

BANANAS Y PLATANOS PARA ALIMENTAR CERDOS. PROCESOS DIGESTIVOS

J. Ly

Instituto de Investigaciones Porcinas. Gaveta Postal No.1, Punta Brava. La Habana, Cuba
email: JLy@iip.co.cu

RESUMEN

En comparación con otras fuentes tropicales de almidón, no es mucha la información existente sobre valores de digestibilidad en cerdos alimentados con bananas y plátanos.

En cualquier forma en que las frutas se suministren a los cerdos, hay una disminución de la digestibilidad y de la retención del N dietético. Las pruebas de digestibilidad in vitro (pepsina/pancreatina) sugieren que el almidón de las frutas verdes experimentan una degradación incompleta. Esto puede significar que la digestión microbiana puede ser considerable en animales alimentados con bananas y plátanos como fuente principal de energía en la comida. Debido a que la fibra se concentra en la cáscara de la fruta, ésta debe ser la causa del descenso en la digestibilidad de estas cáscaras y de frutas sin pelar. La energía digestible de las bananas verdes cuando se suministran a los cerdos está alrededor de 13.3 kjoule/g MS. En otros tipos de plátanos y bananas, no hay datos suficientes sobre su densidad energética.

Se necesita más información sobre factores que puedan influir en la digestibilidad de bananas y plátanos en cerdos, así como de digestibilidad ileal de nutrientes en dietas formuladas con altas proporciones de estas frutas.

Palabras claves: cerdos, digestibilidad, bananas, plátanos

Título corto: Digestibilidad de bananas y plátanos en cerdos

BANANAS AND PLANTAINS FOR FEEDING PIGS. DIGESTIVE PROCESSES

SUMMARY

If compared to other tropical sources of starch, there are not enough information concerning digestibility indices in pigs fed on bananas and plantains.

In any way fruits are given to pigs, a decrease exists of rectal digestibility and retention of dietary N. Digestibility trials conducted in vitro (pepsin/pancreatin) does suggest that the starch of green fruits undergoes an incomplete degradation. This can imply that the extent of microbial digestion may be considerable in animals fed on bananas and plantains as the major source of energy. Due to the fact that fibre is located in the fruit peel, this may be the origin of the reduction of digestibility of peels and unpeeled fruits. Digestible energy of green bananas given to pigs is about 13.3 kjoule/g DM. There are not sufficient data related to energy density in other types of bananas and plantains.

More information is required concerning factors which could have any influence on digestibility of bananas and plantain in pigs, as well as ileal digestibility of nutrients in diets formulated to contain high proportions of these fruits for pigs.

Key words: pigs, digestibility, bananas, plantains

Short title: Banana and plantain digestibility in pigs

Tabla de contenido

Introducción, 203
Morfometría del tracto gastrointestinal de los cerdos, 203
Digestibilidad in vivo, 203
Digestibilidad in vitro, 207
Balance de energía, 208
Conclusiones, 209
Agradecimientos, 209
Referencias, 209

INTRODUCCION

En comparación con otras fuentes tropicales de almidón, no es mucha la información existentes sobre valores de digestibilidad en cerdos alimentados con bananas y plátanos. También esto parece ser cierto, cuando se compara lo que se conoce sobre los procesos digestivos en cerdos alimentados con bananas y plátanos, cuando se contrasta con los datos de consumo voluntario (Ly 2004), y sobre todo, composición química de las frutas, tal vez esto último influido porque se han hecho muchas evaluaciones de estas frutas con vistas a evaluación su potencial en la alimentación y nutrición de seres humanos.

En un texto anterior, se publicó información referente a la composición de las frutas y a su palatabilidad (Ly 2004). En lo que sigue se exponen la mayoría de los datos sobre este tema.

MORFOMETRIA DEL TRACTO GASTROINTESTINAL DE LOS CERDOS

Existen pocas evidencias experimentales relacionadas con la respuesta del tracto gastrointestinal de los cerdos a la ingestión de dietas de bananas y plátanos como la principal fuente de carbohidratos. Sin embargo, los datos existentes apuntan hacia un aumento ponderal de los distintos órganos digestivos. El incremento en el peso de estos órganos conduce a una disminución en el rendimiento de la canal en cerdos alimentados con grandes cantidades de bananas (Canope y Le Dividich 1973), pero no cuando este nivel es bajo: Liao y

Hsu (1985) no hallaron efecto en el rendimiento de canal con cerdos engordados con hasta 15% de pastillas de banana en la dieta. En la tabla 1 se presentan los resultados obtenidos por Canope y Le Dividich (1973) al alimentar cerdos criollos en Guadalupe (25-85 kg), con bananas frescas.

Tabla 1. Peso del tracto gastrointestinal de cerdos criollos¹ alimentados con bananas frescas en Guadeloupe

	Consumo de banano fresco, g/día		
	3.60	4.10	.30
Tracto gastrointestinal, kg²	9.0	10.0	13.0

¹ Rango de peso corporal, 25-85 kg

² Órganos más contenido digestivo

Fuente de los datos: Canope y Le Dividich (1973)

En un estudio mexicano, Zulueta y Losada (1981) informaron el resultado de examinar distintas proporciones de plátano verde y miel final de caña para cerdos en engorde (19.4-90 kg). De acuerdo con su informe, Zulueta y Losada (1981) notaron que las dietas con niveles crecientes de plátano verde aumentaron la capacidad y la longitud de los distintos órganos digestivos (tabla 2), y lo mismo ocurrió con el peso del páncreas. Estos resultados indican concordancia con las observaciones previas hechas por Canope y Le Dividich (1973) al usar bananas verdes.

