



USO DE LA TÉCNICA DE LA BOLSA DE NYLON MOVIL PARA MEDIR DIGESTIBILIDAD *IN SITU* DE ALGUNOS INSUMOS Y AGUACATE EN CERDOS

USE OF THE MOBILE NYLON BAG TECHNIQUE FOR MEASURING *IN SITU* DIGESTIBILITY OF SOME SUPPLIES FOOD AND AVOCADO IN PIGS

J. Ly^{1,3}, J. Bugarín³, M.L. Alonso-Spilbury², J.G. Rodríguez-Carpena³, V. Orozco³ and C. Lemus-Flores^{3*}

¹ Instituto de Ciencia Animal. Apartado 24. San José de las Lajas, Cuba
Email: jly@ica.co.cu

² Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
Distrito Federal de México, México

³ Posgrado CBAP-Unidad Académica de MVZ. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura "Amado Nervo". Código Postal No. 63000, Tepic. Nayarit, México. Email: drclemus@yahoo.com.mx

* Corresponding autor

RESUMEN

Se usó la técnica de bolsas de nylon móviles para medir digestibilidad *in situ* de alimentos convencionales y productos de aguacate (*Persea americana* Mills) en tres cerdos de 70 kg provistos de una cánula simple insertada en el duodeno. Se usó un cuadrado latino 3x3 para determinar la digestibilidad *in situ* de harinas de soya, maíz y sorgo y otro cuadrado latino 3x3 para medir la digestibilidad *in situ* de harina de semillas, de cáscara más semilla y de aguacates enteros nayaritas del tipo Hass, así como de una dieta de uso comercial dada *ad libitum* a los animales. En una prueba preliminar hecha solamente con bolsitas contentivas de alimento comercial, se halló que la digestibilidad *in situ* de la MS fue como promedio 73.01%. En los alimentos convencionales que se evaluaron, se encontró que la harina de soya mostró valores de digestibilidad *in situ* más altos ($P < 0.05$) para la MS, FDN y N que el maíz y el sorgo. De los productos de aguacate, la semillas mostraron mejor valor nutritivo que la semilla más cáscara, y el fruto entero, mayores valores de digestibilidad *in situ* de MS y FDN ($P < 0.05$) que los otros dos productos. No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) entre productos de aguacate para la digestibilidad *in situ* de N, que generalmente fue baja (entre 28.02 y 34.58%). La digestibilidad *in situ* de materia orgánica estuvo vinculada a la de MS ($r = 0.915$; $P < 0.001$), ambas en por ciento, en 42 muestras examinadas, por esta ecuación: $y = 2.076 + 0.926 x$. Los estudios descritos en esta comunicación relativos a la utilización de la técnica de la bolsa móvil demostraron que es posible obtener una rápida respuesta sobre el valor nutritivo de recursos alimentarios no convencionales,

tropicales, en ganado porcino. Por otra parte, se sugiere con énfasis el continuar los estudios que conciernen al valor nutritivo de productos de aguacate en cerdos.

Palabras claves: cerdos; técnica de la bolsa de nylon móvil; digestibilidad *in situ*; aguacate.

SUMMARY

The mobile nylon bag technique was used for measuring *in situ* digestibility of conventional feeds and avocado (*Persea americana* Mills) products in three 70 kg pigs fitted with a simple cannula in duodenum. One 3x3 Latin square was used for determining *in situ* digestibility of soybean, maize and sorghum meal and another 3x3 Latin square for measuring *in situ* digestibility of seed, peel plus seed meal and the entire Nayaritean avocado fruit of Hass type, as well as of the commercial diet given *ad libitum* to animals. In a preliminary test conducted with only bags containing a commercial feedstuff, it was found that *in situ* digestibility of DM was on average 73.01%. In conventional feeds, soybean meal samples showed higher ($P < 0.05$) *in situ* digestibility values for DM, NDF and N, than those of maize and sorghum. Among avocado products, the seeds showed a higher nutritive value than peels plus seeds, whereas the entire fruit had higher ($P < 0.05$) *in situ* digestibility for DM and NDF than the other two avocado products. There were not significant differences ($P > 0.05$) for N digestibility among avocado products, which was generally low (between 28.02 and 34.58%). *In situ* organic matter digestibility was linked to that of MS ($r = 0.915$; $P < 0.001$), both in

percent, in 42 examined samples, by the following found equation: $y = 2.076 + 0.926 x$. The herein described studies concerning the utilization of the mobile bag showed that it is possible to obtain a fast response in connection to the nutritive value of non conventional, tropical alimentary resources for pigs.

