

## **BONIATOS O CAMOTES (*Ipomoea batatas* Lam) PARA ALIMENTAR CERDOS. CONSUMO DE ALIMENTO Y DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES**

J. Ly

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

### **RESUMEN**

*Se ha sugerido que el valor nutritivo de los tubérculos de boniato puede variar de acuerdo con el tipo de variedad cultivada, la maduración, el clima y el suelo. Sin embargo, estos aspectos agronómicos y la producción porcina no han sido integradas lo suficientemente como para disponer de mucha información útil al respecto.*

*Desde el punto de vista del valor energético de los tubérculos de boniato, éste parece ser superior cuando estos tubérculos son secados artificialmente que cuando son consumidos por los animales en condiciones in natura. Este status es paralelo a lo que se obtiene con los rasgos de comportamiento durante el crecimiento y engorde de los cerdos. Ello no puede explicarse simplemente por un aumento en el volumen del alimento a consumir, porque hay evidencias de que el almidón del boniato no es fácilmente digestible en los tubérculos crudos, que aún en los secados artificialmente, solamente sufre una digestión prececal incompleta. Las pruebas hechas hasta el presente sobre digestibilidad in vivo, tanto ileal como rectal, así como otras in vitro, sugieren fuertemente esta presunción.*

*De acuerdo con esta situación, es previsible que sea necesario hacer más investigación donde se subordine la agronomía y la genética de plantas a la optimización del valor nutritivo de los boniatos a especies animales como el cerdo.*

**Palabras claves:** cerdos, consumo, digestibilidad, boniatos, camotes

**Título corto:** Consumo y digestibilidad de boniatos en cerdos

## **SWEET POTATOES (*ipomoea batatas* Lam) FOR FEEDING PIGS. FEED CONSUMPTION AND NUTRIENT DIGESTIBILITY**

### **SUMMARY**

*It has been suggested that the nutritional value of sweet potato tubers may vary according to the cultivar, maturation stage, climate and soil. However, these agronomical aspects and pig production have not been integrated enough so as to have many useful information on this subject.*

*From the point of view of the energetic value of sweet potatoes, this appears to be higher when the tubers are artificially dried as compared to that eaten in natura by the animals. This status is in parallel to what is obtained in performance traits of growing and finishing pigs. This can be explained in a simple manner by the increase in the amount of feed to be consumed, since there are evidences that the sweet potato starch is not readily digested in raw tubers, where prececal disappearance is incomplete even if tubers are artificially dried. Trials conducted up to present concerning in vivo digestibility of sweet potatoes, either ileal or rectal in nature, and included those carried out in vitro conditions, strongly suggest this assumption.*

*According to the above mention status, it is possible to put forward the hypothesis that more agronomical and plant genetic research, subjected to optimization of the nutritive value of sweet potatoes for animal species such as the pig, would be necessary to be conducted in the near future.*

**Key words:** pigs, feed intake, digestibility, sweet potatoes

**Short title:** Feed intake and digestibility of sweet potatoes in pigs

### **Tabla de contenido**

Introducción, 14
Palatabilidad y consumo voluntario, 14
Índices morfométricos del tracto digestivo, 16
Digestibilidad rectal, 17
Digestibilidad ileal, 20
Procesamiento del tubérculo y energía digestible, 21
Digestibilidad in vitro, 22

Conclusiones, 23  
Agradecimientos, 23  
Referencias, 23

## INTRODUCCION

Montaldo (1979) ha sugerido que el valor nutritivo de los tubérculos de boniato puede variar de acuerdo con el tipo de variedad cultivada, la maduración, el clima y el suelo. Sin embargo, estos aspectos agronómicos y la producción porcina no han sido integradas lo suficientemente como para disponer de mucha información útil al respecto. En este sentido, tal vez los estudios venezolanos pudieran ser una excepción (ver González 1994). A continuación se presentarán datos de factores que se han estudiado como de interés en la determinación de la digestibilidad de boniatos en cerdos.

La mayoría de los resultados experimentales se refieren a índices de digestibilidad rectal, pero también se cuenta con algunos informes de estudios in vitro. A manera de introducción al tema se comentarán sucintamente algunos aspectos del consumo del alimento y de la morfometría del tracto gastrointestinal. Este estudio es complementario de otro

ya informado (Ly 2009) relacionado con la composición química y factores antinutricionales del boniato.

## PALATABILIDAD Y CONSUMO VOLUNTARIO

Ya en 1949, Henke informó que el cocinar los boniatos mejoraba los rasgos de comportamiento de los cerdos que los ingerían, incluido el consumo voluntario del alimento. Este hecho quedó confirmado por distintos estudios posteriores en los que se cocinó el tubérculo (Coring y Retagliatti 1969; Marrero 1975). Puesto que no parece existir influencia marcada de los factores inhibidores de tripsina (FIT) en el consumo voluntario de alimentos, el cocinar los boniatos debe disminuir la palatabilidad de estos. Un ejemplo de cómo cambia el consumo voluntario de la dieta por el hecho de cocinar estos tubérculos se muestra en la tabla 1. Aunque no se midieron los FIT en este experimento, se consideraron la causa del cambio en el consumo de los tubérculos

**Tabla 1. Boniato crudo o cocinado y consumo voluntario en cerdos<sup>1</sup>**

	Boniato, % en base seca				
	0	Crudo		Cocinado	
		21.4	44.5	65.4	83.1
MS en la ración, %	89.3	64.0	49.6	40.9	35.3
<b>Consumo, kg/día</b>					
Ración seca	2.29	2.05	1.91	1.92	2.31
Ración fresca	2.56	3.21	3.85	4.69	6.54
<b>Ganancia diaria, kg</b>	0.74	0.65	0.58	0.57	0.65
<b>Conversión alimentaria</b>	3.16	3.23	3.31	3.14	3.59

<sup>1</sup> Peso inicial, 32.3 kg

Fuente de los datos: Marrero (1976)

En la tabla 2 se resume un estudio hecho por Esnaola (1986) en Costa Rica, en el que se comparó el boniato crudo o cocinado dado ad libitum a los cerdos por el sistema Lehman. Este experimento introdujo un mayor grado de complejidad para interpretar los rasgos de comportamiento resultantes, ya que los animales fueron alimentados restringidamente con un

suplemento que consistió en una cantidad igual al 60 o el 40% del alimento concentrado que se dio a los animales en el tratamiento control. Sin embargo, de esta manera las raciones no contuvieron la misma cantidad de proteína cruda, aunque sí en lo que se refiere a vitaminas y minerales.

**Tabla 2. Influencia de la cocción y de la restricción del suministro del alimento concentrado (AC) en el consumo voluntario de cerdos alimentados ad libitum con boniato**

	AC 100 <sup>1</sup>	Boniato, % en base seca			
		Crudo		Cocinado	
		AC 60	AC 40	AC 60	AC 40
<b>Consumo diario, kg MS</b>					
AC	2.23	1.07	0.96	1.31	0.95
Boniato	-	0.41	0.32	0.71	0.67
Total	2.23	1.48	1.28	2.02	1.62
<b>Ganancia, kg/día<sup>2</sup></b>	0.648	0.421	0.380	0.557	0.413
<b>Conversión alimentaria</b>	3.44	3.52	3.39	3.62	3.92

<sup>1</sup> El alimento concentrado fue suministrado ad libitum. AC 60 y AC 40 significan el suministro del 60 y el 40% del alimento concentrado brindado ad libitum. AC contenía 17.15% de proteína cruda (N x 6.25)

<sup>2</sup> Peso inicial promedio, 20.9 kg (n = 20)

Fuente de los datos: Esnaola (1986)

De hecho el boniato cocinado elevó el consumo voluntario del alimento en un 94% con respecto a los tratamientos consistentes en dietas con boniato crudo, independientemente del nivel de restricción del alimento concentrado. Esto fue interpretado por Esnaola (1986), como el resultado del incremento de la palatabilidad de los boniatos después de ser cocinados. Aún así, todos los tratamientos que contenían boniato determinaron rasgos de comportamiento inferiores a los del tratamiento control. Este otro fenómeno fue explicado por Esnaola (1986) como la consecuencia de no ser las dietas isoproteicas. Así, Esnaola (1986) informó haber hallado una correspondencia lineal muy estrecha entre la ganancia diaria (y, kg/día) y el consumo de proteína cruda (x, g/día). Estas expresiones aparecen a continuación:

$$\text{Boniato crudo: } y = 0.1667 + 0.001205 x \quad (r = 0.99)$$

$$\text{Boniato cocinado: } y = 0.2373 + 0.001067 x \quad (r = 0.95)$$

De hacer  $x = 398$  g/día de proteína, o sea, el consumo que se obtuvo para este nutriente en la dieta control sin boniato, la ganancia diaria sería entonces 0.496 kg/día para el tratamiento de boniato crudo y 0.662 kg/día para el de boniato cocinado. Tal vez la diferencia pudiera explicarse por la ausencia de FIT en el boniato cocinado. A su vez el valor del intercepto pudiera estar relacionado con un menor o mayor aprovechamiento digestivo del almidón si el boniato estuviera crudo o no.

