

## Efecto del método de colección sobre la digestibilidad total de soya extruida en cerdos<sup>1</sup>

Cristian Gutiérrez Vergara<sup>2</sup>, Johana Ciro Galeano<sup>3</sup>, Jaime Eduardo Parra Suescún<sup>4</sup>.

### ■ Resumen

**Introducción:** La digestibilidad total puede ser evaluada mediante la utilización de varios métodos: directo e indirecto. Por definición, los resultados deberían ser idénticos para estudios de digestibilidad en cerdos bajo condiciones fisiológicas normales. Sin embargo, la literatura reporta menores coeficientes de digestibilidad para el método indirecto. **Objetivo:** Comparar diferentes métodos de colección sobre la digestibilidad total (DT) de la proteína de soya extruida en cerdos. **Materiales y métodos:** El trabajo de campo se realizó en el Centro San Pablo, perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia. Se utilizaron 18 cerdos de 35±5 kg de peso vivo, los cuales fueron alojados en jaulas independientes. La dieta experimental contenía soya extruida como fuente de proteína y, además, cumplía con todos los mínimos nutricionales requeridos. El trabajo experimental constaba de cinco días de adaptación a la dieta experimental, y 10 días de colecta de heces y bolsas de nailon. Los tratamientos experimentales fueron: colección total de heces (CTH), técnica bolsa móvil de nailon (TBMN), método del indicador: óxido de cromo (MI1) y óxido férrico (MI2). Los datos de desaparición proteína cruda fueron analizados mediante diseño estadístico de bloques al azar utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2006). **Resultados:** Se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ), donde CTH y TBMN presentaron los mayores coeficientes de digestibilidad. No se presentó diferencia estadística ( $P > 0.01$ ) entre MI1 y MI2. **Conclusiones:** CTH y TBMN son procedimientos prácticos y confiables en estudios de valoración nutricional de alimentos utilizados en la alimentación de cerdos en crecimiento.

**Palabras clave:** colección total de heces, método directo, método indirecto, evaluación de alimentos, monogástricos

<sup>1</sup> Artículo derivado del proyecto de investigación "Comparación de tres métodos para estimar la digestibilidad intestinal de la materia seca y de la proteína no degradable en rumen, en bovinos de leche y cerdos en crecimiento". Trabajo de Investigación realizado entre septiembre 2009-marzo 2010. Proyecto financiado por DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES MEDELLIN (DIME), Código Quipú 20101006716. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

<sup>2</sup> Zootecnista, aspirante a Maestría en Ciencias Agrarias, Grupo BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

<sup>3</sup> Zootecnista, aspirante a Maestría en Ciencias Agrarias, Grupo BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

<sup>4</sup> Profesor auxiliar. Grupo BIOGEM, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Producción Animal, AA 1779, Colombia.

Correspondencia: jeparrasu@unal.edu.co

Artículo recibido: 12/11/2011; Artículo aprobado: 14/03/2012.



## Effect of the collection method on the total digestibility of extruded soybeans in pigs

### Abstract

#### ■ Abstract

**Introduction:** Total digestibility can be evaluated by the use of direct and indirect methods. The results, it is supposed should be identical, under normal physiological conditions, for digestibility studies in pigs. The literature available, nevertheless, reports lower digestibility coefficients for the indirect method. **Objective:** To compare different collection methods for the total digestibility (TD) of extruded soybean protein in pigs. **Materials and methods:** The field work was developed at San Pablo Center, in Universidad Nacional de Colombia. 18 pigs with a live weight of 35.5kg were used. They were housed in independent cages and their experimental diet contained extruded soybean as protein source, and also met all of the minimal nutrition requirements. The experimental work consisted in five days of adaptation to the experimental diet and 10 days of collecting the feces and nylon bags. The experimental treatments were: Total collection of feces (TCF), mobile nylon bag technique (MNBT). Method of the indicator: Chromium oxide (MI1) and ferric oxide (MI2). The data of rough protein disappearance were analyzed with a statistic design of random blocks, by the use of the GLM procedure of the SAS statistic package (2006). **Results:** Statistic differences ( $P < 0.01$ ) appeared between treatments, in which TCF and MNBT had the highest digestibility coefficients. There was no statistic difference ( $P > 0.01$ ) between MI1 and MI2. **Conclusions:** TCF and MNBT are practical and reliable procedures in nutritional valuing studies for the food used in growing pigs.

