

## EVALUACION DE LA DIGESTIBILIDAD DE FOLLAJE ARBOREO TROPICAL EN CERDOS MEDIANTE EL USO DE LA TECNICA DE BOLSA MOVIL

J. Ly<sup>1</sup>, J.D. Allen<sup>1</sup>, Pok Samkol<sup>2</sup> y M. Castro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal No. 1, Punta Brava. La Habana, Cuba  
email: jly@iip.co.cu

<sup>2</sup>Centre for Livestock and Agriculture Development (CelAgrid). PO Box 2423, Phnom Penh 3, Camboya  
email: psamkol@celagrid.org

<sup>3</sup>Instituto de Ciencia Animal. Apartado 24, San José de las Lajas. La Habana, Cuba  
email: mcastro@ica.co.cu

### RESUMEN

Se hicieron dos experimentos para evaluar la digestibilidad de follaje sin tallos lignificados de leucaena (*Leucaena leucocephala*), marpacífico (*Hibiscus rosa-sinensis*) y gandul (*Cajanus cajan*) en ganado porcino. El experimento 1 fue una prueba de digestibilidad convencional según un cuadrado latino 4x4 con cuatro cerdos de 40 kg alimentados con una dieta de maíz/soya reemplazada en 20% por uno de los tres follajes para establecer el valor nutritivo de los mismos por el método de diferencia. Se empleó el método indirecto con ceniza ácido insoluble como marcador interno. En el experimento 2 se usaron cuatro cerdos de 40 kg provistos de una cánula duodenal en los que se usó la técnica de bolsa de nylon móvil para determinar in situ la digestibilidad rectal de las harinas de los tres follajes arbóreos examinados en el experimento 1. La dieta control utilizada en el experimento 2 fue también de maíz/soya, pero contenía 25% de afrecho de trigo.

En ambas pruebas se encontró que la digestibilidad de nutrientes difirió significativamente ( $P<0.05$ ) entre especies y fue mayor o menor para el marpacífico y el gandul respectivamente. Los valores de digestibilidad de MS, materia orgánica y N fueron: leucaena, 34.4, 42.1 y 45.3%; marpacífico, 59.3, 53.2 y 56.4%, y gandul, 33.2, 36.3 y 40.0% respectivamente. Cuando se juntaron los datos de ambos experimentos para comparar los métodos de estimación la digestibilidad de los follajes arbóreos, se halló una interdependencia muy estrecha ( $R^2>0.9$ ) entre las metodologías de digestibilidad rectal indirecta y la otra in situ, tanto para la MS y la materia orgánica ( $P<0.001$ ) como para el N ( $P<0.05$ ). No hubo diferencias significativas ( $P>0.10$ ) cuando ambos métodos se compararon entre sí.

Se sugiere que cualquiera de los dos métodos ensayados puede ser válido en el caso de los tres follajes evaluados. Además se recomienda ampliar el escenario de examen mediante pruebas semejantes con muestras foliares de otros árboles y arbustos tropicales para cerdos.

**Palabras claves:** cerdos, digestibilidad rectal, bolsa de nylon móvil, follaje arbóreo, materia orgánica, nitrógeno

**Título corto:** Digestibilidad rectal in situ e in vivo de follaje arbóreo en cerdos

## EVALUATION OF DIGESTIBILITY OF TROPICAL TREE FOLIAGE IN PIGS BY USING THE MOBILE NYLON BAG TECHNIQUE

### SUMMARY

Two experiments were conducted to evaluate rectal digestibility in pigs, of foliage with non lignified stalks corresponding to leucaena (*Leucaena leucocephala*), hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis*) and pigeon pea (*Cajanus cajan*). Experiment 1 consisted of a conventional digestibility trial following a 4x4 Latin square with four 40 kg pigs fed a diet containing maize/soybean meal substituted for 20% of every type of foliage in order to establish its nutritive value of by the method of difference. The indirect method using acid insoluble ash was employed. Four 60 kg pigs fitted a duodenal cannula were used in experiment 2 to applied the mobile nylon bag technique for determining rectal, in situ digestibility of tree foliage meals examined in experiment 1.