Esnaola (1986) sugirió como consecuencia de sus observaciones, que si el boniato se fuera a dar a los cerdos por el sistema Lehman, ya sea crudo o cocinado, el suplemento proteico a estudiar pudiera contener 30 ó 40% de proteína cruda. Probablemente la respuesta estaría en dependencia del método de procesamiento, incluido el consumo de alimento y el patrón de ese consumo.

Si se tiene en cuenta un trabajo anterior hecho en Colombia, al balancear la dieta con un suplemento proteico adecuado, el consumo voluntario de los cerdos no se deprimía por el hecho de estar los boniatos in natura, pero la ganancia diaria y la conversión alimentaria se deterioraban considerablemente (CIAT 1978). En la prueba colombiana se comparó el suministro de yuca con el de boniato, ambos frescos, más un suplemento proteico (N x 6.25, 37%) dado de tal forma que se cubrían los requerimientos diarios de proteína. Como resultado, el consumo de los cerdos alimentados con una dieta sin yuca ni boniato, fue de 2.14 kg/día, mientras que en los

tratamientos con yuca o boniato fue de unos 2.33 y 2.10 kg/día respectivamente. Sin embargo, en el mismo orden en que se mencionaron estos tres tratamientos, la ganancia diaria fue de 0.71, 0.65 y 0.57 kg, y la conversión alimentaria, 3.01, 3.58 y 3.69 kg de alimento/kg de ganancia.

Como excepción del efecto negativo de los boniatos crudos en el consumo voluntario de alimento, y en los otros rasgos de comportamiento, está el trabajo de Espejo (1971) en el Perú (tabla 3). No existe una explicación congruente para estos resultados, a menos que los tubérculos utilizados en el experimento peruano fueron altamente palatables y digestibles. En otro trabajo hecho en el Perú, posteriormente, Angulo (1976) halló que los rasgos de comportamiento, el consumo inclusive, eran diferentes en cerdos alimentados con boniato crudo. Sin embargo, en este estudio la base de comparación fue yuca cruda.

**Tabla 3. Boniato crudo o maíz y consumo voluntario en cerdos<sup>1</sup>**

	Boniato, % en base seca		
	0 <sup>2</sup>	60	75
Consumo, kg/día	2.94	2.92	2.91
Ganancia diaria, kg	0.70	0.66	0.70
Conversión alimentaria	4.20	4.43	4.17

<sup>1</sup> Rango de peso, 26-85 kg

<sup>2</sup> Dieta control de maíz. El boniato fue cocinado y suministrado por la tarde en forma fresca, mientras que el resto de los ingredientes se proporcionó por la mañana

Fuente de los datos: Espejo (1971)

Cuando los boniatos se secan y se brindan en forma de harina a los animales, la disminución del consumo voluntario de alimento tiende a desaparecer, pero no por completo. Esto fue lo que informaron Moita et al (1991a,b) en cerdos muy jóvenes a partir de experimentos hechos en Viçosa. En un primer estudio hecho con cerditos de 12 kg, todo el maíz fue sustituido por harina de boniato y además la dieta fue balanceada con metionina. El empeoramiento de los rasgos de comportamiento, no solamente la disminución del consumo voluntario, fue muy evidente, y los autores no recomendaron el uso de la harina de boniato en animales de este peso (tabla 4).

**Tabla 4. Harina de boniato o maíz y consumo voluntario en cerdos durante la fase inicial de crecimiento (12-28 kg)**

	Sustitución de maíz por boniato, %				
	0	40	60	80	100
Boniato en dieta, % <sup>1</sup>	-	27.3	40.0	52.2	63.9
Consumo, kg MS/día	1.224	1.219	0.969	1.079	1.070
Ganancia, kg/día	0.528	0.500	0.389	0.408	0.386
Conversión alimentaria	2.31	2.44	2.49	2.65	2.81

<sup>1</sup> Tubérculos picados y secados a 70°C en un secador de lecho fijo con ventilación forzada durante 48 h. Posteriormente las tubérculos fueron molidos

Fuente de los datos: Moita et al (1991a)

En un segundo trabajo con animales algo menos jóvenes y en los que además de metionina, se estudió el efecto de aumentar la densidad energética de la dieta con aceite de

soya, la inhibición del consumo voluntario estuvo más atenuada (tabla 5).

**Tabla 5. Harina de boniato o maíz y consumo voluntario en cerdos durante la fase inicial de crecimiento (16-30 kg)**

	Sustitución de maíz por boniato, %				
	0	50(-) <sup>1</sup>	50(+)	100(-)	100(+)
Boniato en dieta, % <sup>2</sup>	-	33.8	33.3	63.9	62.2
Aceite de soya en dieta	-	-	0.8	-	1.5
Consumo, kg MS/día	1.503	1.519	1.428	1.421	1.409
Ganancia, kg/día	0.708	0.669	0.623	0.567	0.631
Conversión alimentaria	2.12	2.27	2.10	2.51	2.23

<sup>1</sup> Dieta sin o con aceite de soya. Todas las dietas de boniato fueron suplementadas con metionina

<sup>2</sup> Harina preparada igual que como se describió en la tabla 4

Fuente de los datos: Moita et al (1991b)

Otros estudios brasileiros habían encontrado en animales en crecimiento y acabado que los rasgos de comportamiento, aunque no el consumo voluntario de alimento, empeoraban con niveles de harina de boniato que aumentaban gradualmente en la dieta (Soares et al 1986; Cornelio et al 1988). El pobre comportamiento de los animales había sido achacado a una deficiencia dietética de metionina, lo que Moita et al (1991a,b) demostraron no ser la causa de ello. A su vez Moita et al (1991a,b) propusieron que la pulverulencia del alimento pudiera ser un factor a tener en cuenta como agente que causaría la disminución del consumo voluntario en los

cerditos usados en los experimentos de Viçosa, Aún así, lo más probable es que la presencia de FIT pasara inadvertida en estos estudios, si se acepta que solamente un tratamiento drástico es efectivo en estos casos. Aparentemente, los FIT, y posiblemente una digestión prececal incompleta del almidón, pudieran ser las causantes de los resultados de Soares et al (1986) y de Cornelio (1988) y tal vez en los de León (1991) en Venezuela. En la tabla 6 aparecen los datos de Cornelio et al (1988), quienes usaron harina de boniato secado al sol, y no encontraron que esto deprimiera el consumo voluntario de la comida.

**Tabla 6. Harina de boniato o maíz y consumo voluntario en cerdos durante el crecimiento y acabado (24-96 kg)**

	Sustitución de maíz por boniato, % <sup>1</sup>			
	0	20.6	42.4	68.6
Boniato en dieta, % <sup>2</sup>	-	15.3/16.32	30.5/32.6	46.3/48.9
Consumo, kg MS/día	2.45	38	2.42	2.45
Ganancia, kg/día	0.837	0.735	0.757	0.724
Conversión alimentaria	2.92	3.23	3.17	3.38

<sup>1</sup> Entre 13.5 y 54.5 kg las dietas contenían 16% de PC (N x 6.25). Entre 54.5 y 90.0 la dietas contenían 14% PC

<sup>2</sup> El boniato fue picado y expuesto al sol durante 8 h por tres días en un terreno cementado. Posteriormente el boniato seco se molió para obtener una harina

Fuente de los datos: Cornelio et al (1988)

#### INDICES MORFOMETRICOS DEL TRACTO DIGESTIVO

Existe muy poca evidencia experimental sobre medidas del tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con boniatos. Si como parece, en los boniatos crudos o en forma de harina, una parte del almidón dietético escapa a la digestión en el intestino delgado, debieran existir modificaciones anatómicas que reflejaran estos procesos.