Tabla 2. Indices morfométricos del tracto gastrointestinal en cerdos alimentados con plátano verde

	- ¹	Plátano verde, % ²			
		60	75	90	100
Organos llenos, kg					
Estómago	2.67	1.44	1.73	1.55	2.66
Intestino grueso	2.56	2.09	2.80	3.75	4.58
Longitud, m					
Intestino delgado	17.05	17.07	15.29	15.81	14.10
Intestino grueso	4.13	3.91	3.30	4.28	4.34
Area, dm²					
EStómago	11.41	8.98	6.18	9.78	10.13
Ciego	7.01	6.78	6.65	7.74	8.70

¹ Dieta convencional de cereales y granos

² Proporción de plátano verde y miel final de caña

Fuente de los datos: Zulueta y Losada (1981)

DIGESTIBILIDAD IN VIVO

Los trabajos relacionados con la determinación del valor nutritivo de las bananas y plátanos parecen haberse realizado casi todos en países de la América tropical. Los estudios que se han hecho se han concentrado más bien en las bananas, y en este sentido, se han dirigido a estudiar distintos factores que pudieran influir en la digestibilidad de las dietas confeccionadas con bananas y plátanos como fuente principal de energía. Estos factores se relacionan a continuación

Uno de los estudios iniciales donde se examinó el valor nutritivo de las bananas verdes fue el de Le Dividich y Canope

(1970) hecho en Guadeloupe. En este experimento se compararon tres formas de preparar las bananas verdes con cáscaras, picadas o hechas pulpa, o hervidas en agua, y se utilizó una dieta control de cereales y granos. Le Dividich y Canope (1970) calcularon los índices digestivos de diferentes nutrientes de la banana por el método de diferencia, y encontraron que cocinar las bananas fue sensiblemente mejor para todos los índices medidos que utilizar cualquiera de las dos formas de banana cruda (tabla 3).

Tabla 3. Digestibilidad rectal (en %) en cerdos¹ de distintos principios nutritivos contenidos en bananas verdes

	Banana verde ²			
	Dieta básica	Cruda picada	Cruda molida	Cocida
MS	78.3	83.8	83.1	88.5
Materia orgánica	83.1	83.5	82.4	87.5
Energía	81.9	75.5	75.5	82.4
N	87.0	-13.2	-14.6	21.8

¹ Peso inicial, 44.5 kg

² En las bananas crudas y cocinadas: MS, 21.9 y 19.8; ceniza, 4.6 y 5.4; Nx6.25, 1.3 y 1.1% respectivamente

³ Calculada por diferencia en los tratamientos de bananos

Fuente de los datos: Le Dividich y Canope (1970)

Varios factores que pueden determinar cambios en la digestibilidad rectal de bananas en cerdos fueron estudiadas por Clavijo (1972). Este investigador observó que la digestibilidad boca-recto del N, el extracto etéreo y la fibra cruda mejoraron en la fruta madura, pero no se halló cambios en la digestibilidad rectal de la energía y el ELN. Esto fue atribuido por Clavijo (1972) a que durante la maduración disminuye el contenido de taninos en el alimento. Por otra parte, la fruta sin cáscara es más digestible que la que la contiene, tanto verde como madura. Igualmente se observó que al secar, aumentó la digestibilidad de la fibra cruda, el extracto etéreo y el N en la banana verde.

Opuesto a esto que se mencionó anteriormente, fue lo que ocurrió en la banana madura, en la que todos los índices digestivos decrecieron, lo que fue interpretado por Clavijo (1972) como la consecuencia de las reacciones de caramelización que experimentan los azúcares simples

presentes en el producto. Un resumen de los resultados de Clavijo (1972) aparece en la tabla 4.

Tabla 4. Influencia del secado en estufa y de la maduración en la digestibilidad de bananas en cerdos

	Digestibilidad rectal, %			
	Grasa cruda	Fibra cruda	ELN	N
Bananas verdes				
Enteras				
Frescas	-5	57	93	-102
Secada ¹	22	78	93	3
Peladas				
Frescas	69	65	94	-29
Secadas	-45	-9	93	2
Bananas maduras				
Enteras				
Frescas	32	78	92	-43
Secadas	24	-39	69	-127
Peladas				
Frescas	63	75	96	32
Secadas	78	-68	75	-47

¹ Secada durante 24 horas a 60°C y molida para obtener harina

Fuente de los datos : Clavijo (1972)

Estos datos fueron publicados también con posterioridad por Clavijo y Maner (1975) en los que se presentó la información sobre la digestibilidad de la MS, pero se excluyó el resultado correspondiente a las frutas peladas, o sea, sin cáscara (tabla 5).

Tabla 5. Índices digestivos de bananas verdes y maduras, frescas o secas

	Digestibilidad rectal, %				
	MS	Grasa cruda	Fibra cruda	ELN	N
Bananas verdes					
Frescas	76.9	24.8	56.9	92.7	-102.0
Secas	83.6	22.0	78.3	92.5	3.3
Bananas maduras					
Frescas	84.2	32.4	78.0	92.4	-42.6
Secas	-50.5	24.5	39.4	68.6	-126.6

Fuente de los datos: Clavijo y Maner (1975)

Por otra parte, se ha sugerido que la banana verde determina una digestibilidad hasta el recto más bien baja debido a la presencia de taninos libres en la fruta inmadura (Oyenuga y Fetuga 1974; Le Dividich et al 1975). También, el cocinar las bananas verdes influye positivamente en la digestión del almidón (Cerring-Beroard y Le Dividich 1976) y además favorece la digestibilidad total del N, la materia orgánica y la energía (Le Dividich et al 1975).