It was found in both trials that nutrient digestibility significantly ( $P<0.05$ ) differed among tree species and it was greater or lesser for hibiscus and pigeon pea foliage respectively. Rectal digestibility for DM, organic matter and N were for leucaena, 34.4, 42.1 and 45.3%; hibiscus, 59.3, 53.2 and 56.4%; pigeon pea, 33.2, 36.3 and 40.0%, respectively. When data from both experiments were pooled to compare both methods of estimation of digestibility in tree foliage, a very close interdependence ( $R^2>0.9$ ) was found between both rectal, indirect procedure and in situ methodology, either in DM and organic matter ( $P<0.001$ ) or N ( $P<0.05$ ). There was no significant differences ( $P>0.10$ ) when both methods were compared vis-à-vis.

It is suggested that both assayed methods are valid in the case of the three evaluated tree foliages. Furthermore, it is recommended to extend this scenario of examination by conducting similar trials considering foliages from another trees and shrubs to be used in pigs.

**Key words:** pigs, rectal digestibility, mobile nylon bag, tree foliage, organic matter, nitrogen

**Short title:** In situ e in vivo rectal digestibility of tree foliage in pigs

**INTRODUCCION**

La decisión de usar follajes arbóreos procedentes del mismo escenario donde se desarrolle la porcicultura tropical tiene que tener en cuenta no solamente los rendimientos de follaje, así como la manipulación de los factores que los modifiquen favorablemente, sino también el valor nutritivo de estos recursos (Ly 2004, 2007). Para ello se requiere la determinación del valor nutritivo de estos follajes, a medir mediante técnicas poco costosas, rápidas y fáciles de ejecutar. En este caso los procedimientos in situ e in vitro parecen reunir las condiciones apropiadas ya señaladas en comparación con las formas clásicas de hacerlo (Crampton y Harris 1969; Schneider y Flatt 1975, Young et al 1991). Con respecto a los métodos in situ, el más prometedor parece ser el de la bolsa de nylon móvil (Sauer et al 1983; Graham et al 1985; Metz y Van der Meer 1985; Honeyfield y Froseth 1990; Leibholz 1991; Yin et al 2002; Thacker y Qiao 2004; Qiao y Thacker 2004).

El objetivo de este estudio fue determinar la digestibilidad de nutrientes en follajes de árboles tropicales mediante el procedimiento de digestibilidad rectal, in vivo, y también mediante el empleo de la bolsa de nylon móvil, en ambos casos con cerdos en crecimiento.

Un informe preliminar sobre este tema ya fue hecho en su momento (Ly et al 2007).

**MATERIALES Y METODOS**

Se hicieron dos experimentos para evaluar la digestibilidad de follaje sin tallos lignificados de leucaena (*Leucaena leucocephala*), marpacífico (*Hibiscus rosa-sinensis*) y gandul (*Cajanus cajan*) en forma de harina, en ganado porcino. Las muestras del follaje de marpacífico y gandul se obtuvieron de árboles sin cultivar, mientras que la de leucaena provino de una finca cercana al Instituto. Las características de cada lote de follaje arbóreo usado en el presente trabajo se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1. Características del follaje arbóreo evaluado (por ciento en base seca)**

	Follaje arbóreo		
	LC <sup>1</sup>	MP	GD
MS	90.43	89.85	91.12
Ceniza	7.85	11.45	5.77
Materia orgánica	92.15	88.55	94.23
Fibra cruda	22.50	16.60	18.04
FDN	38.14	29.14	29.04
Nx6.25	23.75	20.00	23.12

<sup>1</sup> LC, MP y GD expresan follaje de leucaena, marpacífico o gandul en ese orden

El follaje arbóreo se secó al sol mediante extensión del mismo en un plato de secado, y a continuación se molió en un molino de martillo, utilizado habitualmente en el laboratorio para moler alimentos para las pruebas de digestibilidad en cerdos. No se midió el tamaño de partícula de esta harina, que fue la que se usó en las pruebas de digestibilidad aquí descritas.

**Experimento 1.** Fue una prueba de digestibilidad convencional según un cuadrado latino 4x4 con cerdos de cruce comercial, machos castrados de 40 kg alimentados con una dieta de maíz/soya y afrecho de trigo reemplazada en 20% por uno de los tres follajes (tabla 2) para establecer el

valor nutritivo de los follajes por el método de diferencia. Los animales estuvieron alojados en corrales individuales en un establo abierto, provistos de un comedero y un bebedero individual. El período de acostumbramiento a las dietas fue de diez días, y en el décimo día se tomó a las 8:00 am una muestra fecal por medio del estímulo digital del ámpula rectal. En el comienzo de cada período experimental, los animales fueron pesados para ajustar el consumo de alimento al nivel de 0.10 kg MS/kg<sup>0.75</sup> dado en dos raciones diarias. El agua siempre estuvo disponible para los animales.