En este sentido Marrero (1975) informó que no hubo distinción entre tratamientos en cuanto a cambios ponderales en el ciego de cerdos a los que se suministró una dieta de maíz u otras en las que se incluyó 42.2, 69.5 u 84.3% de boniato crudo.

En contraste con los valores absolutos del peso del intestino ciego, los valores relativos sí indican un aumento ponderal en este órgano con la elevación de la proporción de boniato crudo en la dieta (tabla 7).

**Tabla 7. Morfometría cecal en cerdos alimentados con niveles variables de tubérculos crudos de boniato en la dieta**

	Boniato crudo, %			
	0	42.2	69.5	84.2
Peso corporal, kg	91.4	90.4	90.0	89.8
<b>Peso del ciego</b>				
Absoluto, g	161	155	168	163
Relativo, g/kg peso corporal	1.76	1.72	1.87	1.82

Fuente de los datos: Marrero (1975)

En ratas, Lin et al (1988) encontraron que la presencia de FIT en los boniatos determinaba un incremento en el peso del páncreas de los animales, cuando se alimentaban con aquéllos. Esto no ha sido referido en cerdos.

## DIGESTIBILIDAD RECTAL

Existen varios informes que conciernen a la digestibilidad total de nutrientes en tubérculos de boniato, ya secos y en forma de harina, lo que permite suponer que muchos de los factores que pudieran influir en la digestibilidad de los tubérculos ya no son de importancia, y que probablemente estos datos pudieran considerarse como el máximo potencial de digestión. Desde este ángulo, las cifras que aparecen en la tabla 8 no son siempre coincidentes, aunque sí lo son en lo tocante a la digestibilidad total de la energía, cosa que es muy importante, ya que los boniatos deben considerarse una fuente tropical de energía. Una vez hecho este señalamiento, convendría resaltar que Noblet et al (1990) informaron que la digestibilidad ileal de la energía solo es el 85% del total digerido, valor inferior al de los cereales estudiados por los franceses (trigo, cebada y maíz). De acuerdo con Noblet et al (1990), la digestibilidad ileal de la energía de la harina de boniato es igual a la de la yuca.

**Tabla 8. Índices de digestibilidad total de nutrientes en harina de boniato**

	Fuente de los datos			
	1	2	3	4
<b>Digestibilidad, %</b>				
MS	87.2	85.1	92.0	-
Cenizas	-	-	-	11.0
Fibra cruda	54.1	-	81.0	-
FDN	-	-	76.0	40.0
FDA	-	-	-	17.0
Extracto etéreo	-	-	14.0	3.0
ELN	99.8	-	97.0	-
Almidón	-	-	-	73.1
Azúcares simples	-	-	100.0	73.0
Energía	90.8	88.8	92.0	89.3
Materia orgánica	-	-	94.0	89.0
Nitrógeno	-	55.8	66.0	23.0

<sup>1</sup> Takahashi et al (1968)

<sup>2</sup> Wu (1980). El alimento era taiwanés y estaba en forma de pastillas

<sup>3</sup> Just et al (1980)

<sup>4</sup> Noblet et al (1990)

Tal vez convendría presentar a continuación algunos estudios comparativos de digestibilidad total de varias fuentes tropicales de energía, hecha en su momento por Lee y Yang (1978) y por Acurero et al (1988).

**Tabla 9. Índices de digestibilidad rectal de nutrientes en boniato y otras fuentes tropicales de energía. El punto de vista chino**

	Boniato <sup>1</sup>	Banana	Afrecho de yuca
<b>Digestibilidad, %<sup>2</sup></b>			
Materia seca	88.5	90.1	89.9
Materia orgánica	90.5	91.7	91.4
N	78.0	81.9	81.8

<sup>1</sup> Boniatos y bananas en forma de pastillas secas

<sup>2</sup> Cerdos de 50 kg alojados en jaula de metabolismo (n = 6). Se suministró una ración constituida por 70% de la fórmula básica y 30% de la fuente energética

Fuente de los datos: Lee et al (1977)

En el experimento hecho en Taiwán (tabla 9), la digestibilidad rectal en los índices medidos fue algo menor en el boniato que en la yuca y la banana; ésta última resultó la mejor. Yadar y Gupta (1997) compararon la digestibilidad rectal de boniatos y malangas y la de éstas fueron peores.

En el experimento que se hizo en Maracay, el boniato se comparó con sorgo y con raíces de yuca (tabla 10). Acurero et al (1988) encontraron que la digestibilidad total de la MS, la energía y el ELN fue superior en la yuca. La digestibilidad total de la energía de la harina de boniato fue alrededor del 97.4% de la de yuca. Un aspecto interesante de este trabajo fue el dato de digestibilidad del N en el boniato, más bien bajo (58.4%). Mientras que el uso de la energía en el experimento venezolano fue parecido al hecho 10 años antes por Lee y Yang (1978), ambos no coinciden en cuanto al aprovechamiento del N, que pareció muy alto, de acuerdo con los resultados de Taiwán. Como hecho a tener en cuenta, Acurero et al (1988) indicaron que la digestibilidad rectal del N en el boniato crudo es aún más baja (29-40%).

**Tabla 10. Índices de digestibilidad total de los nutrientes en boniato y otras fuentes tropicales de energía. El punto de vista venezolano**

	Boniato <sup>1</sup>	Sorgo	Yuca
<b>Digestibilidad, %<sup>2</sup></b>			
Materia Seca	91.6	90.9	94.2
Energía	85.7	85.0	88.0
N	58.4	63.5	56.3
Fibra cruda	42.6	50.2	56.1
Extracto etéreo	55.8	72.6	54.2
ELN	89.8	88.3	92.7

<sup>1</sup> Boniato y yuca secados por medios mecánicos y hechos harina después

<sup>2</sup> Cerdos de 37 kg

Fuente de los datos: Acurero et al (1988)

El uso de subproductos del procesamiento industrial del boniato no ha sido muy del interés de los nutricionistas que investigan en la alimentación del cerdo. A este respecto podría mencionarse el experimento hecho por Tor-Agbidye et al (1990). Estos investigadores hicieron una evaluación digestiva de una harina de cáscaras y tubérculos de boniato no aptos para el consumo humano, y que provenían de la industria conservera de boniato en Louisiana. Esta evaluación fue paralela con la prueba de comportamiento que se llevó a cabo.

Tor-Agbidye et al (1990) (tabla 11) hallaron que los cerdos que se alimentaban con la dieta de subproductos del boniato aumentaban evidentemente su consumo voluntario de alimento en relación con la dieta de soya y maíz, pero paralelamente la ganancia diaria disminuyó y la conversión alimentaria aumentó. Por otra parte, no se encontró efecto de tratamiento en la digestibilidad de MS y energía, pero fue evidentemente menor en la dieta de subproductos de boniato.

Aún así, Tor-Agbidye et al (1990) indicaron que había razones económicas y de aceptación por el consumidor de la carne de cerdo, que compensaban con largueza el comportamiento zootécnico más pobre de los cerdos alimentados con subproductos del boniato.

**Tabla 11. Rasgos de comportamiento y digestibilidad rectal en cerdos alimentados con una harina de subproductos del boniato**

	Dieta control <sup>1</sup>	Subproductos del boniato <sup>2</sup>
Peso inicial, kg	18.5	18.5
Peso final, kg	90.2	82.4
Consumo, kg/día	2.03	2.42
Ganancia, kg/día	0.82	0.72
Conversión alimentaria	2.86	3.25
<b>Digestibilidad rectal, %</b>		
Materia seca	82.6	82.0
Extracto etéreo	54.2	36.2
Energía	81.5	81.2
N	80.1	72.9

<sup>1</sup> Confeccionada con harina de maíz y soya (75.6 y 21.3%, respectivamente)

<sup>2</sup> Confeccionada con harina de subproductos del boniato y soya (72.6 y 21.3%, respectivamente)

<sup>3</sup> Medido indirectamente con la técnica de ceniza ácido insoluble

Fuente de los datos: Tor-Agbidye et al (1990)

Entre los factores que no son de naturaleza nutricional, que se han estudiado como posibles moduladores de los índices digestivos, se pudieran mencionar la edad de los animales, el nivel de consumo y el tipo de variedad cultivada.