INTRODUCCIÓN

El uso de alimentos no convencionales, localmente disponibles como los productos del aguacate (*Persea americana* Mills), es particularmente importante en países como México, donde la producción de esta fruta es notable (SAGARPA 2007). Como ilustración, en 2009, México fue el líder mundial con un 27% del total de área sembrada y el 40% del total de fruta exportada (SE 2012). Uno de los productos de aguacate, está constituido por la fruta en sí desechada, que tiene poco tiempo de vida en anaquel, y es considerado no apto para el consumo humano (Zamora et al., 1999). Así, Osuna et al. (2005) han estimado que las pérdidas por este concepto pueden llegar al 40% de la oferta. Otro producto de aguacate es el que *a priori* es descartado en las plantas acopiadoras y beneficiadoras de estos aguacates (Grageola, 2010).

Debido a que la producción de aguacates está concentrada en una región del país, donde se incluyen los estados mexicanos de Michoacán, Morelos y Nayarit (SAGARPA, 2007), el acopio de los desechos de aguacate se hace una tarea que no es económicamente onerosa. También es de tener en cuenta, que la concentración de desechos de esta fruta puede generar efectos desagradables en la conservación del espacio medioambiental.

La evaluación nutritiva de pulpa de aguacate de desecho ya fue hecha en cerdos en crecimiento (Grageola et al., 2009, 2010). Sin embargo, no es práctico separar la pulpa del resto de la fruta, es decir, cáscara y semilla con vistas a ser suministrada a los animales. En ensayos previos, se ha comprobado que es factible mezclar la fruta entera de desecho, en forma fresca y ya molida, con el resto de los ingredientes de los concentrados para ser suministrada a los cerdos (C. Lemus, 2011, datos no publicados). Sin embargo, se desconoce cómo puede variar el aprovechamiento digestivo de la dieta cuando se dan aguacates molidos a los animales.

Una de las vías relativamente útiles y rápidas para conocer el valor nutritivo de recursos alimentarios nuevos es la utilización de la técnica de la bolsa móvil de nylon, que fue desarrollada originalmente por Sauer et al. (1983, 1989) y Wünsche et al. (2004) entre otros, y aunque se continúa estudiando como

On the other hand, the continuation of studies relative to the nutritive value of avocado products for pigs is highly recommended.

Key words: pig; mobile nylon bag technique; in situ digestibility; avocado.

método de evaluación de proteínas y aminoácidos (Steiner et al., 2011), pudiera ser muy útil en la evaluación en cerdos, de alimentos no convencionales, no tradicionales (Qiao y Thacker 2004; Thacker y Qiao 2001, 2004), incluidos aquellos que son tropicales (Allen y Ly 2007; Ly et al., 2008; Palacios et al., 2009; Garnica et al., 2010; Díaz et al., 2012).

El objetivo del presente estudio fue usar la técnica de bolsas de nylon móviles para medir digestibilidad *in situ* de productos de aguacate nayarita del tipo Hass en cerdos.

MATERIALES Y METODOS

Se empleó un total de tres cerdos de cruce comercial Yorkshire x Landrace, machos castrados, y con un peso promedio de 70 kg, provistos de una cánula simple insertada en el duodeno, de acuerdo con los procedimientos quirúrgicos descritos por Allen et al. (2004). Los animales estuvieron alojados en jaulas de metabolismo durante el período de recuperación, que fue de aproximadamente quince días, y durante todo el tiempo que duró la prueba.

Los animales estuvieron alimentados con un alimento concentrado comercial en forma de harina, preparado en lo fundamental por sorgo molido y pasta de soya, más vitaminas y minerales necesarios para cubrir requerimientos sugeridos por NRC (1998). El nivel de consumo fue *ad libitum*. El agua de bebida estuvo disponible en todo momento, y fue suministrada por bebederos del tipo de chupón.

En la tabla 1 se detallan las características del alimento suministrado a los cerdos.

Tabla 1. Características del alimento concentrado suministrado a los cerdos (base seca).

Indicador	Valor, %
Materia seca	87.90
Cenizas	4.73
Materia orgánica	95.27
Fibra detergente neutro	45.23
N x 6.25	15.58

El procedimiento de preparación de las bolsitas ya fue descrito anteriormente por Allen *et al.* (2007) y en líneas generales siguió las recomendaciones originalmente hechas por Sauer *et al.* (1983, 1989). En esta prueba se usó nylon monofilamentoso para una bolsa de dimensión 25x40 mm, con tamaño de poro de 50 μm . Las bolsitas se prepararon a mano, al sellarse por tres lados con calor. Se tomó 1 g de muestra previamente molida en un molino de martillo con malla de 1 mm y se colocó dentro de cada bolsita previamente pesada. A continuación se selló el cuarto lado de la bolsa y se pesó nuevamente.