**Tabla 2. Características de las dietas experimentales (experimento 1)**

	SM <sup>1</sup>	Follaje arbóreo, 20%		
		LC	MP	GD
<b>Ingredientes, %</b>				
Harina de maíz	77.20	61.88	61.88	61.88
Harina de soya	18.00	14.44	14.44	14.44
Leucaena	-	20.00	-	-
Marpacífico	-	-	20.00	-
Gandul	-	-	-	20.00
NaCl	0.80	0.64	0.64	0.64
CaCO <sub>3</sub>	1.50	1.20	1.20	1.20
CaPO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	1.50	1.20	1.20	1.20
Premezcla <sup>2</sup>	1.00	0.64	0.64	0.64
<b>Análisis, %</b>				
MS	90.10	90.17	88.21	90.30
Cenizas	6.24	5.91	7.28	6.14
MO	93.76	94.09	92.72	93.86
Fibra cruda	4.43	8.04	6.96	7.15
FDN	10.84	16.30	14.50	14.48
Nx6.25	14.00	15.95	15.20	15.82

<sup>1</sup> SM, LC, MP y GD expresan dietas sin follaje (control) o follaje de leucaena, marpacífico o gandul en ese orden

<sup>2</sup> Vitaminas y minerales según NRC (1998)

Las muestra fecales fueron almacenadas en congelación a -4°C en un congelador ad hoc hasta el momento en que fueron manipuladas para su análisis, salvo en el caso del N, que se hizo inmediatamente después de ser obtenidas. El contenido de MS, cenizas, fibra cruda y N se hizo por duplicado en alimentos y excretas al seguir procedimientos reconocidos (AOAC 1995), mientras que la ceniza ácido insoluble se midió mediante digestión de las cenizas en HCl de acuerdo con Van Keulen y Young (1977) con algunas adaptaciones hechas por Ly et al (2002). En lo referente a la pared celular (FDN), se siguió en lo esencial, la técnica de Van Soest et al (1991). Se consideró que la concentración de materia orgánica fue el resultado de sustraer a 100 el por ciento de cenizas.

La digestibilidad rectal de distintos principios nutritivos se determinó en las dietas y los follajes arbóreos por la metodología convencional para la determinación de digestibilidad por el método indirecto y por diferencia respectivamente (Crampton y Harris 1969, Schneider y Flatt 1975). En lo que respecta al método indirecto, el cálculo se hizo siguiendo a Van Keulen y Young (1977).

Los datos estuvieron sujetos a un análisis de varianza para comparar las medias por tratamiento, con la correspondiente separación de las mismas, mediante la dócima de comparación múltiple de Duncan (Steel et al 1997). Para el procesamiento de los datos, se usó el paquete estadístico de Minitab (2000) confeccionado para ordenadores,

**Experimento 2.** Se usaron cuatro cerdos híbridos, machos castrados, de 60 kg de peso vivo inicial provistos de una cánula duodenal en los que se usó la técnica de bolsa de nylon móvil para determinar in situ la digestibilidad rectal de las harinas de los tres follajes arbóreos examinados en el experimento 1. En este caso, los animales estuvieron alojados en corrales individuales, en la misma instalación utilizada para el experimento 1. Los cerdos estuvieron alimentados ad libitum durante todo el tiempo con una dieta de maíz/soya, pero con 25% de afrecho de trigo (tabla 3), con el objetivo de mantener una microflora intestinal con gran capacidad de celulólisis en el intestino grueso. En su momento los animales fueron preparados con una cánula duodenal simple, mediante un procedimiento quirúrgico convencional (Allen et al 2004). El período postoperatorio fue de aproximadamente de 14 días, y los animales entraron en prueba cuando recuperaron completamente el apetito. Siete días antes de proceder a las determinaciones de digestibilidad in situ, los cerdos fueron colocados en jaulas de metabolismo, con el objetivo de favorecer la recogida de las bolsitas en el material fecal emitido.