El efecto de la edad fue considerado por Rose y White (1980) en cerdos locales, en Papua Nueva Guinea. Rose y White (1980) alimentaron estos animales con boniatos locales, crudos y picados. No hubo mucha mejora en el incremento de la digestibilidad rectal de nutrientes entre 29 y 92.9 kg, con excepción del N, cuyo aprovechamiento digestivo aumentó en un 35.2% (tabla 12).

**Tabla 12. Influencia de la edad de cerdos locales<sup>1</sup> en la digestibilidad rectal de tubérculos de boniato**

	29 kg	92.9 kg
<b>Digestibilidad rectal, %<sup>2</sup></b>		
MS	95.1	95.6
Materia orgánica	95.8	96.5
N	42.3	57.2
Energía	93.8	94.8
FDA	71.5	73.6

<sup>1</sup> Sus scrofa papuensis

<sup>2</sup> Tubérculos crudos y picados cultivados en Papua Nueva Guinea

Fuente de los datos: Rose y White (1980)

El experimento de Wu (1980) se diseñó de tal manera que los cerdos ingirieron dietas con niveles variables de pastillas de boniato seca, y también niveles variables de consumo de alimento.

Wu (1980) no halló influencia del nivel de consumo en los índices digestivos medidos, salvo en la digestibilidad rectal del N, que fue inversamente proporcional al nivel de consumo, como era de esperar (tabla 13).

**Tabla 13. Influencia del nivel de consumo en índices de digestibilidad rectal en cerdos alimentados con niveles variables de boniato**

	Boniato, % peso vivo <sup>1</sup>		
	0	1	2
<b>Digestibilidad rectal, %</b>			
MS	84.4	84.5	84.7
Materia orgánica	87.3	86.6	86.3
N	87.3	81.8	77.1

<sup>1</sup> La dieta básica fue proporcionada a razón de 30% del peso vivo de los animales (6.5 kg)

Fuente de los datos: Wu (1980)

En cuanto al tipo de variedad cultivada, González (1994) comparó la digestibilidad total de cinco variedades cultivadas en Venezuela: UCV-5, UCV-7, UCV-21, Topera y Mariana. En este estudio, Tal vez lo más notable sería la alta digestibilidad total de la energía (91.4%), la materia orgánica (94.3%) y por supuesto, la materia seca (95.8%). Igualmente González (1994) observó una baja digestibilidad rectal del N (59.2%).

En Nishigoshi, Furuya y Nagano (1986) compararon la digestibilidad del N y la energía de cuatro variedades cultivadas de boniato: Kyukei 20, Kyukei 40, utilizadas como alimento, y Kyushu 82 y Kogane-sengan, que se empleaban para la obtención de almidón. Furuya y Nagano (1980) no hallaron efecto varietal en la digestibilidad rectal de la energía (tabla 14). No obstante las variedades usadas como alimento, por cierto con un mayor contenido proteico, exhibieron una mayor digestibilidad rectal del N. Kyukei 20 y Kyukei 40 determinaron inclusive valores negativos en el aprovechamiento digestivo del N. Merece mencionarse que aquí se observó la misma tendencia de una digestibilidad rectal del N en general muy baja, mientras que no lo fue así en la de energía.

**Tabla 14. Variedades cultivadas y digestibilidad rectal en cerdos alimentados con boniato<sup>1</sup>**

Variedad	PC, % <sup>2</sup>	E, kJ/g MS	Digestibilidad, %	
			N	E
Kyukei 20	3.01	16.87	-2.2	91.0
Kyukei 40	2.23	17.04	-18.9	90.9
Kyushu 82	5.23	17.37	43.2	93.2
Kogane-Sengan	4.74	17.29	35.4	92.5

<sup>1</sup> Animales de 40 kg alimentados con una dieta básica o con la mitad de ésta y la otra mitad con el boniato secado en estufa. La digestibilidad se determinó individualmente (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

<sup>2</sup> N x 6.25

Fuente de los datos: Furuya y Nagano (1986)

Entre los factores que pueden influir en la digestibilidad de los boniatos, el procesamiento de los tubérculos ha sido estudiado con marcada preferencia. En este sentido, se han obtenido mejores resultados en los índices digestivos cuando los tubérculos son sometidos a cocción en vez de suministrarlos crudos a los animales. Esto es el resultado de examinar varios experimentos contemporáneos que se ejecutaron en el mundo tropical (Oyenuga y Fetuga 1975; Canope et al 1977), los

cuales no se conocen muy en detalle, pero sí el efecto en conjunto. Así, Oyenuga y Fetuga (1975) llevaron a la práctica un estudio con cerdos Large White de 48 kg a los que proporcionaron boniatos crudos o cocidos. El empeoramiento en la digestibilidad rectal de nutrientes que se observó con los tubérculos sin cocinar fue atribuido en este caso a dificultades en la digestión del almidón nativo contenido en los boniatos. Un efecto similar hallado por Marrero y Vargas (1984) fue atribuido a los FIT. En el experimento de Canope et al (1977) la digestibilidad del N dietético fue de 27.6% a 52.8% cuando los boniatos se cocinaron. En esto tuvo mucho que ver, seguramente, la inactivación de los FIT (tabla 15).

**Tabla 15. Influencia de la cocción de los tubérculos de boniato en la digestibilidad rectal de nutrientes**

	Boniato crudo	Boniato cocinado
<b>Digestibilidad rectal, %</b>		
MS	90.4	93.5
Materia orgánica	92.1	94.5
N	27.6	52.8
Energía	89.3	93.0

Fuente de los datos: Canope et al (1977)

Aún cuando el boniato cocinado es más digestible que el crudo, cuando el primero constituye la fuente principal de energía, la digestibilidad total de la dieta es menor que la de otra confeccionada con sacarosa. Esto fue así en un experimento cubano que se expone en la tabla 16.

**Tabla 16. Índices digestivos en cerdos alimentados con dietas de tubérculos de boniato cocinado**

	Boniato, % <sup>1</sup>	
	0 <sup>2</sup>	72
<b>Digestibilidad rectal, %</b>		
MS	94.5	85.5
N	89.6	76.0
Energía	93.5	89.2
Fibra cruda	76.6	81.4

<sup>1</sup> Tubérculo cocinado con cáscara

<sup>2</sup> Dieta control de azúcar/harina de soya

Fuente de los datos: Domínguez (1972; citado por Mora y Domínguez 1994)

Oyenuga y Fetuga (1975) informaron también desde Nigeria que el pelar los boniatos aumentaba la digestibilidad rectal de nutrientes en los cerdos, sobre todo la digestibilidad del N, el extracto etéreo y la fibra cruda. Los índices digestivos de tubérculos de boniato ensilado fueron medidos por Tomita et al (1985) en Kagoshima. En este experimento no se halló que el proceso de ensilado mejorara la digestibilidad del N, que fue

baja (32%) mientras que fué alta la de MS, materia orgánica y energía (91, 91 y 89% respectivamente). Tomita et al (1985) utilizaron cuatro cerdos Bekshire entre 20 y 26 kg alojados en jaulas de metabolismo. El valor de la digestibilidad se calculó por el habitual método de diferencia. Adicionalmente Tomita et al (1985) compararon el ensilado de los tubérculos picados en forma fina con otro picado groseramente (33.5 y 29.6% de adición a la dieta básica, respectivamente) y hallaron cierto descenso leve en los índices digestivos al suministrar el ensilado picado grosero a los animales (tabla 17).

Es probable que lo que decida una buena calidad del ensilado de tubérculos de boniato lo sea la digestibilidad del N y el grado de neutralización de los FIT, que no es completo (ver Lin et al 1988). Ya Jung y Lee (1968) han informado desde Chinju, en Corea, que en cerdos hasta 50 kg, el valor de alimentación del ensilado es muy bajo, de 23 a 30% del concentrado.