Las bolsitas así preparadas fueron predigeridas en una solución de 1 g/L de pepsina disuelta en HCl 0.01 N (pH, 2.0). La actividad de la pepsina fue de 4 000 unidades Folin/L. La predigestión se efectuó a 37°C durante cuatro horas simulando la digestión estomacal (Cherian *et al.*, 1988, 1989). Las bolsitas se lavaron con agua y se mantuvieron en congelación a -20°C hasta el momento de su uso. En ese momento se descongelaron en baño de maría a 37°C por cinco minutos, para ser insertadas en el duodeno de los cerdos.

Se llevaron a cabo una evaluación preliminar de la digestibilidad *in situ* del alimento comercial y a continuación, dos experimentos. En esta evaluación, que tuvo una duración de una semana, se investigó el por ciento de recuperación de bolsitas y la variabilidad entre individuos dentro de las condiciones experimentales previstas. En un día lunes, se insertaron ocho bolsitas de nylon con el alimento comercial, en el intestino de cada uno de los animales a través de la cánula duodenal, en el momento en que se brindó la comida diaria (9:00 am). Las bolsitas comenzaron a recuperarse mezcladas con las excretas de los animales, a partir de 24 horas después de haber sido insertadas en el duodeno, y el período de recolección se extendió a cuatro días (martes a viernes). No se registró el tiempo de recolección de cada bolsita, aunque éstas fueron recuperadas tan pronto como los cerdos defecaban, en el período diurno de cada día, para evitar sobre todo que los cerdos pudieran romperlas por sus pisadas, o que se contaminaran con orina. Inmediatamente se procedió a lavarlas generosamente con agua corriente y se congelaron hasta el momento de su análisis. De cada cerdo se determinó el contenido de muestra seca remanente que se halló en cada bolsita, con el fin de calcular la digestibilidad de MS (n = 8), y a continuación se asignaron dos diferentes bolsas a las que se les determinó por separado el contenido de cenizas, Fibra Detergente Neutro (FDN) y N.

En los dos experimentos subsiguientes que se llevaron a cabo, cada período experimental tuvo una duración de una semana, con un *modus operandi* igual. En el experimento 1, se determinó la

digestibilidad *in situ* de tres ingredientes convencionales comúnmente usados en México para la alimentación comercial en la producción intensiva, industrial, de cerdos. Estos alimentos fueron la harina de maíz, de sorgo y pasta de soya. Estas harinas fueron adquiridas en establecimientos comerciales localizados en la ciudad de Tepic. Las características de la composición de estos alimentos se muestran en la tabla 1.

Tabla 2. Composición de los alimentos convencionales¹ (experimento 1).

	Maíz	Sorgo	Soya
Materia seca	90.89	90.83	90.55
Cenizas ²	1.86	6.89	6.87
Materia orgánica	98.14	93.11	93.13
FDN	37.02	45.97	22.36
Nx6.25	9.46	8.61	45.14

¹ Todos los alimentos estaban en forma de harina

² Expresado en por ciento en base seca

Los valores de cenizas y proteína bruta (Nx6.25) estaban cercanos a los publicados por el NRC (1998) para estos alimentos.

En el segundo experimento se adquirieron en el mercado local un lote de aguacates Hass nayaritas, maduros, pero no aptos ya para el consumo humano y que habían llegado al límite de su estancia en anaquel, de acuerdo con los criterios de los vendedores. El lote se dividió en tres partes iguales, y así una estuvo conformada por frutas enteras, otra por cáscaras y semillas separadas de la pulpa, y la tercera por semillas solamente. La separación de las semillas y de la semilla con la cáscara se hizo manualmente. Se obtuvieron muestras representativas de los tres tipos de productos de aguacate, y los materiales fueron convenientemente molidos, homogeneizados y secados en una estufa provista de circulación de aire a 60°C durante aproximadamente 48 horas. Los detalles de los alimentos examinados se presentan en la tabla 3. Estos productos de aguacate se caracterizaron por ser relativamente pobres en proteína bruta (Nx6.25), mientras que la cáscara más semilla, así como las semillas, fueron muy ricas en pared celular (FDN).