**Tabla 3. Características de la dieta básica (experimento 2)**

	Valor, %
<b>Ingredientes, %</b>	
Harina de maíz	57.90
Harina de soya	13.50
Afrecho de trigo	25.00
NaCl	0.60
CaCO <sub>3</sub>	1.13
CaPO <sub>3</sub> H.sH <sub>2</sub> O	1.12
Vitaminas y minerales <sup>1</sup>	0.75
<b>Análisis, %</b>	
Materia seca	89.85
Cenizas	6.35
Materia orgánica	93.65
Fibra cruda	7.33
FDN	25.39
N x 6.25	14.94

<sup>1</sup> Vitaminas y minerales según NRC (1998)

El procedimiento que se siguió para la determinación de la digestibilidad in situ fue el de Sauer (1983, 1989), y que fue descrito ya (Allen y Ly 2007) teniendo en cuenta algunas recomendaciones de Qiao y Thacker (2004). Grosso modo, las muestras de follaje arbóreo así como el afrecho de trigo fueron pesadas en bolsitas de nylon monofilamentoso de 40x25 mm con una porosidad de 50 µm. Las bolsitas se sellaron con calor. A continuación las bolsas se sometieron a un tratamiento de incubación a 37°C con pepsina, 1 g/L de HCl 0.01 N durante 4 horas, simulando la digestión estomacal (Cherian et al 1988, 1989). Las bolsitas se lavaron con agua corriente y se guardaron congeladas hasta el momento de ser usadas. Estas bolsitas ya descongeladas, se introdujeron en el duodeno de los cerdos a través de la cánula duodenal. Ello se hizo entre las 8:00 y 10:00 am del día escogido, mientras los animales comían. En cada uno de estos días, se introdujeron las muestras correspondientes a cada uno de los follajes arbóreos o el afrecho de trigo. Cada una de las pruebas con bolsitas se hizo con un intervalo de cinco días de descanso, para un total de una semana en cada período experimental. Se utilizaron seis bolsitas de nylon para cada uno de los follajes arbóreos y también para el afrecho de trigo. Tres de las bolsitas se destinaron a la determinación de MS y ceniza, mientras que otras tres se utilizaron en la determinación de MS

y después N. Los métodos analíticos fueron los descritos en el experimento 1.

A los efectos del análisis de varianza, se consideraron cuatro muestras por tipo de follaje arbóreo, correspondientes a los cuatro animales, y tres réplicas por animal. En este sentido cada tipo de follaje contó con cuatro muestras de MS, ceniza y N. Sin embargo, para el contenido de MS, se contó con seis repeticiones por animal, mientras que para la ceniza y el N, solamente se contó con tres repeticiones por animal. Las muestras de follaje arbóreo se compararon entre sí mediante un cuadrado latino 3x3 (Steel et al 1997), y así no se contrastaron con la muestra del afrecho de trigo.

Se compararon los datos de digestibilidad in vivo e in situ en cada una de las medidas hechas, es decir, para la MS, la materia orgánica y el N, confundiendo el efecto del animal, con el propósito de proveer de alguna información relativa a la validez del procedimiento in situ en comparación con la técnica bien establecida de determinación de la digestibilidad in vivo, en este caso por el método indirecto, utilizando ceniza ácido insoluble como marcador interno de digesta. La comparación entre ambas técnicas se llevó a cabo mediante una clasificación simple, con 12 muestras por principio nutritivo.

Como en el experimento 1, los datos fueron trabajados mediante el uso del paquete estadístico Minitab (2000). En los casos convenientes, se practicó un análisis de regresión convencional (Weisberg 1985).

## RESULTADOS

### Experimento 1

Se considera que los índices de digestibilidad rectal de la dieta control (SM) fueron adecuados, tal como se listan en la tabla 4. Desde el punto de vista de la comparación de esta dieta con las que contenían follaje arbóreo, la digestibilidad de la MS y la materia orgánica fue significativamente más alta (P<0.001). Lo mismo tuvo lugar con la digestibilidad del N (P>0.05) y no hubo efecto de dieta para la digestibilidad de la fibra cruda.