**Key words:** Total collection of feces, direct method, indirect method, food evaluation, monogastric.

## Efeito do método de coleção sobre a digestão total de soya extrusada em porcos

#### ■ Resumo

**Introdução:** A digestão total pode ser avaliada mediante a utilização de vários métodos: direto e indireto. Por definição, os resultados deveriam ser idênticos para estudos de digestão em porcos sob condições fisiológicas normais. No entanto, a literatura reporta menores coeficientes de digestão para o método indireto. **Objetivo:** Comparar diferentes métodos de coleção sobre a digestão total (DT) da proteína de soja extrusada em porcos. **Materiais e métodos:** O trabalho de campo se realizou no Centro San Pablo, pertencente à Universidade Nacional de Colômbia. Utilizaram-se 18 porcos de  $35 \pm 5$  kg de importância vivo, os quais foram alojados em jaulas independentes. A dieta experimental continha soja extrusada como fonte de proteína e, ademais, cumpria com todos os mínimos nutricionais requeridos. O trabalho experimental constava de cinco dias de adaptação à dieta experimental, e 10 dias de coleta de fezes e bolsas de nylon. Os tratamentos experimentais foram: coleção total de fezes (CTH), técnica bolsa móvel de nylon (TBMN), método do indicador: óxido de cromo (MEU1) e óxido férrico (MEU2). Os dados de desaparecimento proteína crua foram analisados mediante desenho estatístico de blocos a esmo utilizando o procedimento GLM do pacote estatístico SAS (2006). **Resultados:** Apresentaram-se diferenças estatísticas entre os tratamentos ( $P < 0.01$ ), onde CTH e TBMN apresentaram

os maiores coeficientes de digestão. Não se apresentou diferença estatística ( $P > 0.01$ ) entre MEU1 e MEU2. **Conclusões:** CTH e TBMN são procedimentos práticos e confiáveis em estudos de valoração nutricional de alimentos utilizados na alimentação de porcos em crescimento.

**Palavras importantes:** Coleção total de fezes, método direto, método indireto, avaliação de alimentos, monogástricos.

## ■ Introducción

El valor nutricional de una ración, alimento o nutriente puede ser expresado mediante el coeficiente de digestibilidad, que es la proporción del alimento que no es excretada y que se supone, por tanto, ha sido absorbida (Reis de Souza y Mariscal, 1997). Debido a lo anterior, el coeficiente de digestibilidad está íntimamente relacionado con el valor nutritivo de los alimentos (Laplace, Aumaitre y Rerat, 2001). Según el lugar de colecta de la muestra, se determina el tipo de digestibilidad. La digestibilidad ileal se determina mediante la colecta de la digesta antes de atravesar la válvula íleo-cecal. La digestibilidad fecal o total es una técnica fácil de aplicar que consiste en medir la diferencia entre la cantidad de cada nutriente consumido y la cantidad excretada en las heces (Parra y Gómez, 2009). La digestibilidad fecal puede ser evaluada mediante la utilización de varios métodos, donde el método más representativo es el de la de colección total de heces (método directo). Este método implica el registro exacto del consumo de alimento y la colección minuciosa del total de heces producidas durante la prueba de digestibilidad (Ly y Lemus, 2007; Nieves, Barajas, Delgado, González y Ly, 2008). Otro método comúnmente utilizado es el método del indicador (método indirecto), el cual reemplaza el procesamiento y la colección total de las heces por un muestreo aleatorio. Sin embargo, requiere de la adición de un marcador o indicador inerte e indigestible