Tanto en el experimento 1 como en el 2, las determinaciones de MS, ceniza y N en alimentos y el residuo de las bolsitas fueron hechas de acuerdo con procedimientos reconocidos (AOAC, 1995), mientras que la FDN se estimó según Van Soest *et al.* (1991). El contenido de materia orgánica resultó de restar el por ciento de ceniza de 100. En el caso particular de las medidas de MS, el análisis se realizó sin extraer el residuo de la bolsita, sino con ella incluida y sin abrir,

siguiendo las recomendaciones de Thacker y Qiao (2001), mientras que para los análisis de ceniza, FDN y N, se extrajo raspando todo el material de la bolsita correspondiente. Los análisis se efectuaron a razón de una determinación por bolsita, dos por cerdo para cada alimento dado a cada uno de los tres animales, considerando el valor promedio de dos bolsitas por cerdo para cada determinación, obteniendo tres valores promedio por alimento, tal como fue recomendado también por Thacker y Qiao (2001).

Tabla 3. Composición de los alimentos no convencionales (experimento 2).

	Aguacate		
	Semilla	Cáscara y semilla	Entero
Materia seca	37.17	25.66	27.55
Cenizas ¹	2.34	2.17	3.05
Materia orgánica	97.66	97.83	96.95
FDN	54.63	74.58	58.80
Nx6.25	4.77	3.28	4.55

¹ Expresado en por ciento en base seca

Los cálculos de digestibilidad *in situ* se hicieron al tener en cuenta el peso del residuo remanente en las bolsitas y del contenido ingresado originalmente en las mismas. La diferencia de material desaparecido, fue considerada como la digestibilidad de la materia seca o del principio nutritivo examinado, tal como se describe en los experimentos de digestibilidad aparente (Crampton y Harris, 1969; Schneider y Flatt, 1975; Young *et al.*, 1991).

En la evaluación preliminar, que se hizo con el alimento comercial, el efecto del animal se examinó según una clasificación simple. En ambos experimentos se utilizó un cuadrado latino 3x3 como diseño experimental, donde el tratamiento fue el animal utilizado. Para la realización del análisis estadístico, en la presente investigación se aplicó la técnica del análisis de varianza mediante un modelo lineal donde el efecto fijo fue el animal, o el análisis de correlación y regresión (Steel *et al.*, 1997), mientras que para la separación de medias cuando su contraste fue significativo ($P < 0.05$), se usó la prueba de rango múltiple de Duncan. En el procesamiento de los datos se usó el paquete estadístico InfoStat (Balzarini *et al.*, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generalidades

Los animales usados en esta investigación no mostraron en ningún momento algún signo que pudiera interpretarse como de incomodidad. Nunca perdieron el apetito durante el transcurso del trabajo, y al término del mismo, en la eutanasia, no se hallaron anomalías anatómicas o por simple inspección que pudieran sugerir alguna influencia negativa por el hecho de haber tenido insertada una cánula simple en el duodeno. La recuperación de bolsitas que además no estaban rotas, fue casi completa, ascendente a un 95%, y todas comenzaron a ser excretadas entre 24 y 48 horas después de ser insertadas en el duodeno. En animales más jóvenes, Metz y Deller (1985) sugirieron que el comienzo de la salida rectal de las bolsitas móviles podría ocurrir un día después de ser insertadas en el duodeno. En los animales con un peso inicial de 70 kg, el porcentaje de bolsitas rotas fue prácticamente nulo.

Los datos correspondientes a los valores de digestibilidad *in situ* de la MS se muestran en la tabla 4. Se encontró que el coeficiente de variación entre bolsitas para la digestibilidad *in situ* de la MS estuvo entre 4.80 y 13.99%. El alto valor del CV para el animal 2 fue debido a los dos valores extremos, 55.44 y 83.68% respectivamente. Si se eliminaran estas dos cifras, el valor promedio sería casi igual, 71.08%, pero aún el CV alcanzaría el valor de 10.56% ($n = 6$). No se encontró efecto significativo del animal ($P < 0.240$) para la digestibilidad *in situ* de MS, que en promedio fue más bien baja, un 73.01% (EE, ± 2.06).

Tabla 4. Digestibilidad *in situ* de MS (%) de un alimento de naturaleza comercial dado a los cerdos.