**Tabla 17. Ensilado de boniato para cerdos. Influencia del trocea do en la digestibilidad rectal de la dieta**

	Ensilado troceado	
	Fino	Grosero
<b>Digestibilidad rectal, %</b>		
MS	90.0	88.0
Materia orgánica	91.0	90.0
N	89.0	87.0

Fuente de los datos: Tomita et al (1985)

Wu y Chen (1985) compararon el efecto de secar al sol los boniatos (MS, 86.5%) o de expandirlos (MS, 92.4%) en índices digestivos de cerdos alimentados con una dieta básica de maíz y soya. No se encontró efecto de tratamiento en la digestibilidad de MS y energía (tabla 18). En lo que se refiere a la digestibilidad del N, la dieta control fue mejor que cualquier otra y la dieta con el máximo nivel de boniato secado al sol fue la peor de todas. En este experimento, que es uno de los pocos donde se puso en práctica un balance de N, se pudo constatar que a medida que los tubérculos estuvieron en una mayor proporción en la dieta, la retención de N mejoró o empeoró según los tubérculos fueron sujetos a una expansión o a un secado al sol.

Estos resultados pudieran interpretarse como la consecuencia de la inactivación de los FIT, de un cambio en la digestibilidad ileal de aminoácidos, o de una mayor o menor presencia de compuestos de Maillard.

Algo a destacar sería que en todas las dietas con boniato la digestibilidad total de N fue inferior a la del control. De acuerdo con los datos de Wu y Chen (1985), en las dietas de boniato la digestibilidad total del N no sería el mejor indicador del balance de N dietético ni de la calidad de la proteína de la convulvúcea que se use.

**Tabla 18. Influencia del tratamiento térmico de los boniatos en índices digestivos y balance de N de dietas para cerdos**

	Control	Tratamientos			
		Secar al sol		Expansión	
Boniato en dieta, % <sup>1</sup>	-	32.9	63.0	32.9	63.0
<b>Digestibilidad rectal, %</b>					
MS	83.0	82.8	83.5	81.8	83.2
Energía	83.9	83.9	84.2	82.4	84.2
N	81.9	74.4	69.1	76.0	73.9
<b>Balance de N, g/día</b>					
Consumo	44.63	44.99	41.67	48.92	42.96
Excreción fecal	8.08	11.52	12.90	11.71	11.20
Digestión	36.55	33.47	28.77	37.21	31.76
Excreción urinaria	17.06	14.14	13.57	15.69	11.84
Excreción total	25.14	25.66	26.47	27.40	23.04
Retención	19.49	19.33	15.20	21.52	19.92
<b>Retención de N</b>					
Por ciento del consumo	43.7	43.0	36.5	44.0	46.4
Por ciento de la digestión	53.3	57.8	52.8	57.8	62.7

<sup>1</sup> Boniato con alto nivel de proteína (N x 6.25, 6.06% en base seca aproximadamente). Las dietas eran isoproteicas (N x 6.25, 16.4%) y fueron dadas a cerdos hembras de 34.4 kg  
Fuente de los datos: Wu y Chen (1975)

#### DIGESTIBILIDAD ILEAL

En comparación con los datos disponibles sobre digestibilidad rectal de boniatos, lo que se cuenta sobre digestibilidad ileal es más bien escaso, y evidentemente se requiere de más información en este tema. González et al (1997) informaron datos de digestibilidad ileal de nutrientes en cerdos alimentados con tubérculos de distintas variedades cultivadas de boniato (tabla 19). González et al (1997) no hallaron efecto

varietal en la digestibilidad ileal de MS, materia orgánica y energía. En estos datos se presentó una gran variabilidad entre variedades cultivadas; así la digestibilidad de la MS fue desde 62.9 hasta 76.8% y la de materia orgánica, desde 71.2 hasta 89.4%. Resultados muy útiles han sido publicados por Noblet et al (1990) en cuanto a la digestibilidad ileal de la energía de harina de boniatos y de otras fuentes de almidón. Los datos de Noblet et al (1990) se muestran en la tabla 20.

**Tabla 19. Digestibilidad ileal de nutrientes en cerdos alimentados con dietas de distintas variedades cultivadas de boniato**

	Variedades cultivadas					
	UCV-2	UCV-7	UCV-8	Topera	Mariara	Carolina
<b>Digestibilidad ileal, %<sup>1</sup></b>						
MS	76.8	70.1	70.1	62.9	68.9	69.6
Materia orgánica	89.4	72.9	71.4	71.5	71.2	71.3
Energía	90.0	78.9	70.0	69.0	67.8	64.3

<sup>1</sup> Cerdos de 35 kg alimentados con tubérculos secados al sol sobre superficie asfaltada y después molidos. El boniato constituyó siempre el 25% de la dieta (n=21)  
Fuente de los datos: González et al (1997)

**Tabla 20. Digestibilidad ileal de energía en cerdos alimentados con distintas fuentes de almidón**

Fuentes de almidón	EB,	DE, % <sup>1</sup>	DEI, % <sup>1</sup>	ED <sup>2</sup> ,	EDI <sup>2</sup> ,	EDI/ED
	kJ/g MS			kJ/g MS	kJ/g MS	
<b>Cereales</b>						
Trigo	18.49	87.5	85.7	16.18	15.86	98.0
Cebada	18.40	82.1	74.7	15.10	13.74	91.0
Maíz	19.03	83.1	78.1	15.82	14.87	94.0
<b>Raíces</b>						
Yuca	17.22	92.1	78.2	15.85	13.47	85.0
Boniato	17.10	89.3	75.9	15.26	12.97	85.0

<sup>1</sup> DE y DEI son digestibilidad rectal e ileal de la energía respectivamente

<sup>2</sup> ED y EDI son energía digestible rectal e ileal respectivamente

Fuente de los datos: Noblet et al (1990)



Noblet et al (1990) hallaron un valor alto para la digestibilidad rectal de la energía en los cerdos alimentados con la harina de boniato. Otro hecho a resaltar de este estudio comparativo corresponde al hecho de que la digestibilidad rectal de la energía en raíces como las de boniato y yuca, fue consistentemente superior a la de cereales como trigo, cebada y maíz. Este valor para el boniato está en el rango del de otros experimentos contemporáneos de investigadores latinoamericanos (Soares 1988; Barbosa et al 1989; González 1994). Sin embargo, el dato más interesante es el correspondiente al de la digestibilidad ileal de energía, que según Noblet et al (1990) solamente fue de 75.9%, lo que implica que un 15% de la energía digerida desapareció en el intestino grueso, y que con mucho, explica la comparación

desventajosa entre boniato y cereales en cuanto a rasgos de comportamiento se refiere. Es muy probable que el descenso en la digestibilidad ileal de la energía esté relacionado con la susceptibilidad del almidón de los tubérculos para ser hidrolizado eficientemente en el intestino delgado de los cerdos.

En otras especies monogástricas como el ternero prerrumiante, se ha señalado que la digestibilidad del almidón de boniato es deficiente por una pobre participación del intestino delgado en ese proceso (Assan y Thivend 1976). Otro tanto ocurre con la gallina (Bewa et al 1979). En la tabla 21 se informa sobre resultados de experimentos de Assan y Thivend (1976).

**Tabla 21. Reparto de la digestibilidad de nutrientes entre el intestino delgado y el grueso del ternero prerrumiante (por ciento del total digestible)**

	MS		N		Almidón	
	ID <sup>1</sup>	IG <sup>1</sup>	ID	IG	ID	IG
Leche entera	98.5	1.5	97.3	2.7	-	-
Mezcla amilácea	94.4	5.6	100.2	-0.2	92.7	7.3
Almidón de yuca	92.6	7.4	102.7	-2.7	68.8	31.2
Almidón de banana	86.2	13.8	98.7	1.3	39.4	60.6
Almidón de boniato	82.6	17.4	98.7	7.8	41.6	58.4

<sup>1</sup> ID e IG son intestino delgado e intestino grueso, respectivamente  
Fuente de los datos: Assan y Thivend (1976)

## PROCESAMIENTO DEL TUBERCULO Y ENERGIA DIGESTIBLE

En un recuento sobre las investigaciones chinas hechas en Taiwán, Hsia (1987, comunicación personal) hizo dos recomendaciones: la primera, no sustituir más de la mitad del maíz por pastillas de boniato en la dieta, y la segunda, que el boniato podía mejorar su valor nutritivo si era sometido a un tratamiento de expansión antes de ser comprimido en pastillas. Tal vez uno de los hallazgos chinos más importantes sería determinar que la energía neta de las pastillas de boniato solamente alcanzaba el 78.8% de la del maíz (Wu 1980).