Otro factor estudiado es el ensilado de la fruta. A este respecto, Sève et al (1972) estudiaron en Guadalupe la influencia de ensilar bananas verdes o maduras, ensiladas, o

la misma fruta verde molida fresca o en forma de harina, cuando las incluyeron en dietas para cerdos en crecimiento (tabla 6). Sève et al (1972) encontraron que la harina de banana verde permitió valores superiores de digestibilidad total de MS y materia orgánica con respecto al resto de los tratamientos. Desde el punto de vista de la digestibilidad del N, ésta fue superior en la harina con respecto a los ensilados, y por otra parte, las bananas frescas o ensiladas fueron inferiores en la digestibilidad del N con respecto a la cebada. Desde el punto de vista de la retención del N, este pareció ser siempre más favorable en la dieta de cebada, y lo opuesto en las dietas con bananas ensiladas.

Tabla 6. Cambios de la digestibilidad hasta el recto en cerdos con el procesamiento de las bananas¹

	Banana verde				
	Cebada	Ensilada		Sin ensilar	
		Verde	Madura	Fresca	Harina
Digestibilidad rectal, %					
MS	79.1	80.6	77.3	83.4	87.0
Materia orgánica	81.1	83.1	79.6	85.3	88.3
N	83.3	68.4	64.2	72.2	83.3
N retenido					
En % de la digestión	54.5	53.8	47.5	58.4	52.4
En g/día	19.6	10.9	11.6	14.4	14.2

¹ Animales de 30 kg que consumieron dietas con aproximadamente 45% de cualquiera de los tipos de bananas, en la dieta (base seca)
 Fuente de los datos: Sève et al (1972)

En un segundo ensayo de Sève et al (1976), se examinó nuevamente qué efectos producía la banana ensilada en la digestibilidad y el balance de N de los cerdos de 30 kg. En este experimento los animales recibieron un complemento proteico y el producto de banana en cuestión. De acuerdo con Sève et al (1976), la digestibilidad rectal de la MS y la materia orgánica fue evidentemente más alta en el tratamiento con banana verde fresca con respecto a los que tenían bananas ensiladas, verdes o maduras, e inclusive el tratamiento control (tabla 7).

En contraste, la digestibilidad rectal del N fue superior cuando los animales ingirieron la dieta sin bananas. Igualmente el N retenido fue mayor en esa misma dieta control, y menor en las dietas con ensilado, mientras que la banana verde determinó una respuesta intermedia. Merece mencionarse que la retención de N, expresada como por ciento del digerido no varió mucho por efecto de tratamiento.

Tabla 7. Digestibilidad rectal y balance de N en cerdos alimentados con banana ensilada¹

	Digestibilidad rectal, %			
	Azúcar ²	Ensilado de banana		Banana verde fresca
		Verde	Madura	
Digestibilidad rectal, %				
MS	79.2	80.6	76.6	84.0
Materia orgánica	81.6	82.7	78.7	86.2
N	85.3	71.1	68.7	73.0
N retenido				
% de la digestión	55.5	57.0	50.0	59.8
En g/día	19.9	12.0	12.8	15.9

¹ Animales de 30 kg alimentados con 46% de bananas verdes ó 41% de bananas maduras (base seca) a razón de 1.20 kg MS/día

² Azúcar, 36; harina de soya, 54; vitaminas y minerales, 10% en base seca respectivamente

Fuente de los datos: Sève et al (1976)

Los datos de digestibilidad rectal de MS, materia orgánica y N que hallaron Seve et al (1976) en este trabajo son coincidentes con el precedente (ver tabla 6.18). Seve et al (1976) atribuyeron la caída de la digestibilidad de N a la presencia de taninos, a los constituyentes de la pared celular, de lo que es muy rica la cáscara de la banana, y en el caso del ensilado de banana madura, a la extraordinaria riqueza en ácidos orgánicos. Otro estudio relacionado con la influencia posible en la digestibilidad total de nutrientes y energía, de la presencia de la cáscara en la fruta verde, de suministrarla

fresca o cocinada a los animales, así como de brindarla fresca y madura a los cerdos, fue publicado por Le Dividich y Canope (1975). Estos investigadores encontraron que el pelar y cocinar la fruta inmadura contrarresta el efecto de la presencia eventual de factores antinutrientes en aquella, lo cual se comprobó fundamentalmente en la digestibilidad del N (tabla 8). Por otra parte, la fruta madura distribuida en forma fresca, aún con cáscara a los cerdos, determinó valores relativamente altos de digestibilidad total en la dieta, lo que se consideró como una consecuencia de cambios químicos en el alimento de naturaleza beneficiosa.

Tabla 8. Cambios en la digestibilidad rectal en cerdos con el procesamiento de bananas

	Digestibilidad rectal, %			
	MS	MO	N	Energía
Banana verde				
Fresca con piel	83.5	84.2	-19.0	79.5
Fresca pelada	88.6	89.1	-1.6	85.5
Cocida con piel	87.9	88.6	26.4	84.3
Banana madura				
Fresca	89.5	90.1	38.4	85.5

Fuente de los datos : Le Dividich y Canope (1975)

Oyenuga y Fetuga (1974) compararon en Nigeria la digestibilidad boca-recto de nutrientes de dietas de bananas en cerdos, al estudiar la posible influencia de dos factores: el estado de maduración (banana verde o madura) y el procesamiento (banana fresca cruda o cocinada, hervida). En la tabla 9 se presentan los resultados de Oyenuga y Fetuga (1974).