Bolsita	Animal		
	1	2	3
01	66.38	83.68	77.44
02	69.93	73.31	77.44
03	80.60	74.64	72.21
04	77.87	75.43	77.20
05	71.54	55.44	69.95
06	74.22	62.16	78.92
07	70.55	61.37	70.39
08	78.43	79.57	73.32
Promedio	73.69	70.70	74.65
CV, %¹	6.69	13.99	4.80

¹ Efecto animal no significativo ($P > 0.05$)

El valor de la digestibilidad *in situ* de cenizas, materia orgánica, pared celular y N de este alimento comercial se presenta en la tabla 5.

Experimento 1

En lo referente a los alimentos convencionales (tabla 6), se encontró que la digestibilidad de la harina de soya mostró valores de digestibilidad *in situ* significativamente ($P<0.05$) más altos para la MS, la pared celular y el N, que las harinas de maíz y de sorgo. El contraste entre estos dos cereales demostró que el valor nutritivo de la harina de maíz fue superior que la de sorgo.

Tabla 5. Digestibilidad *in situ* de nutrientes en el alimento de naturaleza comercial dado a los cerdos.

	Valor, % ¹
Cenizas	80.06 ± 3.64
Materia orgánica	75.05 ± 1.91
FDN	48.50 ± 0.15
Nx6.25	78.48 ± 3.54

¹ Media y desviación estándar de tres animales. Dos bolsitas por cerdo.

Tabla 6. Digestibilidad *in situ* (%) de alimentos convencionales en cerdos (experimento 1).

	Maíz	Sorgo	Soya	EE ±
n	3 ¹	3	3	-
Digestibilidad <i>in situ</i>				
Materia seca	70.64 ^a	68.39 ^a	86.34 ^b	8.11*
Cenizas	79.76	90.81	92.19	9.72 ⁺
Materia orgánica	74.16 ^a	86.40 ^b	85.58 ^b	6.66*
FDN	59.96 ^b	49.66 ^a	76.95 ^c	1.64*
Nx6.25	71.78 ^b	50.74 ^a	94.28 ^c	5.26*

¹ Cada réplica equivale a un animal. En el caso de la digestibilidad de MS, se obtuvieron ocho valores por animal, mientras que en las otras medidas fueron dos valores por animal.

⁺ $P<0.10$; * $P<0.05$

^{abc} Medias sin letra en común en la misma fila difieren entre sí significativamente ($P<0.05$)

El valor de digestibilidad *in situ* de la MS en la harina de sorgo que se halló en este examen, justifica valores bajos de digestibilidad *in situ* de MS del alimento comercial, que estaba confeccionado con harina de sorgo. Aún así, la digestibilidad *in situ* de la MS en el caso de la harina de maíz, resultó ser semejante a la del sorgo. La digestibilidad *in situ* de la MS de ambos

cereales fue significativamente ($P<0.05$) menor que la de la soya. En cambio, la materia orgánica digerida pareció ser equivalente entre el sorgo y la soya, y menor en el maíz.

Desde el punto de vista de la digestibilidad *in situ* de la ceniza, en esta investigación se halló que en todo caso fue alta, con una tendencia a ser inferior en el maíz. Estos datos sugieren que la mayor parte de los minerales presentes en estos ingredientes, muestran una alta solubilidad en el tracto gastrointestinal de los cerdos. En cuanto a la digestibilidad *in situ* de la pared celular, el sorgo mostró los valores más bajos y la soya los más altos ($P<0.05$), mientras que con el maíz, la digestibilidad *in situ* fue menor.

Los datos para la digestibilidad *in situ* del N en el caso del maíz y la soya que se hallaron aquí coincidieron con los encontrados por Sauer *et al.* (1989), quienes informaron valores de 72.2 y 89.9% respectivamente. Thacker y Qiao (2001), con otras condiciones experimentales, hallaron que la digestibilidad *in situ* de MS para el maíz en Canadá fue de 81.9-82.4%, mientras que para la soya fue 89.9%. En lo que corresponde al N, la digestibilidad en el maíz fue de 70.0-72.8%, y en la soya, 89.2%. En el conocimiento de los autores, no hay valores disponibles para la digestibilidad *in situ* de la MS y materia orgánica para el sorgo.

En esencia, el trabajo que aquí se describe siguió la metodología desarrollada en Edmonton (Sauer *et al.*, 1989) con algunos ajustes de acuerdo con Thacker y Qiao (2001). En el estudio de Palacios *et al.* (2009) en Medellín, la digestibilidad *in situ* del N fue igualmente alto para la soya, 91.4% y superior a la de los cereales, pero este índice fue mayor que los del presente experimento, tanto en el maíz como en el sorgo, e igual a 84.6 y 83.4%, respectivamente. Una diferencia entre ambas pruebas fue que en la de Palacios *et al.* (2009), las bolsitas fueron introducidas por la vía oral en los cerdos. Se desconoce si este hecho pudiera explicar la diferencia entre estas evaluaciones.