dentro del alimento en forma natural, y conocer con precisión las concentraciones del indicador y de nutrientes en el alimento, al igual que en las heces (Nieves et al. 2008). Además, dentro de estas metodologías podemos encontrar la técnica de la bolsa móvil de nailon (TBMN). Esta técnica consiste en poner pequeñas muestras de alimento dentro de pequeñas bolsas que son introducidas vía oral, para después ser recuperadas en heces (Palacios, Echeverri y Parra, 2009). Por definición, usando el método directo o el indirecto los resultados deberían ser idénticos para estudios de digestibilidad en cerdos bajo condiciones fisiológicas normales. Sin embargo, los trabajos revisados reportan menores coeficientes de digestibilidad para el método indirecto comparado con el directo. Debido a lo anterior, se considera necesario comparar diferentes métodos de colección sobre la digestibilidad total de la proteína de soya extruida en cerdos en crecimiento.

## ■ Materiales y métodos

**Consideraciones éticas:** Todos los procedimientos experimentales fueron llevados a cabo de acuerdo con las guías propuestas por "The International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals" (CIOMS, 1985). Esta investigación fue avalada por el Comité de Ética en la Experimentación Animal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín (CEMED 001 del 26 de enero de 2009).

**Localización:** El trabajo de campo se realizó en el Centro San Pablo, perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, ubicado en el municipio de Rionegro, paraje "El Tablacito", localizado a 2100 msnm, con una temperatura entre 12 y 18°C, que corresponde a una zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).

**Animales:** Se utilizaron 18 cerdos machos de



35±5 kg de peso vivo. Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individuales (120 x 80 cm) para mayor facilidad en el manejo, alimentación y recolección de muestras. Las jaulas estuvieron localizadas en un cuarto con temperatura controlada a 20 ± 3oC. Durante el estudio, a los animales se les proporcionó una dieta experimental dos veces al día (800 y 1600h) a razón de 2.5 veces sus requerimientos de energía de mantenimiento, los cuales se estimaron en 110 kcal ED/kg0.75 (NRC, 1998). Además, el agua se ofreció ad libitum.

**Dieta:** Se formuló una dieta experimental que contenía harina de yuca como fuente de energía, y como fuente de proteína se utilizó soya extruida a razón de 160 gr de proteína/ kg de materia seca, además, se fortificó con vitaminas y minerales. La dieta se balanceó para cumplir con todos los mínimos nutricionales requeridos y propuestos por el NRC (1998; tabla 1). Como marcador de digestibilidad se adicionaron diferentes niveles de óxido de cromo (Cr2O3) y óxido férrico (Fe2O3) a la dieta. Tanto los ingredientes antes mencionados como la dieta completa se analizaron para determinar materia seca (MS), proteína cruda (PC) y óxido férrico según los métodos descritos en el AOAC (2002); y óxido de cromo por el método de Fenton y Fenton (1979).

**Tabla 1.** Composición centesimal de la dietabasal

Ingredientes	%
Harina de yuca	54.0
Soya extruida	39.0
Fosfato bicálcico	1.43
Carbonato de calcio	0.17
Sal común	0.4
Vitaminas <sup>a</sup>	1.6
Minerales <sup>b</sup>	0.7
L-Lisina HCL 78%	1.9
DL-Metionina 99%	0.8
Total	100
Composición determinada	
Humedad (%)	11,93
Proteína cruda (%)	19,73
Energía bruta (Kcal/kg)	4026

**a** Proporción por kg de alimento: vitamina A 640 UI, vitamina D 128 UI, vitamina E UI, vitamina K 0.80 mg, riboflavina 4.80 mg, vitamina B12 0.03 mg, colina 374.93 mg, niacina 24 mg, ácido pantoténico 11.04 mg