**Tabla 4. Digestibilidad rectal, en por ciento, de dietas con follajes arbóreos tropicales en cerdos (experimento 1)**

n	Follaje arbóreo, %				EE ±
	SM <sup>1</sup>	LC	MP	GD	
MS	88.0 <sup>a</sup>	77.0 <sup>c</sup>	81.9 <sup>b</sup>	76.8 <sup>c</sup>	1.8***
MO	85.1 <sup>a</sup>	76.0 <sup>bc</sup>	78.6 <sup>b</sup>	74.4 <sup>c</sup>	1.7***
Fibra cruda	40.5	38.0	38.3	36.5	8.8
N	84.1 <sup>a</sup>	76.2 <sup>bc</sup>	78.4 <sup>b</sup>	74.2 <sup>c</sup>	2.0*

<sup>1</sup> SM, LC, MP y GD expresan dietas sin follaje (control) ó con follaje de leucaena, marpacífico o gandul respectivamente

\* P<0.05; \*\*\* P<0.001

<sup>ab</sup> Medias sin letra en común en la misma fila difieren significativamente (P<0.05) entre sí

La digestibilidad rectal pareció ser mayor o menor en las dietas con follaje arbóreo de marpacífico o gandul, respectivamente, mientras que la que contenía leucaena mostró valores intermedios. En la comparación de la digestibilidad de las dietas con follajes arbóreos con respecto a la dieta que no los contenía, en la que se refiere a la MS y la materia orgánica, hubo un descenso altamente significativo (P<0.001) en sus

valores. Otro tanto tuvo lugar para la digestibilidad rectal del N, que fue significativamente ( $P<0.05$ ) menor en el caso de las dietas que contenían follaje arbóreo. No hubo efecto de tratamiento en la digestibilidad rectal de la fibra cruda ( $P>0.05$ ). Por otra parte, La MS fecal fue de 36.38, 27.40, 31.30 y 25.80 % respectivamente, para las dietas sin follaje, o con follaje de leucaena, marpacífico y gandul; y así fue mayor en la dieta control de maíz/soya en comparación con las otras tres ( $P<0.05$ ) que mostraron la misma tendencia hallada para la digestibilidad rectal de la MS.

El cálculo de la digestibilidad rectal de los follajes arbóreos per se, determinado mediante el método de diferencia, se presenta en la tabla 5. Aquí no se hizo evidente de manera similar la misma tendencia de las dietas que contenían los follajes arbóreos, pues se encontró que la digestibilidad rectal de la MS, la materia orgánica y el N fue significativamente ( $P<0.05$ ) más alta en el follaje de marpacífico que en los de leucaena y gandul, que por otra parte no fueron diferentes entre sí.

**Tabla 5. Digestibilidad rectal, en por ciento, de follajes arbóreos tropicales en cerdos medida por diferencia (experimento 1)**

	Follaje arbóreo, %			
	LC <sup>1</sup>	MP	GD	EE ±
n	4	4	4	-
MS	34.4 <sup>a</sup>	59.3 <sup>b</sup>	33.2 <sup>a</sup>	1.6*
MO	42.1 <sup>a</sup>	53.2 <sup>b</sup>	36.3 <sup>a</sup>	2.2*
N	45.3 <sup>a</sup>	56.4 <sup>b</sup>	40.0 <sup>a</sup>	3.5*

<sup>1</sup> LC, MP y GD expresan follaje de leucaena, marpacífico o gandul respectivamente

\*  $P<0.05$

<sup>ab</sup> Medias sin letra en común en la misma fila difieren significativamente ( $P<0.05$ ) entre sí

## Experimento 2

Los datos que corresponden a la prueba de digestibilidad in situ se muestran en la tabla 6. Cabe mencionar que las seis bolsitas correspondientes a cada uno de los follajes insertadas en el duodeno de los cerdos fueron recuperadas en las excretas como promedio, 48 horas después de haberse dado a los animales. En uno de los animales, en cada una de las pruebas, se perdió una bolsita, por haberse recuperado abierta. En este sentido, todo el procedimiento fue aparentemente satisfactorio.

**Tabla 6. Digestibilidad in situ, en por ciento, de follajes arbóreos tropicales en cerdos (experimento 2)**

	Follaje arbóreo			
	LC <sup>1</sup>	MP	GD	EE ±
n	4	4	4	-
MS	34.5 <sup>a</sup>	59.2 <sup>b</sup>	33.1 <sup>a</sup>	8.8**
MO	41.2 <sup>a</sup>	51.7 <sup>b</sup>	36.3 <sup>a</sup>	4.3*
N	45.3 <sup>a</sup>	56.7 <sup>b</sup>	39.9 <sup>a</sup>	8.9**

<sup>1</sup> LC, MP y GD expresan follaje de leucaena, marpacífico o gandul respectivamente