Experimento 2

Los datos correspondientes a la digestibilidad *in situ* de los productos de aguacate se muestran en la tabla 7. En estos productos de aguacate, se halló que la semilla más cáscara mostró valores de digestibilidad *in situ* que fueron generalmente inferiores a los de la semilla como tal, mientras que el fruto entero, es decir, la pulpa o mesocarpio más la semilla y la cáscara poseyó valores de digestibilidad *in situ* de MS y pared celular que fueron significativamente ($P<0.05$) mayores que los de las otras dos partes de la fruta que se evaluaron en esta prueba.

Los anteriores resultados se encontraron aún más acentuados en el caso de la digestibilidad de la materia orgánica, a favor de la fruta entera ($P < 0.01$). En cambio, no hubo efecto del tipo de producto de aguacate en la digestibilidad *in situ* del N ($P > 0.05$), que resultó ser en líneas generales, bastante baja.

Estos resultados pudieran ser explicados, por el efecto negativo que tiene la pared celular sobre la digestibilidad de otros nutrientes en los cerdos (ver por ejemplo, Fernández y Jorgensen, 1986; Le Goff et al., 2002; Wilfart et al., 2007). Grageola (2010) informó que la cáscara y la semilla de los aguacates nayaritas Hass contribuyen con aproximadamente el 30% del total del peso de las frutas. Este dato explicaría por qué el contenido de pared celular puede aumentar cuando se considera la fruta entera y no solamente la pulpa, y la disminución de la digestibilidad de MS, aún cuando el alto contenido de grasa cruda en la pulpa establece una alta densidad energética de la pulpa, y aún para la fruta entera. Por otra parte la digestibilidad rectal de la MS en la pulpa de aguacate, calculada por diferencia, fue de 79.15%, según Grageola (2010).

Tabla 7. Digestibilidad *in situ* (%) de alimentos no convencionales en cerdos (experimento 2).

	Aguacate			
	S ¹	SC	FE	EE ±
n	3 ²	3	3	-
Digestibilidad <i>in situ</i>				
Materia seca	33.48 ^a	25.11 ^a	73.69 ^b	5.90*
Cenizas	67.25 ^b	42.92 ^a	64.54 ^b	7.76*
Materia orgánica	30.12 ^a	24.25 ^a	70.06 ^b	5.11*
FDN	40.65 ^c	18.73 ^a	35.53 ^b	0.05*
Nx6.25	30.62	28.02	34.58	5.49

¹ S, CS y FE expresan semilla, cáscara y semillas, y fruta entera en ese orden.

² Cada réplica equivale a un animal. En el caso de la digestibilidad de MS, se obtuvieron ocho valores por animal, mientras que en las otras medidas fueron dos valores por animal.

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

^{abc} Medias sin letra en común en la misma fila difieren entre sí significativamente ($P < 0.05$)

En este examen se buscó la posible interdependencia entre la digestibilidad *in situ* de la MS, la ceniza y la materia orgánica en aquellas muestras que fueron sometidas a procedimientos analíticos sucesivos para determinar el valor de estos tres índices (cantidad de bolsitas, 42). Para ello se aplicó la matriz de correlación de Pearson (Steel *et al.*, 1997), y el

resultado de esta indagación se muestra en la tabla 8. Las tres medidas fueron interdependientes entre sí, con un alto grado de confianza ($P < 0.001$) en todas las circunstancias.

En la figura 1 se muestra el *status* de la interdependencia entre la digestibilidad *in situ* de la MS y la de la materia orgánica en cerdos, donde se consideró la primera como variable independiente. Esta interdependencia fue altamente significativa ($P < 0.001$) y con un intercepto en el eje de las y muy cercano a cero ($(S_{yx} \pm 9.465)$). Tal ecuación apoyaría fuertemente el sugerir que es probable que la digestibilidad *in situ* de la energía esté igualmente ligada de una manera estrecha con la de la MS, en este tipo de evaluación nutricional para el ganado porcino. En ciertas circunstancias, la digestibilidad de la materia orgánica es un indicador seguro de la de energía en los cerdos (Metz y Van der Meer 1985).