Son varias las formas de preparación de los tubérculos de boniato con vistas a su suministro a los cerdos. A este respecto, en la tabla 22 se relacionan cifras correspondientes a valores de energía bruta y digestible de distintas formas del boniato usado como alimento de esta especie. Al parecer, boniatos crudos, liofilizados o secados al sol muestran valores de energía digestible más bajos (14.19, 13.27 ó 13.69 kJ/g MS respectivamente) que boniatos secados artificialmente, que fueron después convertidos en harina o pastillas (15.32 ó 14.80 kJ/g MS respectivamente).

La densidad energética de boniatos hervidos o cocinados parece acercarse más a la de tubérculos secados artificialmente (14.89 kJ/g MS). Por otra parte, no hay muchos valores de energía digestible de boniatos ensilados o expandidos.

**Tabla 22. Valores de energía digestible de boniatos para cerdos**

Criterio	Energía, kJ/g MS		Fuente de los datos
	Bruta	Digestible	
Crudo	15.81	14.12	Canope et al (1977)
	16.77	15.80	Rose y White (1980)
	17.76	-	INRA (1984)
	-	13.65	Alvarenga (1988)
	17.08	13.70	CNPSA (1991)
Ensilado	-	13.70	Fialho et al (1994)
	18.30	16.30	Tomita et al (1985)
	17.43 <sup>1</sup>	-	Lin et al (1988)
Hervido	15.59	14.50	Canope et al (1977)
	18.38	15.28 <sup>2</sup>	Furuya y Nagano (1986)
Liofilizado	17.79	13.27 <sup>2</sup>	Furuya y Nagano (1986)
	17.70	-	Wu y Chen (1985)
Secado al sol	17.46	13.69 <sup>2</sup>	Furuya y Nagano (1986)
	17.04	-	CNPSA (1991)
	17.17	-	Wu y Chen (1985)
<b>Secado artificialmente</b>			
Harina	17.25	15.66	Takahashi et al (1968)
	-	15.65	Canope et al (1977)
	17.25	-	Gerpacio et al (1978)
	17.38	15.99	Just et al (1983)
	-	15.22	INRA (1984)
	17.15	14.20 <sup>3</sup>	Furuya y Nagano (1986)
	16.83	15.72 <sup>2</sup>	
	-	14.80	Soares et al (1986)
	16.95	14.53	Acurero et al (1988)
	17.33	-	Cornelio et al (1988)
Pastillas	17.09	15.23	Noblet et al (1993)
	18.24	14.65	Wu (1980)

<sup>1</sup> Determinado in vitro

<sup>2</sup> Calculado según Nehring y Haenlein (1973)

<sup>3</sup> Promedio de cuatro medidas

## DIGESTIBILIDAD IN VITRO

Existen varios estudios de digestión in vitro en los que están implicados los tubérculos de boniato, entre los que tal vez el primero podría ser el de Favier (1969). En este trabajo camerunés, se halló que el almidón crudo de boniato incubado con  $\alpha$ -amilasa bacteriana rindió menos del 30% de azúcares reductores expresados como maltosa, en comparación con el almidón de maíz (100%). Cerning-Beroard y Le Dividich (1976) usaron este mismo tipo de ensayo para comparar la amilólisis en estado crudo o cocinado, de distintas fuentes tropicales de almidón. En lo que concierne al boniato, los investigadores franceses hallaron que la fracción de almidón fácilmente hidrolizable llegaba a un 59% cuando se cocinaban los tubérculos, mientras que en crudos, esta fracción era despreciable. Datos cinéticos sobre la amilólisis en muestras de boniato (tabla 23) apoyan la información original de Favier (1969) y de otros como Aumaitre et al (1969).

**Tabla 23. Características de la curva de amilólisis in vitro de boniatos**

criterio	Boniato crudo	Boniato cocinado
Velocidad inicial de amilólisis <sup>1</sup>	3.9	47.1
Velocidad final de amilólisis <sup>2</sup>	0.21	0.74
Fracción fácilmente hidrolizable <sup>3</sup>	4.0	54.5

<sup>1</sup> Almidón degradado en 5 minutos, en por ciento del total

<sup>2</sup> Almidón degradado en 5 minutos durante la primera hora, en por ciento del total

<sup>3</sup> Determinada por extrapolación de la parte lineal de la curva de amilólisis

Fuente de los datos: Cerning-Beroard y Le Dividich (1976)

La respuesta del almidón de boniato a la degradación por la  $\alpha$ -amilasa pancreática pareció ser más positiva que a la  $\alpha$ -amilasa bacteriana, a juzgar por el informe de Moran Jr (1982). De acuerdo con Moran Jr (1982) la amilólisis in vitro del almidón de boniato fue 92% de la de maíz, que se usó como referencia (tabla 24).

**Tabla 24.  $\alpha$ -Amilólisis in vitro de distintos almidones**

Tipo de almidón	Susceptibilidad al ataque <sup>1</sup>
Maíz normal	100
Maíz rico en amilosa	45
Trigo	100
Arroz	100
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	51
Haba ( <i>Vicia faba</i> )	75
Banana	43
Papa	7
Boniato	92

<sup>1</sup> Valores relativos a la amilólisis del almidón de maíz  
Fuente de los datos: Moran Jr (1982)

Furuya y Nagano (1986) emplearon la técnica de digestibilidad in vitro con fluido intestinal de cerdos para estudiar distintas formas de procesamiento de boniatos. Estos investigadores establecieron la correspondencia entre la técnica in vitro y el método usual de evaluación digestiva in vivo para la energía (DE) en cerdos alimentados con boniatos (DE in vivo = 2.13 + 0.484 DE in vitro, en kcal/g MS) y encontraron que la mejor forma de hacer eficiente la digestión de la energía fue mediante la cocción mientras que secar en estufa o al sol determinaron cifras inferiores (tabla 25).

**Tabla 25. Influencia del tratamiento de tubérculos de boniato en la digestibilidad in vitro de la energía para cerdos**

Procesamiento	PC, % <sup>2</sup>	E, kJ/g MS	DIVE, %
Liofilización	3.75	17.79	74.6
Secado al sol	3.79	17.46	78.3
Secado en estufa <sup>3</sup>	4.02	17.75	82.2
Cocción <sup>4</sup>	3.98	18.37	83.0

<sup>1</sup> Variedad cultivada, Kogane-sengan

<sup>2</sup> N x 6.25

<sup>3</sup> Secado a 105°C durante 16 h

<sup>4</sup> Hervido en agua

Fuente de los datos: Furuya y Nagano (1986)

La técnica de digestión in vitro de pepsina/pancreatina también ha sido usada en La Habana para estudiar la digestibilidad de la materia orgánica de boniatos crudos o secos, con cáscara o sin cáscara. Se observó que la cáscara es más indigestible que el parénquima, tanto en tubérculos frescos como secos (tabla 26). Por otra parte los boniatos frescos tuvieron una digestibilidad más baja que en los mismos ya secos, tanto de la MS como de la materia orgánica. Así en conjunto la digestibilidad in vitro de la MS en los boniatos fue el 87.5% de la de los secos. En igual sentido para la materia orgánica la cifra fue 87.2%. Estos resultados tienden a confirmar las observaciones de Furuya y Nagano (1986) así como las pruebas hechas in vivo por Noblet et al (1990) sobre el aprovechamiento incompleto de la energía de los tubérculos de boniato por parte de los cerdos.