**b** Composición por kg de alimento: cobre 8.40 mg, hierro 70 mg, manganeso 21 mg, selenio 0.18 mg, yodo 0.56 mg, zinc 84 mg

**Tratamientos:** Los tratamientos experimentales estuvieron constituidos de la siguiente manera:

**Tratamiento 1 (T1):** Método de colección total (CTH).

**Tratamiento 2 (T2):** Método de la bolsa móvil de nailon (TBMN).

**Tratamiento 3 (T3):** Método del indicador 1, 0.3% de óxido de cromo (Cr2O3) kg/alimento.

**Tratamiento 4 (T4):** Método del indicador 2, 0.3% de óxido de hierro (Fe2O3) kg/alimento.

El método de referencia utilizado fue colección total (T1).

**Diseño experimental:** El experimento estuvo constituido por dos períodos de evaluación, cada uno de ellos conformado por 10 días y dividido en dos fases, una de adaptación a la dieta experimental con una duración de cinco días, y la otra fase de 10 días, requeridos para realizar la colecta de muestras, así:

- **Días 1-5:** adaptación a la dieta experimental e introducción de las bolsas móviles de nailon.
- **Días 6-10:** colección total de heces para la determinación de digestibilidad total por el método directo y recuperación de las bolsas de nailon introducidas oralmente con las dietas experimentales.
- **Día 10:** toma de pequeñas muestras de heces dos veces al día (am y pm) para la determinación de la digestibilidad total por el método indicador.
- **Días 1-10:** vigilancia y registro de la excreción de heces y el consumo de alimento, y recuperación de las bolsas de nailon introducidas oralmente con las dietas experimentales el primer día de colecta.

Para la determinación de la digestibilidad aparente de la proteína cruda por el método directo (T1) se realizó la colección de la cantidad total de heces excretadas por cada animal durante el período de muestreo designado. La preparación, introducción, recolección y análisis de las bolsas móviles de nailon (BN) se realizó como lo proponen Palacios et al. (2009). En cada BMN (residuos) se determinó el contenido de MS y PC, de acuerdo con los procedimientos descritos por la AOAC (2002). Al momento de la recolección de las bolsas en heces, se tuvieron en cuenta, como criterio de descarte, los daños físicos. El cálculo del coeficiente de digestibilidad tanto para el método de CTH como para el método de la TBMN se basó en la siguiente fórmula (Fan y Sauer, 1995):

$$DA = 100 (Nd - Nf) / Nd$$

**DA =** Coeficiente de digestibilidad aparente (100%)

**Nd =** Concentración del nutriente en la dieta (%)

**Nf =** Concentración del nutriente en heces (%)

La colección de muestras de heces para el método del indicador (T3-T4) se realizó dos veces al día (800 y 2000 h) el día 10. En dichas muestras se determinó el contenido de MS, PC y óxido férrico de acuerdo con los procedimientos descritos por la AOAC (2002), y el contenido de óxido de cromo por el método de Fenton y Fenton (1979). La digestibilidad total se estimó empleando la siguiente fórmula (Fan y Sauer, 1995):

$$DA = 100 - [((Md \times Nf) / (Nd \times Mf)) \times 100]$$

Donde:

**DA =** Coeficiente de digestibilidad aparente (%)

**Md =** Concentración del indicador en la dieta (%)

**Nf =** Concentración del nutriente en la digesta ileal o heces (%)

**Nd =** Concentración del nutriente en la dieta (%)

**Mf =** Concentración del indicador en la digesta ileal o heces (%)

Todos los análisis químicos requeridos en esta investigación se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

**Diseño estadístico:** El experimento se realizó según un diseño de bloques al azar (para un total de dos bloques), donde a cada uno de los 9 animales utilizados por bloque les fueron asignados tres de cuatro tratamientos (método de colección total (T1), método de la bolsa móvil de nailon (T2) y método del indicador (T3-T4). Los tres tratamientos asignados se evaluarán en forma simultánea en cada animal. Los T1 y T2 tendrán un total de 18 repeticiones, y los T3-T4 tendrán cada uno 9 repeticiones (Steel y Torrie, 1980). El análisis estadístico de los datos obtenidos será desarrollado utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2006). Las diferencias entre tratamientos serán



determinadas por LS means (media de mínimos cuadrados); además, se usará una prueba de Duncan para detectar significancia ( $P < 0.05$ ).

