* 66: 1570-1579.
- Mosse, J. 1990. Nitrogen-to-protein conversion factors for 10 cereals and 6 legumes or oilseeds. *J Agric food Chem* 38: 18-24.
- Noblet, J. y van Milgen, J. 2004. Energy value of pig feeds: effect of pig body weight and energy evaluation system. *Journal of Animal Science* 82: 229-238
- Ocampo, L., Leterme, P. y Buldgen, A. 2004. A survey of pig production systems in the rain forest of the Pacific coast of Colombia. *Tropical Animal Health and Production* (in press).
- Phuc, B., Ogle, B. y Lindberg, J. 2000. Effect of replacing soybean protein with cassava leaf protein in cassava root meal based diets for growing pigs on digestibility and N retention. *Animal Feed Science and Technology* 83: 223-235.
- Pond, W., Pond, K., Ellis W. y Matis, J. 1986. Markers for estimating digesta flow in pigs and the effects of dietary fiber. *Journal of Animal Science* 63: 1140-1149.
- Pond, W., Varel, V., Dickson, J. y Haschek, W. 1989. Comparative response of swine and rats to high-fiber or high-protein diets. *Journal of Animal Science* 67: 16-23.
- Proll, J., Petzke, K., Ezeagu, I. y Metges, C. 1998. Low nutritional quality of unconventional tropical crop seeds in rats. *F Nutr* 128:2014-2022.
- Sangild, P.T., Sjöstrom, H., Noren, O., Fowden, A.C. y Silver, M. 1995. The prenatal development and glucocorticoid control of brush-border hydrolases in the pig small intestine. *Pediatric Research* 37: 207-212.
- Sarria, P. 1999. Forrajes arbóreos en la alimentación de monogástricos. En: Memorias I Seminario Avances en la Agroforestería Pecuaria en el Departamento de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín
- Shayo, C. y Udén, P. 1999. Nutritional uniformity of crude protein fractions in some tropical browse plants estimated by two in vitro methods. *Animal Feed Science and Technology* 78: 141-151.
- Van Wieren, S. 2000 Digestibility and voluntary intake of roughages by wild boar and Meishan pigs. *Animal Science* 71: 149-156
- Whittemore, E., Kyriasakis, I., Tolkamp, B. y Emmans, G. 2002 The short term feeding behaviour of growing pigs feed foods differing in bulk content. *Physiol behave.* 76:131-141.
- Whittemore, E., Emmans, G. y Kyriasakis, I. 2003. The relationship between live weight and intake of bulky foods in pigs. *Anim Sci* 76: 89-100.