**Tabla 26. Influencia del tratamiento de tubérculos de boniato en la digestibilidad in vitro de la MS (DIVMS) y de la materia orgánica (DIVMO)**

	DIVMS, %	DIVMO, %
<b>Tubérculo fresco<sup>1</sup></b>		
Sin cáscara	61.9	62.5
Con cáscara	59.1	60.1
Cáscara	47.0	41.0
<b>Tubérculo seco<sup>2</sup></b>		
Sin cáscara	68.0	68.3
Con cáscara	66.5	66.1
Cáscara	57.6	53.0

<sup>1</sup> Rallado

<sup>2</sup> Secado en estufa a 60°C y molido para obtener una harina

Fuente de los datos: Ly et al (1998)

La digestibilidad de la proteína ha sido informada sistemáticamente como muy baja, desde valores tabulados para el tubérculo crudo (CNPSA 1991) hasta subproductos de la obtención de almidón a partir de boniatos (Horigome et al 1972) o de la industria conservera (Tor-Adbidye et al 1990). Sin embargo, en ninguno de los trabajos en los que esto fue así, se hizo un estudio comparativo con la digestibilidad in vitro de la proteína. A este respecto, Ravindran et al (1995) condujeron un experimento en el que determinaron la digestibilidad in vitro de la proteína, y obtuvieron un valor promedio de 75.8% para ésta. Indudablemente que se necesita más información al respecto, pues si se alimentan cerdos con boniatos como fuente principal de energía, el aporte proteico de éstos debe influir en el aprovechamiento digestivo del N de la dieta, y más aún en la retención del mismo (Yeh et al, 1977, 1978, 1979, 1981).

### CONCLUSIONES

Desde el punto de vista del valor energético de los tubérculos de boniato, éste parece ser superior cuando estos tubérculos son secados artificialmente que cuando son consumidos por los animales en condiciones in natura. Este status es paralelo a lo que se obtiene con los rasgos de comportamiento durante el crecimiento y engorde de los cerdos. Ello no puede explicarse simplemente por un aumento en el volumen del alimento a consumir, porque hay evidencias de que el almidón del boniato no es fácilmente digestible en los tubérculos crudos, que aún secados artificialmente, solamente sufre una digestión prececal incompleta. Las pruebas hechas hasta el presente sobre digestibilidad in vivo, tanto ileal como rectal, así como otras in vitro, sugieren fuertemente esta presunción.

De acuerdo con esta situación, es previsible que sea necesaria más investigación en el futuro cercano, donde se subordine la agronomía y la genética de plantas a la optimización del valor nutritivo de los boniatos a especies animales como el cerdo.

### AGRADECIMIENTOS

La presente revisión no pudiera haber sido hecha sin la ayuda de bibliotecarios del Instituto de Ciencia Animal, de la Biblioteca Central del Ministerio de la Agricultura así como del Instituto de Investigaciones Porcinas. Muchos de los artículos que no están disponibles en el país pudieron ser obtenidos en la biblioteca de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela, en Maracay, o gracias a la ayuda prestada por la Fundación para la Universidad de Agricultura Tropical, tanto en Vietnam como en Camboya.

El autor está particularmente agradecido a personas tan útiles y valiosas como la Sra. Juana Camacho, del Instituto de Investigaciones Porcinas, así como a los doctores Lylían Rodríguez y Thomas R. Preston. El manuscrito original fue preparado en forma digital por la Ing. Rosa María Martínez, a cuya meticulosidad el autor debe mucho.

### REFERENCIAS

Acurero, R.G., Alvarado, L.R., Alvarez, R., Capó, E. y Garbati, D.S. 1988. Determinación de los coeficientes de digestibilidad in vivo de las harinas de batata, yuca y del sorgo en cerdos. In:

Informe final de proyecto. CONICIT S1-1472. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay p 91-118

Alvarenga, J.C., Donzele, J.L. y López, D.C. 1988. Balanço da energia e da proteina de alimentos alternativos para suínos. *Información Agropecuaria (São Paulo)*, 13(156):75-76

Angulo, T.M. 1976. Uso de yuca, camote y grano de soya en engorde de cerdos. Tesis de Ingeniero Zootecnista Universidad Agraria de La Molina, Lima, pp 66

Assan, B.E. y Thivend, P. 1976. Intestinal absorption of tapioca starches by the preruminant calf. *Proceedings of the Nutrition Society*, 35:104A-105A

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. *Journée de la Recherche Porcine en France*. Paris, 1 :99-103

Barbosa, H., Fialho, E. y Ribeiro, A. 1989. Composição química, energética e proteína digestível de alguns alimentos para suínos. *Boletim da Industria Animal*. Nova Odessa, 46:99-112

Bewa, H., Charle-Léry, G. y Szyliit, O. 1979. Role de la microflore digestive et de la structure cristalline de l'amidon dans la digestion et l'utilisation des régimes chez le poulet. *Etudes des tubercules tropicaux. Annals de Nutrition et de l'Alimentation*, 23:213-231

Canope, J., Le Dividich, J., Hedreville, F. y Dupois, F. 1977. Influence d'un traitement technologique sur l'efficacité alimentaire des principaux produits amylicés tropicaux: patate douce et banane dans l'alimentation du porc. *Nouvelles d'Agronomie des Antilles et Guyane*, 3(3/4):310-322

Cerning-Beroard, J. y Le Dividich, J. 1976. Valeur alimentaire de quelques produits amylicés d'origine tropicale: étude 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

CIAT. 1978. Sistemas de producción de ganado porcino. In: Informe Anual. Centro Internacional de Agricultura Tropical. (CIAT). Cali, p 12-24

CNPSA. 1991. Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos y Aves (CNPSA). Concordia, pp 96

Cornelio, V.M.O., Alves, M.I.G. y Soares, M.C. 1988. Raspa de batata doce para suínos em crescimento e terminação. Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais, Informe N°. 175, pp 2

Corring, T. y Rettagliati, J. 1969. Utilisation de la patate douce dans l'alimentation du porc en Guadeloupe. *Journée de la Recherche Porcine en France*. Paris, p 105-111

Edmond, J.B. 1971. Physiology, biochemistry and ecology. In: Sweet potatoes: production, processing, marketing (J.B. Edmond y G.R. Ammerman, editores). The AVI Publishing Company. Westport. p 30-57