## ■ Resultados

Durante todo el experimento los animales no presentaron síntoma alguno de incomodidad o enfermedad manifestada por ningún signo clínico. Además, al nivel al que se fijó el consumo diario de alimento no hubo sobrante de alimento, y no se presentaron bloqueos intestinales ocasionados por la frecuencia de introducción de BN.

Los promedios generales para digestibilidad total (DT) de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) de soya extruida se presenta en la tabla 2. Para las variable DTMS se presentó diferencia estadística significativa entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ), donde CTH y TBMN presentaron los mayores valores (91.3 y 91.2%, respectivamente) mientras que MI1 y MI2 presentaron los menores valores de DTMS (86.5 y 86.0%, respectivamente). Similarmente a DTMS, se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ) para la variable DTPC, donde CTH y TBMN presentaron los mayores valores (84.0 y 85.3%, respectivamente) mientras que MI1 y MI2 presentaron los menores valores de DTPC (81.0 y 79.7%, respectivamente).

**Tabla 2.** Promedios generales para la digestibilidad total en cerdos (%) de materia seca y proteína cruda de soya extruida utilizando diferentes técnicas

Variable	Técnica de digestibilidad utilizada				EEM
	CTH	TBMN	MI1	MI2	
DTMS	91.3 <sup>A</sup>	91.2 <sup>A</sup>	86.5 <sup>B</sup>	86.0 <sup>B</sup>	0.92
DTPC	84.0 <sup>A</sup>	85.3 <sup>A</sup>	81.0 <sup>B</sup>	79.7 <sup>B</sup>	1.23

<sup>AB</sup> Dentro de una misma fila, medias con diferente superíndice son estadísticamente diferentes ( $P < 0.01$ ).

**CTH:** Colección total de heces

**TBMN:** Técnica de la bolsa móvil de nailon

**MI1:** Método del indicador (óxido de cromo, Cr2O3)

**MI2:** Método del indicador (óxido férrico, Fe2O3).

**EEM:** Error estándar de la media.

**DTMS:** Digestibilidad total de la materia seca

**DTPC:** Digestibilidad total de la proteína cruda.

Como se mencionó anteriormente, las BN que presentaron mal manejo en el lavado, daños físicos y excesivo tiempo en el tránsito a través del tracto gastrointestinal, fueron eliminadas del experimento. Además, durante la realización de la prueba, se presentaron inconvenientes con la retención y tiempo de pasaje de las BN en los animales, ya que varias BN fueron recuperadas

en heces, tiempo después del reportado como óptimo por la literatura (0-72 horas a través del tracto gastrointestinal (Metz y Dekker, 1985; Cherian, Sauer, Thacker, 1988; Ly y Lemus, 2007). Estas BN representaron el 22% del total de las BN introducidas oralmente. Sin embargo, estas BN fueron colectadas y enviadas a analizar al laboratorio, con el objetivo de determinar si

el efecto del tiempo pasaje a través del tracto gastrointestinal podría afectar la digestibilidad de materia seca y proteína cruda. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la tabla 3. Para los coeficientes de DTMS y DTPC

de soya extruida no se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0.05$ ) entre los diferentes tiempos de pasaje a través del tracto gastrointestinal.

**Tabla 3.** Promedios generales para digestibilidad total en cerdos (%) de materia seca y proteína cruda de soya extruida en diferentes tiempos de pasaje a través del tracto gastrointestinal.