\*  $P<0.05$ ; \*\*  $P<0.01$

<sup>ab</sup> Medias sin letra en común en la misma fila difieren significativamente  $P<0.05$  entre sí

La digestibilidad de la MS, la materia orgánica y el N medidas en condiciones in situ con las bolsitas móviles, mostraron la misma tendencia que se observó en la prueba de digestibilidad

indirecta del experimento 1. El análisis de varianza no reveló diferencias de medias entre el follaje de leucaena y el de gandul (tabla 6), pero ambos fueron significativamente más altos para la MS y la materia orgánica ( $P<0.01$ ) y con un menor nivel de significación ( $P<0.05$ ) para el N.

En lo que corresponde a la digestibilidad in situ del afrecho de trigo, ésta fue, expresada en por ciento, de  $50.1 \pm 2.5$  para la MS,  $48.5 \pm 3.5$  para la materia orgánica, y  $45.5 \pm 5.2$  para el N para un promedio de seis observaciones por animal en el caso de la MS, y de tres observaciones por animal en lo referente a la materia orgánica y el N.

El resultado de la comparación entre los métodos de determinación de digestibilidad in vivo, rectal e indirecta, y el in situ, con bolsitas de nylon móviles, se muestra en la tabla 7. No se halló efecto significativo ( $P>0.10$ ) en ningún caso para la digestibilidad de MS, materia orgánica y N, cuando no se tuvo en cuenta el efecto de animal o de follaje en cuestión. En realidad, las medias obtenidas por ambos procedimientos fueron considerablemente semejantes, con independencia de que la variabilidad fue bastante alta, probablemente más debido al efecto del follaje que al del animal.

**Tabla 7. Digestibilidad in vivo e in situ de árboles forrajeros tropicales en cerdos (experimentos 1 y 2)**

	Digestibilidad, %			R <sup>2</sup>
	Digestibilidad, %			
	Directa <sup>1</sup>	In situ		
n	12	12		
MS	$40.8 \pm 11.7^2$	$42.2 \pm 11.9$		0.987***
MO	$41.6 \pm 8.7$	$42.9 \pm 6.6$		0.967***
N	$45.5 \pm 8.4$	$46.9 \pm 6.6$		0.911***

<sup>1</sup> Medido por diferencia

<sup>2</sup> Media y DE de los tres tipos de follaje arbóreo

\*\*\*  $P<0.001$

## DISCUSION

Mientras que la manera de medir la digestibilidad rectal de nutrientes en el cerdo y otras especies animales, es común encontrarla hecha por procedimientos indirectos (Kotb y Luckey 1972), desde los primeros estudios hechos por Shurch et al (1950) con óxido crómico, hasta investigaciones con ceniza ácido insoluble (McCarthy et al 1974; Wunsche et al 1984), menos habitual lo es cuando se trata del empleo del procedimiento in situ, mediante la técnica de bolsas móviles. Tal vez esto se deba a que este procedimiento in situ requiere de animales convenientemente preparados quirúrgicamente, o a que se considere que una técnica in situ como la aquí empleada es apropiada en lo fundamental para la evaluación de forrajes, y en cerdos, éstos no son recursos alimentarios que se consideren de uso cotidiano en la alimentación del ganado porcino. No obstante, el método in situ ha sido utilizado para hacer evaluaciones del valor nutritivo de la energía (Brand et al 1989; Qiao y Thacker 2004), la materia orgánica (Metz y Van der Meer 1985) o la proteína y los aminoácidos (Sauer et al 1989; Leibholz 1991; Viljoen et al 1997; Yin et al 2002). Por otra parte, en la evaluación con animales de nuevos alimentos para cerdos, tal como han señalado Thacker y Qiao (2004), es indudable que el procedimiento in situ es obviamente más rápido y económico que el que se realiza en una prueba clásica de digestibilidad, aún cuando esta técnica es susceptible de ser perfeccionada (Qiao y Thacker 2001).

Uno de los aspectos que son indispensables para utilizar una nueva metodología de evaluación nutricional de alimentos está constituida por su representatividad. En el presente experimento no se hallaron diferencias entre el método in situ y el convencional, indirecto. Aún así, estas dos técnicas estuvieron altamente correlacionadas entre sí. Cuando Taverner y Campbell (1985) evaluaron 39 dietas para cerdos y compararon la digestibilidad rectal in situ con la otra convencional, pero de recolección total, hallaron que la técnica in situ subestimaba el valor de digestibilidad de la MS. Taverner y Campbell (1985) encontraron que los dos procedimientos por ellos comparados estuvieron muy correlacionados entre sí ( $R^2$ , 0.89).