- Esnaola, M.A. 1986. Efecto de la adición de camote (*Ipomoea batatas*) crudo y cocido a cerdos en crecimiento, alimentados con cantidades restringidas de concentrado. In: Observaciones preliminares sobre el uso de alimentos no tradicionales en cerdos en fincas pequeñas. Informe Técnico N° 66. Centro de Agronomía Tropical, Investigación y Enseñanza (CATIE.), Turrialba, p 19-25
- Espejo, B.J. 1971. Evaluación del camote fresco como fuente de energía y como reemplazante parcial del maíz en raciones de engorde de cerdos. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de La Molina, Lima, pp 87
- Favier, J.C. 1969. Les amylicés du Cameroun. 1. Etude de la digestibilité "in vitro" de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun. Influence des transformations technologiques sur l'amidon de manioc. *Industrie de l'Alimentation et de l'Agriculture*, 86:9-13
- Fialho, E.T., Barbosa, H.P. y Albino, L.P.T. 1990. Chemical composition, digestible protein and energetic values of some alternative feedstuffs for pigs in Brazil. In: Proceedings of the VII World Conference of Animal Production. Edmonton, 3:17
- Furuya, S. y Nagano, R. 1986. Differences of nutritive values among the variety of sweet potato and among the processing methods including drying and boiling of sweet potato, potato and cassava. *Japanese Journal of Swine Science*, 23:62-67 (en japonés)
- Gerpacio, A.L., Pascual, F.S., Querubin, L.J., Vergel de Dios, A.F. y Mercado, C.I. 1978. Evaluation of tuber meals as energy sources. 1. Sweet potato- and cassava-based rations for broilers. *The Phillipine Agriculturist*, 61:395-410
- González, C. 1994. Utilización de la batata (*Ipomoea batatas* L.) en la alimentación de cerdos confinados y en pastoreo. Tesis Dr. Ciencias. Universidad Central de Venezuela, Maracay, pp 222
- González, C., Díaz, I. y Reyes, J.L. 1997. Determinación de la digestibilidad ileal de los componentes principales de la raíz de seis cultivares de batata (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)). *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 5(suplemento 1):280-282
- Henke, I.A. 1949. Swine feeding trials in Hawaii. University of Hawaii Agriculture Experiment Station Bulletin N° 99
- Horigome, T., Nakayama, M. e Ikeda, M. 1972. Nutritive value of sweet potato protein produced from the residual products of sweet potato starch industry. *Japanese Journal of Zootechnical Sciences*, 43:432-437 (en japonés)
- INRA. 1984. L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Paris, pp 282
- Jung, C.H. y Lee, H. 1968. Un estudio de sustitución del concentrado por ensilado de boniato en la producción porcina. Research Report of the Office for Rural Development, 11(4):35-43 (en coreano)
- Just, A., Jorgensen, H., Fernández, J.A., Bech-Andersen, S y Enggaard Hansen N. 1983. Forskellige foderstoffers kemiske sammensaerning, fordojelighed, energi- og protein vaerdi til svin. *Bert. Stat. Husdyrbrugsfors.* 556, Copenhagen, pp 99
- Lee, P.L. y Yang, Y.F. 1980. Comparación del valor nutritivo de boniatos ricos en proteína para cerdos en crecimiento y acabado. *Journal of Taiwan Livestock Research*, 13:97-112 (en chino)
- Lee, P.L. y Yang, Y.F. 1981. Estudios de digestibilidad de proteína y energía con cerdos alimentados con dietas contentivas de harina de maíz, granos de sorgo, pastillas de boniato o harina de yuca producidos localmente. *Journal of Taiwan Livestock Research* 14:65-74 (en chino)
- Lee, P. K., Yang, Y.F. y Chen, F.N. 1977. Estudio comparativo de la digestibilidad de nutrientes de pastillas de boniato, afrecho de yuca y pastillas de banana en cerdos. *Journal of Taiwan Livestock Research*, 10:215-225 (en chino)
- León, M. 1991. Efecto de la sustitución de la fuente energética por harina de batata (*Ipomoea batatas*) en raciones para cerdos en crecimiento. Tesis en Medicina Veterinaria. Universidad Central de Venezuela (UCV), Maracay, pp 50
- Lin, Y.H., Huang, T.Ch. y Huong, Ch. 1988. Quality improvement of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) roots as feed by ensilage. *British Journal of Nutrition*, 60:173-184
- Ly, J. 2009. Boniatos o camotes (*Ipomoea batatas* Lam) para alimentar cerdos. Características de la composición química y de los factores antinutricionales. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 16:159-171
- Ly, J., Carón, M. y Delgado, E. 1998. Estudios de digestibilidad in vitro de alimentos tropicales para cerdos. Estudios en boniatos (*Ipomoea batatas* (Lam) L.). In: IV Congreso Internacional de Porcicultura, La Habana, p 63-64
- Marrero, L.I. 1975. Utilización de la batata como principal fuente energética en la alimentación del cerdo. 1. Estudio sobre la utilización de maíz por batata en las dietas de cerdos en ceba. *Revista Centro. Serie Ciencia Animal*, 2(1/2):33-41
- Marrero, L.I. 1976. Fuentes energéticas no convencionales para la alimentación de cerdos en crecimiento ceba en el trópico. Tesis de Dr.CV. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, San José de las Lajas, pp 125
- Marrero, L.I. y Vargas, S. 1984. Balance de energía en cerdos en ceba alimentados con boniato (*Ipomoea batatas*). In: V Conferencia de Ciencia Animal, Santa Clara, p 88
- Moita, A.M.S., Pereira, A.A., Costa, P.M.A., de Mello, A.V. y Donzelle, J.L. 1991a. Utilização da raspa de batata-doce para suínos na fase inicial de crescimento. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 20:596-603
- Moita, A.M.S., Pereira, A.A., Costa, P.M.A., de Mello, A.V. y Donzelle, J.L. 1991b. Raspa de batata-doce suplementada com metionina e óleo em rações para suínos na fase inicial de crescimento. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 20:589-595
- Montaldo, A. 1979. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Editorial del Instituto de Investigaciones de Centro América, San José de Costa Rica, p 13-16

- Mora, L.M. y Domínguez, P.L. 1994. El boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) en la alimentación porcina en Cuba. In: II Encuentro Regional de Especies Monogástricas (V. de Basilio, editor). La Habana, p 19-26
- Moran Jr., E.T. 1982. Starch digestion in fowl. *Poultry Science*, 61:1257-1262
- Nehring, K. y Haenlein, G.F.W. 1973. Feed evaluation and ration calculation based on net energy. *Journal of Animal Science*, 36:949-969
- Noblet, J., Fortune, H., Dupire, C. y Dubois, S. 1990. Valeur nutritionnelle de treize matières premières pour le porc en croissance. 1. Teneur en énergie digestible, métabolisable et nette. Consequences du choix du système énergétique. *Journée Recherche Porcine France*. Paris, 22:175-184
- Noblet, J., Fortune, H., Dupire, C. y Dubois, S. 1993. Digestible, metabolizable and net energy values of 13 feedstuffs for growing pigs: effect of energy system. *Animal Feed Science and Technology*, 42:131-149
- Oyenuga, V.A. y Fetuga, B.L. 1975. Chemical composition, digestibility and energy values of some varieties of yam, cassava, sweet potatoes and cocoyams for pigs. *Nigerian Journal of Science*, 9:63-110
- Ravindran, V., Ravindran, G. Swakanisan, R. y Rajaguru, A.S.B. 1995. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 43:2646-2651
- Rose, C.J. y White, G.A. 1980. Apparent digestibilities of dry matter, organic matter, crude protein, energy and acid detergent fibre of chopped, raw sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) by village pigs (*Sus scrofa papuensis*) in Papua New Guinea. *Papua New Guinea Agriculture Journal*, 31:69-72
- Soares, A.C. 1988. Valor nutritivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (Lam) L.) na alimentação de suínos em crescimento e terminação. Tesis de M.Sci. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, pp 47
- Soares, A.C., Pereira, J.A.A., Mello, H.V., Costa, P.M.A., Torres, R.A. y Rostagno, H.S. 1986. Valor nutritivo da batata-doce (*Ipomoea batatas*) para suínos em crescimento-terminação. Reunion da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Campo Grande, p 55
- Takahashi, S., Furuya, S., Jitsukawa, T. y Morimoto, H. 1968. Estudios del valor nutritivo de alimentos para cerdos. 1. Granos y papas. *Bulletin of the National Institute of Animal Industry*, 17:1-7 (en japonés)
- Tomita, Y., Hayashi, K. y Hashizume, T. 1985. Palatabilidad y digestibilidad del ensilado de boniato en cerdos. *Bulletin of the Faculty of Agriculture Kagoshima University*, N° 35 p 75-80 (en japonés)
- Tor-Agbidye, Y., Gelaye, S., Louis, S.L. y Cooper, G.E. 1990. Performance and carcass traits of growing-finishing swine fed diets containing sweet potato meal of corn. *Journal of Animal Science*, 68:1323-1328
- Wu, J.F. 1980. Energy value of sweet potato chips for young swine. *Journal of Animal Science*, 51:1261-1265
- Wu, J.F. y Chen, S.Y. 1985. Effects on nutritional value for varying levels of suncured and popping high protein sweet potato chips for growing pigs. *Journal of the Chinese Society of Animal Science*, 1441-46 (en chino)
- Yadar, B.P.S. y Gupta, J.J. 1997. Nutritional evaluation of tubers in pigs. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 14:61-63
- Yeh, H.T., Chen, S.Y., Yeh, T.P. y Koh, F.K. 1981. Estudios de digestibilidad de aminoácidos de pastillas expandidas de boniato rico en proteína mediante técnicas de canulación ileal. *Animal Industry Research Institute Research Report Taiwan Sugar Corporation*. Chunan, p 113-123 (en chino)
- Yeh, T.P., Wong, S.C., Koh, F.K., Lee, S.Y. y Wu, J.F. 1977. Mejoramiento del valor nutritivo de pastillas de boniato por diferentes métodos de procesamiento. *Animal Industry Research Institute Research Report*. Taiwan Sugar Corporation. Chunan, p 65-66 (en chino)
- Yeh, T.P., Wong, S.C., Lin, H.K. y Kuo, C.9C. 1978. Estudios de diferentes métodos de procesamiento de algunos alimentos locales para aumentar su valor nutritivo para cerdos. 1. Expansión de pastillas de boniato. *Animal Industry Research Institute Research Report*. Taiwan Sugar Corporation. Chunan, p 25-31 (en chino)
- Yeh, T.P., Wong, S.C., Lin, H.K. y Kuo, C.C. 1979. Popping sweet potato chips for pigs. *Journal of Animal Science*, 49(suppl.1):257