Se encontró que la digestibilidad total del extracto etéreo, la fibra cruda y el N aumentó al usar bananas maduras, en vez de verdes, a la par que la digestibilidad total del ELN, que siempre fue muy alta, no cambió. Por otra parte, el cocinar fue beneficioso para la digestibilidad total del extracto etéreo y la fibra cruda, pero perjudicial para la del N. Al estudiar este otro factor, aquí también la digestibilidad total del N fue alta y permaneció inalterable.

Tabla 9. Banana cruda o cocinada y digestibilidad hasta el recto en cerdos

	Digestibilidad rectal, %			
	Grasa cruda	Fibra cruda	ELN	N
Banana verde				
Cruda	55.9	46.6	94.7	46.9
Cocida	56.6	49.5	94.9	43.8
Banana madura				
Fresca	66.9	58.7	94.6	53.6
Cocida	69.2	62.6	95.4	51.8

Fuente de los datos: Oyenuga y Fetuga (1974)

Le Dividich y Canope (1974) encontraron que en cerditos destetados a las cinco semanas, la digestibilidad total de la MS, la ceniza y el N aumentó sostenidamente desde esa edad hasta las nueve semanas, en dietas que contenían 50% de harina de bananas verdes, peladas y deshidratadas (MS, 87.0%), y que contenía 72.3% de almidón. Igualmente Fetuga et al (1975) también demostraron que a medida que aumentaba el peso corporal de los animales entre 18 y 45 kg, crecieron los valores de digestibilidad total en dietas que contenían cáscaras de plátanos maduros, secas y molidas. Sin embargo, entre 45 y 65 kg, los índices digestivos decrecieron, de manera que la respuesta de todo el rango de peso estudiado pareció ser más bien cuadrática. Esto puede observarse en la tabla 10.

Tabla 10. Influencia del peso corporal en índices de digestibilidad rectal en cerdos alimentados con harina de cáscaras de plátanos maduros

	Peso corporal, kg		
	18	45	65
Digestibilidad rectal, %			
MS	78.4	83.5	76.7
Fibra cruda	48.9	81.2	80.4
Extracto etéreo	65.1	63.0	39.0
ELN	89.9	86.2	81.7
N	59.2	66.4	47.4

Fuente de los datos : Fetuga et al (1975)

Canope et al (1975) estudiaron el nivel óptimo de proteína en dietas de banana fresca verde para cerdos en crecimiento. Este aspecto era muy necesario a determinar, si se tiene en cuenta que esta fruta inmadura hace disminuir la digestibilidad total del N en los cerdos. Según los resultados de Canope et al (1975), se halló que entre 27 y 54 kg se observó un aumento lineal de la digestibilidad total del N con el aumento del aporte proteico de la comida (tabla 11). También Canope et al (1975) sugirieron que el efecto depresivo de los taninos presentes en las frutas, en la digestibilidad del N era menos importante cuando decrece la relación banana:proteína. En contraste, también se encontró que la retención de N disminuyó al aumentar el nivel de éste en la dieta. De acuerdo con Canope et al (1975) la retención de N no aumentó más allá de alrededor de 18% de proteína cruda dietética.

A partir de los datos de balance, en cerdos entre 27 y 54 kg, la cantidad óptima de proteína diaria (Nx6,25) sería de 270 g en dietas en las que la fuente energética fuera banana verde fresca, siempre según Canope et al (1975).

Tabla 11. Influencia del nivel de proteína dietética en el balance de N en cerdos alimentados con bananas verdes frescas

	Proteína (Nx6.25), %			
	12.5	14.8	17.8	20.9
Digestibilidad rectal, %				
N	70.7	74.1	78.2	80.1
Retención				
En % del consumo	69.8	66.6	65.3	61.0
En g/día	12.9	17.1	19.8	20.0

Fuente de los datos : Canope et al (1975)

Se ha sugerido que la banana verde determina una caída en la digestibilidad total de nutrientes, debido a la presencia de taninos libre en la fruta inmadura (Oyenuga y Fetuga 1974; Le Dividich et al 1975). Sin embargo esto no fue observado por Zulueta y Alderete (1981) cuando en Tabasco suministraron distintas proporciones de plátano verde y melaza a los cerdos, y hallaron que no hubo efecto en la digestibilidad total de MS, que inclusive fue consumida en altas proporciones (tabla 12).

Tabla 12. Digestibilidad rectal en cerdos alimentados con plátano verde fresco y miel final de caña de azúcar¹

	Plátano verde % ²			
	60	75	90	100
Consumo, kg MS/día				
N	3.00	2.45	2.19	1.58
Digestibilidad rectal de MS, %				
	89.16	91.52	79.07	7.14

¹ Animales de 41.7 kg que consumían 605 g de un suplemento de harina de soya, harina de pescado, vitaminas y minerales

² Cortado en pedazos de 4 a 6 cm; proporción de la mezcla de plátano verde y miel final

Fuente de los datos : Zulueta y Alderete (1981)

Se suele aseverar que el consumo de grandes cantidades de bananas maduras frescas causa diarrea en cerdos jóvenes (Babatunde 1992), aunque no hay datos precisos sobre ello. En este sentido, Fuller (1987) también ha sugerido que el consumo ad libitum de bananas muy maduras puede causar diarrea en los cerdos jóvenes. Ravindran (1990) ha asegurado que los cerdos en crecimiento pueden consumir diariamente de 5 a 6 kg de bananas maduras cuando éstas se distribuyen ad libitum.