Aunque en este estudio solamente se examinaron tres follajes arbóreos, los resultados experimentales indican fuertemente que lo más probable sea que en la evaluación de nuevos recursos alimentarios, una vez establecidas las condiciones experimentales adecuadas, la técnica in situ puede ser una manera eficaz de conocer el valor nutritivo de los ingredientes dietéticos para cerdos. En otros estudios hechos con nueve variedades cultivadas de leucaena, Allen y Ly (2007) demostraron una correspondencia efectiva aunque no muy alta:  $R^2$ , 0.55 y 0.41 para el N y la materia orgánica, respectivamente, entre la digestibilidad de nutrientes in situ e in vitro.

Se sugiere que cualquiera de los dos métodos ensayados puede ser válido en el caso de los tres follajes evaluados. Además se recomienda ampliar el escenario de examen mediante pruebas semejantes con muestras foliares de otros árboles y arbustos tropicales para cerdos.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades del Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes (Cangrejeras, La Habana), por el suministro del follaje de leucaena necesario para la conducción del presente estudio. Este experimento no se hubiera hecho con el máximo de calidad posible sin la asistencia técnica en el laboratorio de la Sra. Martha Carrón y del Sr. J. Cabrera.

#### REFERENCIAS

Allen, J. y Ly, J. 2007. Una aproximación a la predicción del valor nutritivo del follaje de leucaena para cerdos determinado por procedimientos in situ e in vitro. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 14:65-69

Allen, J., Prieto, P., Reyes, J.L. y Ly, J. 2004. Técnica quirúrgica para la implantación de una cánula simple en el duodeno de los cerdos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 11(1):75-84

AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists (15<sup>th</sup> edition) (K. Helrick, editor). Arlington, pp 1 230

Brand, T.S., Badenhorst, H.A., Siebrits, F.K. y Kemm, E.H. 1989. Use of the mobile nylon bag technique to determine digestible energy in pig diets. *South African Journal of Animal Science*, 19:165-170

Cherian, G., Sauer, W.C. y Thacker, P.A. 1988. Effect of predigestion factors on the apparent digestibility of protein for

swine determined by the mobile nylon bag technique. *Journal of Animal Science*, 66:1963-1968

Cherian, G., Sauer, W.C. y Thacker, P.A. 1989. Factors affecting the apparent digestibility of protein for swine when determined by the mobile nylon bag technique. *Animal Feed Science and Technology*, 27:137-146

Crampton, E.W. y Harris, L.E. 1969. *Applied Animal Nutrition. The Use of Feedstuffs in Formulation of Livestock Rations*. W.H. Freeman. San Francisco, pp 753

Graham, H., Aman, P., Newman, R.K. y Newman, C.W. 1985. Use of a nylon bag technique for pig feed digestibility studies. *British Journal of Nutrition*, 54:719-726

Honeyfield, D.C. y Froseth, J.A. 1990. Experimental conditions that affect barley digestibility in pigs using the mobile nylon bag technique. *Journal of Animal Science*, 68(supplement 1):373-374

Kotb, A.R. y Luckey, T.D. 1972. Markers in nutrition. *Nutrition Abstracts and Review*, 42:813-817

Leibholz, J. 1991. A rapid method for the measurement of protein digestion to the ileum of pigs by the use of a mobile nylon bag technique. *Animal Feed Science and Technology*, 33:209-219

Ly, J. 2004. Árboles tropicales para alimentar cerdos. Ventajas y desventajas. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 11(2):5-27

Ly, J. 2006. Procesos digestivos en cerdos alimentados con follaje arbóreo. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 13(suplemento 1):21-24

Ly, J., Allen, J., Reyes, Z. y Castro, M. 2007. Evaluación de la digestibilidad de follaje arbóreo tropical en cerdos mediante el uso de la técnica de bolsa móvil. In: IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos. Montevideo, p 116

Ly, J., Chhay Ty y Pok Samkol. 2002. Studies on the use of acid insoluble ash as inner marker in digestibility studies with Mong Cai pigs. *Livestock Research for Rural Development*, 14(5): versión electrónica disponible in: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd14/5/ly145.htm>