Estos resultados fueron considerablemente alentadores para continuar en el uso y el perfeccionamiento de la técnica de la bolsa de nylon móvil en estudios del valor nutritivo de alimentos no convencionales, tropicales, en el cerdo. De hecho, los experimentos descritos en esta comunicación relativos a la utilización de la técnica de la bolsa móvil demostraron que es posible obtener una rápida respuesta sobre el valor nutritivo de recursos alimentarios no convencionales, tropicales, en ganado porcino. Por otra parte, se sugiere continuar los estudios que conciernen al valor nutritivo de productos de aguacate en cerdos.

Tabla 8. Matriz de correlación de Pearson para medidas de digestibilidad *in situ* en cerdos, de muestras de ingredientes y la dieta comercial (n = 42).

	DMS ¹	DCz	DMO
DMS	1.000		
DCz	0.684	1.000	
DMO	0.915	0.651	1.000

¹ DMS, DCz y DMO expresan digestibilidad *in situ* de materia seca, ceniza y materia orgánica en ese orden.

$P < 0.05$ para $r > 0.340$ en valores absolutos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal administrativo y técnico de la Unidad Académica de Agricultura, de la Universidad, en la ciudad mexicana de Xalisco, Nayarit.

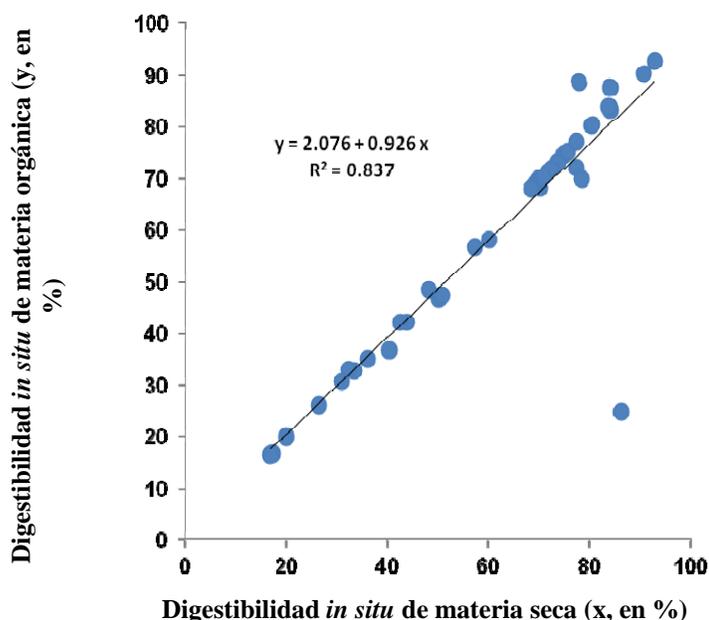


Figura 1. Interdependencia entre la digestibilidad *in situ* de MS y materia orgánica de siete tipos de alimentos para cerdos (n = 42).

REFERENCIAS

- Allen, J., 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., 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 (11th edition) (K. Helrick, editor). Arlington, pp 1 230.
- Balzarini, G.M., Casanoves, F., Di Rienzo, I.A., González, A., Robledo, C.W. 2001. InfoStat, Manual de Usuario. Versión 1. Software Estadístico. Universidad de Córdoba. Córdoba (Argentina), pp 311.
- Cherian, G., Sauer, W.C., 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, 63: 1963-1968.
- Cherian, G., Sauer, W.C., 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., Harris, L.E. 1969. Applied Animal Nutrition. The Use of Feedstuffs in Formulation of Livestock Rations. W.H. Freeman. San Francisco, pp 753.
- Díaz, I., González, C., Reyes, J.L., Delgado, E., Ly, J. 2012. Digestión de follaje de batatas (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) en cerdos. Digestibilidad *in situ* medida con bolsas móviles de nailon. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 46: 295-299.
- Fernández, J.A., Jorgensen, H.N. 1986. Digestibility and absorption of nutrients as affected by fibre content in the diet of the pig. Quantitative aspects. Livestock Production Science, 15: 53-71.
- Garnica, J.D., Restrepo, J.A., Parra, J.E. 2010. Digestibilidad total de materia seca y proteína cruda de *Boehmeria nivea* L. Gaud en cerdos en crecimiento. Livestock Research for Rural Development, 22(10): versión electrónica disponible en el sitio: <http://www.lrrd.org/lrrd22/10/garn22185.htm>.
- Grageola, F. 2010. Aprovechamiento del aguacate de desecho en la alimentación del cerdo Pelón Mexicano y del cerdo comercial. Tesis de

- Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, pp 68.
- Grageola, F., Sanginés, L., Díaz, C., Gómez, A., Cervantes, M., Lemus, C., Ly, J. 2010. The effect of breed and dietary level of avocado fat on the N and energy balance in young pigs. *Journal of Animal and Feed Science*, 19: 37-49.
- Grageola, F., Sanginés, L., Lemus, C., Ly, J. 2009. Faecal output and digestibility of dry matter in Nayaritean Pelón Mexicano pigs fed with diets of fresh pulp of avocado (*Persea americana* Mills). *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 15: 54-56.
- Le Goff, G., Dubois, S., Van Milgen, J., Noblet, J. 2002. Influence of dietary fibre level on digestive and metabolic utilisation of energy in growing and finishing pigs. *Animal Research*, 51: 245-259.
- Ly, J., Allen, J.D., Pok Samkol, Castro, M. 2008. Evaluación de la digestibilidad de follaje arbóreo tropical en cerdos mediante el uso de la técnica de bolsa móvil. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 15:271-276.
- Metz, S.H.M., Deller, D.R.A. 1985. Effects of housing on gastrointestinal transit time and digestibility of feed in growing pigs. *In: 3rd International Seminar on Digestive Physiology in the Pig* (Just, A., Jorgensen, H. y Fernández, J.A., editores). *Beretning Statens Husdyrbrugsforsog* no. 458. Copenhagen, p 169-172.
- Metz, S.H.M., 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: 3rd International Seminar on Digestive Physiology in the Pig* (Just, A., Jorgensen, H. y Fernández, J.A., editores). *Beretning Statens Husdyrbrugsforsog* no. 458. Copenhagen, p 373-376.
- NRC. 1998. *Nutrient Requirements of Domestic Animals. Nutrient Requirements of Swine*. National Academy of Science Press. Washington, District of Columbia, pp 189.
- Osuna, J.A., Beltrán, J.A., Vázquez, V. 2005. Efecto del 1-metilciclopeno (1-MCP) sobre el comportamiento postcosecha del aguacate Hass. *Revista de Fitotecnia Mexicana*, 28: 1-8.
- Palacios, J., Echeverry, J.J., Parra, J. 2009. Evaluación de la técnica de bolsa móvil de nylon para determinar la digestibilidad de proteína cruda en cerdos. *Revista Lasallista de Investigación*, 6: 24-30.
- Qiao, Shiyang, Thacker, P.A. 2004. Digestible energy content of traditional and non-traditional feeds for swine determined using the mobile nylon bag technique. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3: 371-377.
- SAGARPA. 2007. Información de las Delegaciones, Distritos y Caders. Subsecretaría de Agricultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Ciudad de México, versión electrónica disponible en el sitio: <http://www.gob.mx>.
- Sauer, W.C., Den Hartog, L.A., Huisman, J., Van Leuwen, P., 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., Berzins, R. 1983. Modified nylon bag technique for determining apparent digestibilities of protein in feedstuffs for pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 63: 233-237.
- Schneider, B.H., Flatt, W.P. 1975. *The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments*. The University of Georgia Press. Athens, pp 423.
- SE. 2012. *Monografía del Sector Aguacate en México: Situación Actual y Oportunidades de Mercado*. Secretaría de Economía (SE). México, Distrito Federal, pp 21.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., Dickey, M. 1997. *Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. McGraw and Hill Book Company In Company (segunda edición). New York, pp 666.
- Steiner, T., Bornholdt, U., Sauer, W.C., Ahrens, F., Jorgensen, H., Mosenthin, R. 2011. Use of the mobile nylon bag technique for determination of apparent ileal digestibilities of crude protein and amino acids in feedstuffs for pigs. *Czech Journal of Animal Science*, 56: 451-464.
- Thacker, P.A., Qiao, Shiyang. 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., Qiao, Shiyang. 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 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.
- Wilfart, A., Montagne, L., Simmins, P.H., Van Milgen, J., Noblet, J. 2007. Sites of nutrient digestion in growing pigs: effect of dietary

- fiber. *Journal of Animal Science*, 85: 973-986.
- Wünsche, J., Borgmann, E., Hennig, U.I., Kreienbring, F., 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.
- Young, L.G., Low, A.G., 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.
- Zamora, M.M.T., Cajuste, B.J., Colinas, L.M.T.B., Santacruz, U.H. 1999. Efecto de los daños mecánicos sobre el comportamiento postcosecha de fruto de aguacate. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5: 319-328.

Submitted June 27, 2013 – Accepted August 26, 2015