Variable	Día de recuperación de la bolsa de nailon						EEM
	1	2	3	4	5	6	
DTMS	91.3	90.7	91.4	91.2	*	91.2	0.75
DTPC	85.4	85.0	85.5	85.2	*	85.2	0.51

\*el día 5 no se recuperaron bolsas de nailon. Dentro de una misma fila, medias con diferente superíndice son estadísticamente diferentes ( $P < 0.01$ ).

**EEM:** Error estándar de la media.  
**DTMS:** Digestibilidad total de la materia seca  
**DTPC:** Digestibilidad total de la proteína cruda.

## ■ Discusión

Son pocos los trabajos en los que se haya evaluado la metodología utilizada en este experimento; de allí que se haya presentado cierta dificultad para comparar y discutir los resultados obtenidos. Sin embargo, debido a las ventajas e importancia que presenta este tipo de investigaciones, se considera de interés continuar generando información para establecer la validez de los resultados que este trabajo arroja.

En estudios anteriores, se ha determinado la digestibilidad de la soya extruida utilizando diferentes métodos, y se han encontrado

resultados muy similares a los obtenidos en este trabajo de investigación. Estos resultados fueron previamente publicados por varios autores, siendo los numerales diferentes valores obtenidos en dichas investigaciones (tabla 4). Estos datos son presentados con el fin de ofrecer un punto de referencia para evaluar el potencial de cada uno de los métodos utilizados para predecir digestibilidad total in vivo. Como puede observarse, los valores reportados en la literatura para DTMS y DTPC de soya extruida son similares a los encontrados experimentalmente en este trabajo con las técnicas de CTH, TBMN, DI1 y DI2.



**Tabla 4.** Coeficientes de digestibilidad total en cerdos (%) de materia seca y proteína cruda de soya extruida, obtenidos por diferentes autores y técnicas.

Variable	DT		DI			
DTMS	89,40 <sup>6</sup>	86,21 <sup>1</sup>	81,80 <sup>4</sup>	81,40 <sup>3</sup>	84.2 <sup>5</sup>	89.8 <sup>2</sup>
DTPC	86,80 <sup>6</sup>	82,27 <sup>1</sup>		78,80 <sup>3</sup>	77,60 <sup>3</sup>	

**DT:** digestibilidad total (%)

**DI:** Digestibilidad ileal (%)

1Rudolph, Boggs, Knabe, Tanksley y Anderson, (1988); 2Traylor, Cromwell, Lindemann y Knabe

(2001) ; 3Woodworth, Tokach, Goodband, Nelsens, O'Quinn, Knabe y Said;. 4Bohlke, Thaler y Stein; 5 Aguilera, Reis de Souza, Mariscal, Borbolla y Aguilera (2006); 6Opapeju, Golian, Nyachoti y Campbell (2006).

Las diferencias encontradas entre el método directo (CTH) y el método indirecto (MI1 y MI2) en este estudio podrían deberse a que se requiere conocer con precisión las concentraciones del indicador y de nutrientes en el alimento y las heces. Sin embargo, recuperar el 100% del indicador añadido en el alimento no se ha logrado en la práctica (Nieves et al. 2008). Lo anterior es aparentemente una de las mayores desventajas en el empleo del método indirecto, que impide la correcta y precisa predicción de la digestibilidad de nutrientes en cerdos (Fan y Sauer, 2002).

Las similitudes encontradas entre el método de CTH y TBMN en este trabajo podrían deberse a que las BN fueron lavadas varias veces antes de realizar los análisis de PC. El lavado de las BN colectadas en heces es una medida relativamente simple para remover esencialmente toda la contaminación con PC de origen dietario, microbial y endógeno, unida al exterior de las BN y al alimento introducido en ellas (Yin, Huang, Zhong, Li, Souffrant y De Lange, 2002).