Por otra parte, los animales en acabado podrían ingerir hasta 9 kg/día de esa fruta. Estas serían las cantidades máximas de bananas maduras que los cerdos pueden consumir sin tener diarrea, según Ravindran (1990). A este respecto Clavijo (1972, citado por Esnaola 1990) alimentó cerdos de 15 kg con bananas frescas maduras con y sin un suplemento proteico y observó que en los animales a los que no se suministró proteína mostraron síntomas de ataxia, alopecia y diarrea. Sin embargo, estos resultados indican igualmente que con una dieta equilibrada, los cerdos consumieron en 109 días un promedio de 5.9 kg de bananas en forma fresca, y tuvieron una ganancia de 600 g/día, sin diarrea.

No existen suficientes datos de digestibilidad ileal de cerdos alimentados con dietas que contengan niveles de cualquier tipo de banana, salvo los publicados por Ly y Delgado (2005). Sería útil entonces fijar el nivel de utilización de los distintos

componentes de la dieta a este nivel del tracto gastrointestinal, sobre todo del N dietético, así como del almidón de las bananas, si éstas se consumen en forma inmadura o verde. En la tabla 13 se presentan los datos de digestibilidad ileal hallados por Ly y Delgado (2005).

Tabla 13. Digestibilidad ileal de dietas y frutas en cerdos alimentados con 20% de bananas y plátanos verdes con cáscara¹

	Cereal	Banana verde	Plátano verde
Flujo ileal, g/kg MS ingerida			
Digesta fresca	2 565	2 733	3 069
Agua	2 347	2 469	2 767
MS, %	8.53	9.66	9.84
Digestibilidad ileal, %			
Dieta			
MS	78.2	73.6	69.8
MO	79.2	74.2	69.9
N	79.9	63.8	63.5
Fruta			
MS	-	55.1	36.0
MO	-	54.3	33.3
N	-	<0 ²	<0

¹ Bananas y plátanos son *Musa cavendishii* y *Musa paradisiaca* en este orden

² Los valores calculados fueron negativos

Fuente de los datos: Ly y Delgado (2005)

Ly y Delgado (2005) hallaron que la introducción en la dieta de un 20% de bananas o plátanos verdes, con cáscara y en forma de harina, marcó una caída evidente en la digestibilidad ileal de la MS, desde 78.2 hasta 73.6 y 69.8%, y algo similar ocurrió con la digestibilidad de la materia orgánica. Como resultado interesante, la digestibilidad ileal de la MS y de la materia orgánica medidas por diferencia, fue 55.1 y 54.3% para las bananas verdes, y 36.0 y 33.3% para los plátanos verdes. La digestibilidad ileal del N fue prácticamente cero en ambas frutas.

En comparación con estudios hechos con seres humanos ileostomizados a los que se suministró harina de banano verde (Englyst y Cummings 1986; Faisant et al 1995; Langkilde et al 2002), los datos del experimento hecho en cerdos son coincidentes en el sentido de reflejar una baja digestibilidad ileal de estas frutas, dados en forma de harina.

DIGESTIBILIDAD IN VITRO

Al parecer, el almidón de las bananas verdes frescas es muy resistente a la acción in vitro de la α -amilasa (Rasper 1969). Esto ha sido confirmado por Aumaitre et al (1969) y también por Cerning-Beroard y Le Dividich (1976). En otros estudios in vitro se ha encontrado que la incubación por etapas con pepsina y pancreatina determina valores muy bajos de digestibilidad in vitro de MS y materia orgánica (tabla 14). Esta información sugiere que la digestión en el intestino grueso de los cerdos alimentados con dietas de bananas y plátanos puede ser importante.

Tabla 14. Digestibilidad in vitro¹ de bananas y plátanos² verdes: efecto del secado

	Composición, %		Digestibilidad, %	
	MS	MO	MS	MO
Banana verde				
Fresca				
Con piel	20.1	93.4	27.6	27.5
Sin piel	25.1	95.9	37.0	38.1
Piel	9.7	85.7	28.4	24.0
Seca³				
Con piel	98.5	-	54.8	52.1
Sin piel	95.4	-	64.6	63.6
Piel	93.7	-	33.9	25.5
Plátano verde				
Fresco				
Con piel	18.5	94.3	15.6	13.3
Sin piel	23.8	96.3	24.8	20.6
Piel	12.5	91.5	12.9	10.7
Seco				
Con piel	95.3	-	34.9	31.5
Sin piel	94.3	-	41.4	39.5
Piel	96.6	-	32.7	26.9

¹ Incubación por etapas con pepsina y pancreatina

² *Musa cavendishii* (plátano verdín) y *Musa paradisiaca* (plátano burro) en ese orden

³ Secado en estufa a 60°C durante 24 h

Fuente de los datos: Ly et al (1998)

Los estudios in vitro sugieren que el almidón de la banana verde cruda debe ser considerablemente indigestible in vivo a nivel ileal. Aunque no hay evidencias experimentales en el cerdo sobre esto último, Assan y Thivend (1976) demostraron en terneros prerrumiantes que solamente el 39.4% del almidón de banana que se digería, lo hacía en el intestino delgado. En comparación, en otro sustituto lechero preparado con una mezcla de productos amiláceos, el 92.7% del almidón digerido, lo fue antes de llegar al intestino grueso.