McCarthy, J., aherne, F. y Okai, D. 1974. Use of 4N HCl insoluble ashes as an index material for determining apparent digestibility with pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 54:107-109

Metz, S.H.M. y Van Der Meer, J.M. 1985. Nylon bag and in vitro technique to predict in vivo digestibility of organic matter in feedstuffs for pigs. In: *Digestive Physiology in Pigs* (A. Just, H. Jorgensen y J.A. Fernández, editores). Copenhagen, p 373-376

Minitab. 2000. *User's guide to Statistics*. Statistical software version 13.31. Minitab Company In Company. State College (Pennsylvania). Versión electrónica disponible in: <http://www.minitab.com>

NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine*. National Academy Press. Washington, District of Columbia, pp 189

Qiao, Sh. y Thacker, P.A. 2001. A comparison of washed and unwashed bags to determine the apparent fecal digestibility of dry matter, energy and crude protein in feeds for swine using the mobile nylon bag technique. *Canadian Journal of Animal Science*, 81:271-278

Qiao, Sh. y Thacker, P.A. 2004. Use of the mobile nylon bag technique to determine the digestible energy content of traditional and non-traditional feeds for swine. *Archives of Animal Nutrition*, 58:287-294

Sauer, W.C., Den Hartog, L.A., Huisman, J., Van Leuwen, P. y De Lange, C.F.M. 1989. The evaluation of the mobile nylon bag technique for determining the apparent protein digestibility in a wide variety of feedstuffs for pigs. *Journal of Animal Science*, 67:432-440

Sauer, W.C., Jorgensen, H. y Berzins, R. 1983. A modified nylon bag technique for determining the apparent protein digestibility in feedstuffs of pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 62:233-237

Schneider, B.H. y Flatt, W.P. 1975. The evaluation of feeds through digestibility experiments. The University of Georgia Press. Athens, pp 423

Schurch, A.F., Lloyd, L.E. y Crampton, E.W. 1950. The use of chromic oxide as an index for determining the digestibility of a diet. *Journal of Nutrition*, 41:629-640

Steel, R.G.D., Torrie, J.H. y Dickey, M. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. MacGraw-Hill Book Company In Company (third edition). New York, pp 666

Taverner, M.R. y Campbell, R.C. 1985. Evaluation of the mobile nylon bag technique for measuring the digestibility of pig diets. In: *Digestive Physiology in Pigs* (A. Just, H. Jorgensen y J.A. Fernández, editores). Copenhagen, p 385-388

Thacker, P.A. y Qiao, Sh. 2001. Further modifications to the mobile nylon bag technique to determine nutrient digestibility for swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 14:1149-1156

Thacker, P.A. y Qiao, Sh. 2004. Use of the mobile nylon bag technique to determine the digestible energy content of traditional and non-traditional feeds for pigs. *Pig News and Information*, 25:N165-N170

Van Keulen, J. y Young, S.A. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44:282-287

Van Soest, P.J., Robertson, J.B. y Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74:3583-3593

Viljoen, J., Ras, M.N., Siebrits, F.K. y Hayes, J.F. 1997. Use of the mobile nylon bag technique (MNBT) in combination with the ileo-rectal anastomosis technique (IRA) to determine amino acid digestibility in pigs. *Livestock Production Science*, 51:109-117

Weisberg, S. 1985. *Applied Lineal Regression* (second edition). Wiley and Sons Limited. New York, pp 324

Wunsche, J., Borgmann, E., Hennig, U., Kreienbring, F. y Bock, H.D. 1984. Use of ash insoluble in HCl as indicator for estimating digestibility of nutrients including amino acids at the end of the small intestine and of the whole digestive tract in pigs. *Archives of Animal Nutrition* (Berlin), 34:817-831

Yin, Y.L., Huang, R.L., Zhong, H.Y., Li, T.J., Souffrant, W.B. y De Lange, C.F.M. 2002. Evaluation of mobile nylon bag technique for determining apparent ileal digestibilities of protein and amino acids in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 80:409-420

Young, L.G., Low, A.G. y Close, W.H. 1991. Digestion and Metabolism in Pigs. In: *Swine Nutrition* (E.R. Miller, D.E. Ullrey y A.J. Lewis, editores). Butterworth-Heinemann. Stoneham, p 623-630