Los resultados obtenidos en este trabajo, al comparar las BN que presentaron un tiempo de pasaje apropiado (< 72 h) (Yin et al. 2002) con las BN que presentaron tiempos mayores de retención (tabla 4), podrían sugerir que el tiempo

de pasaje a través del tracto gastrointestinal no afecta la DTPC (Van Straalen, Odiga y Mostert, 1997; Kohn y Allen, 1992). Además, Prestløkken y Rise (2003), utilizando la TBMN, no encontraron influencia del sitio de colección (ileal o fecal) sobre la digestibilidad de la proteína cruda de la soya tratada. Lo anterior podría validar la asunción de que la proteína en los alimentos contiene fracciones totalmente indigestibles en el tracto intestinal (Van Straalen et al. 1997). Por tanto, la digestión total medida utilizando la TBMN descrita en este estudio puede ser considerada como un estimado de digestibilidad verdadera (Arielli, Ben-Moshe, Zamwel y Tagari. 1989).

## ■ Conclusiones

El método de colección total de heces y la técnica de la bolsa móvil de nailon constituyen un procedimiento estándar, confiable, práctico, y aplicable en estudios de valoración nutricional de alimentos usados para la formulación de raciones para cerdos en diferentes edades.

El método del indicador para determinar la digestibilidad total en cerdos es un instrumento eficaz, rápido, económico y de fácil manipulación

para la evaluación de alimentos en trabajos experimentales. Sin embargo, se debe obtener la recuperación total del marcador utilizado, para evitar el cálculo incorrecto del coeficiente de digestibilidad.

Aunque el tiempo de recuperación de las BN fue superior a los tiempos reportados por la literatura, la TBMN ofrece mayores ventajas comparada con los métodos convencionales de digestibilidad, ya que muchos alimentos pueden ser evaluados en un tiempo relativamente corto y con la utilización de unos pocos animales. Además, no se requiere el uso de marcadores indigestibles.

## ■ Referencias

- Aguilera, B.M.A., Reis de Souza, T.C., Mariscal, L.G., Borbolla, S.G. Y Aguilera, B.A. (2006). Digestibility of nutrients in piglets fed diets with isolated or concentrate soy protein. *Técnica Pecuaria en México*, 44(4), 301-311.
- AOAC. (2002). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (17th Ed). Arlington.
- Arielli, A., Ben-Moshe, A.A., Zamwel, S. Y Tagari, H.J. (1989). In situ evaluation of the ruminal and intestinal digestibility of heat-treated whole cottonseeds. *Journal of Animal Science*, 72(5), 1228-1233.
- Bohlke, R.A., Thaler, R.C. Y Stein, H.H. (2005). Calcium, phosphorus, and amino acid digestibility in low-phytate corn, normal corn, and soybean meal by growing pigs. *Journal of Animal Science*, 83(10), 2396-2403.
- 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(8), 1963-1968.
- CIOMS. (1985). Council for International Organizations of Medical Sciences. International Guiding Principles for Biomedical Research Involving Animals. Geneva.
- Fan, Z. Y Sauer, C. (1995). Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference and regression methods. *Journal of Animal Science*, 73(8), 2364-2374.
- Fan, Z. Y Sauer, C. (2002). Determination of true ileal amino acid digestibility and the endogenous amino acid outputs associated with barley samples for growing-finishing pigs by the regression analysis technique. *Journal of Animal Science*, 80(6), 1593-1605.
- Fenton, T. Y Fenton, M. (1979). An improved procedure for determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science*, 59(3), 631-634.
- Kohn, A. Y Allen, S. (1992). Storage of fresh and ensiled forages by freezing affects fiber and crude protein fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58(2), 215-220.
- Laplace, J.P., Aumaitre, A., Y Rerat, A. (2001). Forty years of achievement in French research on digestive physiology in the pig. *Reproduction, Nutrition, Development*, 41(2), 129-151.
- Ly, J. Y Lemus, C. (2007). Las pruebas de digestibilidad en la evaluación de nuevos recursos alimentarios para cerdos. En: IX Encuentro de Nutrición y Producción en Animales Monogástricos. Memorias. Montevideo, Uruguay. 41-45.
- Metz, H. Y Dekker, R. (1985). Effects of housing on gastrointestinal transit time and digestibility of feeds in growing pigs. Proc. 3rd Int. Seminar on Digestive Physiology in the Pig. Copenhagen,



Den. 369-372.