Los resultados de digestibilidad in vivo, ileal, e in vitro con pepsina/pancreatina, indudablemente están relacionados con la naturaleza del almidón contenido en las bananas y plátanos, que es considerablemente resistente a la hidrólisis en el intestino delgado. Un almidón resistente ha sido definido por Asp et al (1996) como la suma del almidón y sus productos de degradación que no se absorben en el intestino delgado de sujetos sanos, y claro que este concepto puede ser aplicado a los cerdos. Un resumen comparativo de las características del tipo de almidón de bananas y otros alimentos se presenta en la tabla 15.

Tabla 15. Digestibilidad in vitro de algunos alimentos ricos en almidón (en por ciento)

	Digestión del almidón ¹			
	Rápida	Lenta	Ninguna	Suma
Trigo	40	39	2	81
Maíz	73	2	3	78
Avena	57	6	2	65
Arroz blanco	60	12	6	79
Patata cruda	6	19	75	99
Banana verde	3	15	57	75

¹ Digestión por acción de la α -amilasa

Fuente de los datos: Englyst et al (1992)

A propósito de la sugerencia de Englyst et al (1992), el tipo de almidón presente en las bananas verdes es del tipo RS₂, es decir, de gránulos resistentes al ataque enzimático. No hay razón para creer que en los plátanos, el tipo de almidón sea estructuralmente distinto al de las bananas.

Es probable que haya un incremento en la actividad de la microflora gastrointestinal que utilizaría parte del almidón de bananas y plátanos en procesos fermentativos, particularmente en el colon de los cerdos. Langkilde et al (2002) hallaron que la fermentación in vitro de efluentes ileales de seres humanos determinó altas concentraciones de acetato y butirato. Esto ha sido comentado con detalle en la especie humana (Topping y Clifton 2001) y por Yin et al (2004) en cerdos. A este respecto, Champ (2004), ha hecho un examen detallado de distintos aspectos fisiológicos determinados por almidones resistentes, Por otra parte, tal vez de acuerdo con lo que se conoce hasta el momento, el cerdo preparado quirúrgicamente sea un modelo adecuado para el estudio de procesos digestivos determinados por los almidones de las bananas y plátanos, particularmente el almidón resistente, tal como ha sugerido Bach-Knudsen (1992).

BALANCE DE ENERGIA

La determinación de la energía digestible en cerdos alimentados con bananas o plátanos ha sido un tema poco examinado. En el caso particular de los plátanos, estos fueron evaluados verdes y con cáscara, en forma de harina, por Agudelo y Gallo (1974) en Colombia, e informaron que la energía digestible y metabolizable de estas frutas fue 15.14 y 14.92 kjoule/g MS respectivamente, según sus estudios. Uno de los pocos datos tabulados para las bananas verdes en cerdos, es el correspondiente a los de Nehring et al (1972), quienes publicaron valores de composición y digestibilidad para uso en la formulación de dietas para cerdos (tabla 16). Otros datos de digestibilidad son los franceses (INRA 1984), que sin duda tuvieron en cuenta todo el trabajo experimental hecho en Guadeloupe. Esta información aparece en la tabla

17, junto con la de Clavijo (1972), correspondiente a experimentos hechos en Ecuador.

Tabla 16. Energía digestible de harina de bananas verdes

criterio	Contenido, %	Digestión rectal, %
MS	33.2	-
Cenizas	2.9	-
Materia orgánica	97.1	90.0
Fibra cruda	4.5	20.0
Extracto etéreo	1.8	40.0
ELN	88.8	95.0
Nx6.25	4.5	20.0
Energía	17.68 ¹	85.0

¹ Calculado a partir de la ecuación de Nehring y Haenlein (1973)

Fuente de los datos: Nehring et al (1972)

Aparentemente, la información más abundante sobre la densidad energética de las bananas se refiere más a la fruta verde o madura, fresca o seca, y menos al producto ensilado o a las cáscaras. Con respecto a la fruta, cuando ésta es inmadura muestra una energía digestible de 13.3 ó 13.9 kJ/g MS con independencia de que se suministre fresca o seca, pero con cáscara o sin ella, a los cerdos. En este aspecto, sólo el dato aportado por Nehring et al (1972) es discordante por la alta digestibilidad de la energía que se informó en ese momento (85%). También parece que el cocinar las bananas eleva la digestibilidad de la energía, aunque no hay mucha información clara al respecto. Le Dividich y Canope (1975) han brindado el dato de 14.3 kJ/g MS para bananas verdes cocinadas con cáscara. Por otra parte, mientras que la energía digestible de las bananas maduras frescas con cáscara o sin ella es parecida a la de las verdes (13.9 kJ/g MS), ya secadas determina un valor considerablemente bajo (7.1 a 10.5 kJ/g MS).

Tabla 17. Valores de energía digestible de bananas para cerdos

	Energía, kjoule/g MS		Fuente de los datos
	Bruta	Digestible	
Banana			
Fresca con piel			
Verde	-	13.17	Clavijo (1972)
	16.74	13.34	Le Dividich y Canope (1975)
	17.19	13.35	INRA (1984)
Madura	-	13.14	Clavijo (1972)
	16.28	13.92	Le Dividich y Canope (1975)
	17.12	14.26	INRA (1984)
Fresca sin piel			
Verde	-	13.74	Clavijo (1972)
	16.83	14.39	Le Dividich y Canope (1975)
Madura	-	14.29	Clavijo (1972)
Cocida con piel			
Verde	17.07	14.39	Le Dividich y Canope (1975)
Seca con piel			
Verde	-	13.42	Clavijo (1972)
	17.68	15.03	Nehring et al (1972)
Madura	-	7.13	Clavijo (1972)
Seca sin piel			
Verde	-	13.58	Clavijo (1972)
Madura	-	10.56	Clavijo (1972)

Según la información brindada por Oyenuga y Fetuga (1974), no existiría mucha diferencia entre el valor de energía metabolizable de bananas y plátanos, que está como promedio en un valor de 12.64 kjoule/g MS. Esta información nigeriana sugiere que el valor de energía metabolizable de las bananas es aproximadamente un 96 y 90% de la energía digestible obtenida en experimentos americanos. Es probable que estos estudios necesiten ser renovados. Los datos tabulados de Oyenuga y Fetuga (1974) aparecen en la tabla 18.

Tabla 18. Valores de energía metabolizable de bananas para cerdos

	EM, kjoule/g MS
Banana verde	
Cruda	12.76
Cocida	12.80
Banana madura	
Cruda	12.43
Cocida	12.55

Fuente de los datos: Oyenuga y Fetuga (1974)

CONCLUSIONES

Bananas y plátanos son frutas tropicales con un alto contenido de agua y carbohidratos. Los carbohidratos están en forma de almidón en la fruta verde o inmadura, o de sacarosa en la fruta madura. Al madurar, se pierde el fuerte sabor amargo o astringente atribuido a los taninos. Las frutas pueden suministrarse frescas, cocinadas, secas o ensiladas a los animales. El tracto gastrointestinal aumenta su capacidad para acomodar grandes volúmenes de frutas maduras fresca o ensiladas, pero no lo suficiente como para que los cerdos equiparen su consumo de energía con el de dietas convencionales de cereales. Los taninos parecen ser los causantes de la inhibición del consumo voluntario y de la reducción en índices digestivos cuando los cerdos consumen bananas y plátanos verdes frescos.

En cualquier forma en que las frutas se suministren a los cerdos, hay una disminución de la digestibilidad y de la retención del N dietético. Las pruebas de digestibilidad in vitro sugieren que el almidón de las frutas verdes experimentan una degradación incompleta. Esto puede significar que la digestión microbiana puede ser considerable en animales alimentados con bananas y plátanos como fuente principal de energía en la comida. Debido a que la fibra se concentra en la cáscara de la fruta, ésta debe ser la causa del descenso en la digestibilidad de estas cáscaras y de frutas sin pelar.

La energía digestible de las bananas verdes está alrededor de 13.3 kjoule/g MS, mientras que la energía metabolizable informada es 12.7 kjoule/g MS. En otros tipos de frutas, no hay datos suficientes sobre su densidad energética. Se necesita más información sobre factores que puedan influir en la digestibilidad de bananas y plátanos en cerdos, así como de digestibilidad ileal de nutrientes en dietas formuladas con altas proporciones de estas frutas.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a la Ing. Rosa María Martínez por su ayuda invaluable en la preparación del manuscrito. Igualmente se agradece la eficiente colaboración de los bibliotecarios de la Biblioteca Agropecuaria y Forestal, del Ministerio de la Agricultura de la República, así como del Instituto de Investigaciones Porcinas. Este texto no pudiera haber tenido su conclusión definitiva sin las facilidades brindadas por las autoridades de la Universidad Autónoma de Nayarit, en Tepic, México, particularmente la Secretaría de Posgrado e Investigaciones.

REFERENCIAS

- Agudelo, G. y Gallo, J.T. 1974. Digestibilidad, valor nutritivo y energético de plátanos (*Musa paradisiaca* L.) en cerdos. III Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Bogotá, 9:4-5
- Assan, B.E. y Thivend, P. 1976. Intestinal digestion of tropical starches by the preruminant calf. *Proceedings of the Nutrition Society*, 35:104A-105A
- Asp, N.G., Van Amelsvoort, J.M.M. y Hautvast, J.G.A.J. 1996. Nutritional implications of resistant starch. *Nutrition Research Reviews*, 9:1-31
- Aumaitre, A., Corring, T. y Le Dividich, J. 1969. Etude de la vitesse d'hydrolyse in vitro de quelques amidons de plantes tropicales (patate douce, banane, igname) par le suc pancréatique du porcelet, relation entre la vitesse de dégradation in vitro et la digestibilité apparente de la ration. *Journées de la Recherche Porcine en France*, 1:99-103
- Babatunde, G.M. 1992. Availability of banana and plantain products for animal feeding. In: *Roots, Tubers, Plantains and Bananas in Animal Feeding* (D. Machin y S. Nyvold, editores) FAO Animal Production and Health Paper N° 95. Roma, p 251-276
- Canope, I. y Le Dividich, J. 1973. Utilisation de la banane par le porc en croissance: étude de 3 systèmes d'alimentation. *Bulletin de Production Animale*, 1:18a-21a
- Canope, I., Le Dividich, J., Hedreville, F. y Despois, E. 1975. Utilisation de la banane dans l'alimentation du porc en croissance dans les Antilles Françaises. *Nouvelles Agronomiques des Antilles-Guyane*, 1:251-262
- Cerning-Beroard, J. y Le Dividich, J. 1976. Valeur alimentaire de quelques produits amylicés d'origine tropicale. Etude in vitro et in vivo de la patate douce, de l'igname, du malanga, du fruit à pain et de la banane. *Annals de Zootechnie*, 25:155-168
- Champ, M.M. 2004. Physiological aspects of resistant starch and in vivo and in vitro measurements. *Journal of the AOAC International*, 87:749-755
- Clavijo, H. 1972. Factores que afectan la digestibilidad, valor nutritivo y energético del banano para ratas y cerdos. Tesis MSc. Universidad Nacional de Bogotá. Bogotá, pp 175
- Clavijo, H. y Maner, J.H. 1975. The use of waste bananas for swine feed. In: *Animal feeds of tropical and subtropical origin*. Tropical Production Institute. Londres, p 99-106