Nieves, D., Barajas, A., Delgado, G., González, C. Y Ly, L. (2008). Digestibilidad fecal de nutrientes en dietas con forrajes tropicales en conejos. Comparación entre métodos Directo e Indirecto. *Bioagro*, 20(1), 67-72.

NRC. (1998). National Research Council. Nutrient Requirements of Swine, 10th ed. Washington: National Academy Press.

Opapeju, F.O., Golian, A., Nyachoti, C.M. Y Campbell, L.D. (2006). Amino acid digestibility in dry extruded-expelled soybean meal fed to pigs and poultry. *Journal of Animal Science*, 84(5), 1130-1137.

Palacios, J., Echeverri, Z.J.J; Y Parra S.J.E. (2009). Evaluación de la Técnica de la Bolsa Móvil de Nylon para determinar la digestibilidad de proteína cruda en cerdos. *Revista Lasallista de Investigación*, 6(2), 24-30.

Parra, J. Y Gómez, A. (2009). Importancia de la utilización de diferentes técnicas de digestibilidad en la nutrición y formulación porcina. *Revista MVZ Córdoba*, 14(1), 1633-1641.

Prestlækken, E. Y Rise, O. (2003). Protein and amino acid digestibility in dairy cows measured with mobile nylon bag recovered in ileum or faeces. *Acta agriculturæ Scandinavica. Section A, Animal science*, 1(1), 11-20.

Reis de Souza, T. Y Mariscal, G. (1997). El destete, la función digestiva y la digestibilidad de los alimentos en cerdos jóvenes. *Técnica Pecuaria en México*, 35(3), 145-150.

Rudolph, B.C., Boggs, L.S., Knabe, D.A. Y Tanksley, T.D. (1983). Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean products for pigs. *Journal of Animal Science*, 57(2), 373-386.

Statistical Analysis Systems (SAS®). (2006). SAS/STAT User's Guide. Version 9.1th Ed. Cary: NC: SAS Institute Inc.

Steel, R. Y Torrie, J. (1980). Principles and Procedures of Statistics. 2 ed. New York: McGraw-Hill.

Traylor, S.L., Cromwell, G.L., Lindemann, M.D. Y Knabe, D.A. (2001). Effects of level of supplemental phytase on ileal digestibility of amino acids, calcium, and phosphorus in dehulled soybean meal for growing pigs. *Journal of Animal Science*, 10(10), 2634-2642.

Van Straalen, W.M., Odiga, J.J. Y Mostert, W. (1997). Digestion of feed amino acids in the rumen and small intestine of dairy cows measured with nylon-bag techniques. *British Journal of Nutrition*, 77(1), 83-97.

Woodworth, J.C., Tokach, M.D., Goodband, R.D., Nelssen, J.L., O'Quinn, P.R., Knabe, D.A. et al. (2001). Apparent Ileal Digestibility of Amino Acids And The Digestible And Metabolizable Energy Content of Dry Extruded-Expelled Soybean Meal And Its Effects on Growth Performance Of Pigs. *Journal of Animal Science*, 79(1), 1280-1287.

Yin, Y.L., Huang, R.L., Zhong, H.Y., Li, T.J., Souffrant, W.B. Y De Lange, C.F. (2002). Evaluation of mobile nylon bag technique for determining apparent ileal digestibilities of protein and amino acid in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 80(2), 409-420.