- Englyst, H.N. y Cummings, J.H. 1986. Digestion of the carbohydrates of banana (*Musa paradisiaca sapientum*) in the human small intestine. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 44:42-50
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. y Cummings, J.H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46(supplement 2):S33-S50
- Esnaola, M. 1990. Alternative tropical energy feed resources (banana, cassava, sweet potato) as the basis for small scale pig and poultry production. In: *Agriculture Seminar of the Caribbean Livestock Centre for Agricultural Research and Development. Investigations. Saint John*, p 81-100
- Faisant, N., Buleon, A. y Colonna, P. 1995. Digestion of raw banana starch in the small intestine of healthy humans: structural features of resistant starch. *British Journal of Nutrition*, 73:111-123
- Fetuga, B.L.A., Babatunde, G.M., Olusanya, O.A. y Oyenuga, V.A. 1975. The composition, nutrient digestibility and energy value of maize cobs, yam peels and plantain peels for three weight groups of pigs. *Nigerian Journal of Animal Production*, 2:95-105
- Fuller, M.F. 1987. Pig nutrition and feeding. In: *Pig Production in Tropical and Sub-tropical Regions* (N.R. Standal, editor) FAO Seminar. Su Chou, p 28-84
- I.N.R.A. 1984. *L'alimentation des Animaux Monogastriques. Porc, Lapin, Volailles. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris*, pp 282
- Le Dividich, J. y Canope, I. 1970. Utilisation des déchets de banane dans l'alimentation du porc en croissance: premiers resultats. *Journées de la Recherche Porcine en France. Paris*, 2:131-135
- Le Dividich, J. y Canope, I. 1974. Valeur alimentaire de la farine de banane et de manioc dans le régime du porcelet sevré à cinq semaines: influence du taux de proteines de la ration. *Annals de Zootechnie*, 23:161-169
- Le Dividich, J. y Canope, I. 1975. Chemical composition, energy value and utilization of banana in swine feeding in tropical areas. *Seminar on Utilization of Local Ingredients in Animal Feedstuffs. Kingston*, pp 8
- Le Dividich, J., Geoffroy, F., Canope, I. y Chenost, M. 1975. Using waste bananas as animal feed. *World Animal Review*, 3:22-30
- Liao, Ch.W. y Hsu, A. 1985. Evaluation of banana chips for feeding broilers and swine. *Journal of the Chinese Society of Animal Science*, 14:37-42 (en chino)
- Ly, J. 2004. Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química y de su palatabilidad. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 11(3):5-24
- Ly, J., Carón, M. y Delgado, E. 1998. Estudios de digestibilidad in vitro de alimentos tropicales para cerdos. Bananas (*Musa cavendishi*) y plátanos (*Musa paradisiaca*) verdes. In: *IV Congreso Nacional de Porcicultura. La Habana*, p 63
- Ly, J. y Delgado, E. 2005. Digestion of bananas and plantains in pigs. In vivo and in vitro ileal digestibility of diets based on green fruits. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 12: 204-209
- Nehring, K., Beyer, M. y Hoffmann, B. 1972. *Futtermitteltabellenwerk. VEB Deutsche Landwirtschafts Verlag. Berlin*. pp 452
- Nehring, K. y Haenlein, G.F.W. 1973. Feed evaluation and ration calculation based on net energy_{FAT}. *Journal of Animal Science*, 36:949-964
- Oyenuga, V.A. y Fetuga, B.L. 1974. The apparent digestibility of nutrients and energy value to pigs of plantains. *Nigerian Journal of Animal Production*, 1:184-191
- Rasper, V. 1969. Investigation on starches from major starch crop grown in Ghana. II. Swelling and solubility pattern, amyloclastic susceptibility. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 20:642-646
- Ravindran, V. 1990. Bananas. In: *Non Traditional Feed Sources for Use in Swine Production* (P.A. Thacker y R.N. Kirkwood, editores). Butterworths. Londres. p 13-21
- Sève, B., Le Dividich, J. y Canope, I. 1972. Utilisation des déchets de banane par le porc aux Antilles Francaises. Essais de conservation par ensilage. *Journées de la Recherche Porcine en France. Paris*, 4:207-213
- Sève, B., Le Dividich, J. y Canope, I. 1976. Préparation et utilisation de l'ensilage de banane en alimentation animal. II. Incorporation dans la ration du porc en croissance-finition. *Annals de Zootechnie*, 25:325-335
- Yin, Y.L., Deng, Z.Y., Huang, H.L., Zhong, H.Y., Hou, Z.P., Gong, J. y Liu, Q. 2004. Nutritional and health functions of carbohydrate for pigs. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 13:523-528
- Zulueta, J.M. y Alderete, R. 1981. Digestibilidad en cerdos de diferentes proporciones de plátano y melaza. VIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Santo Domingo, p 73-74
- Zulueta, J.M. y Losada, J. 1981. Morphological characteristics of the digestive tract of pigs fed with different proportions of green plantain and molasses. *Tropical Animal Production*, 6:374