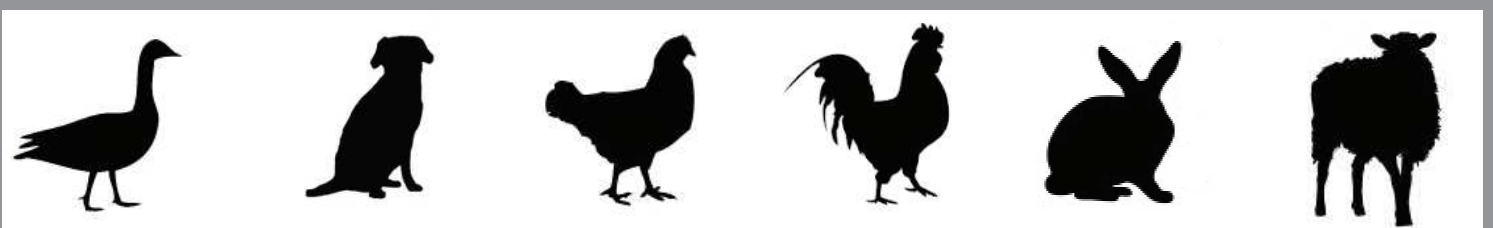


USO DE RAICES Y TUBERCULOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Escuela de Zootecnia-Universidad de Costa Rica



USO DE RAÍCES Y TUBÉRCULOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Editor

Rodolfo WingChing-Jones

Escuela de Zootecnia-Universidad de Costa Rica



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



Diseño de portada
Natalia Thomas-WingChing
Rodolfo WingChing-Jones

Los autores agradecen a los profesores de la Escuela de Zootecnia por los comentarios brindados en el desarrollo de este escrito. Entre estos se citan: Alejandro Saborio Montero, Andrea Brenes Soto, Augusto Rojas Bourrillón, Jose Arce Cordero, Luis Villalobos Villalobos, Rebeca Zamora Sanabria y Roger Molina Coto.

636.085

U86u Uso de raíces y tubérculos en la alimentación animal / editor
Rodolfo WingChing-Jones. -- 1. ed. -- San José, C.R.:
Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, 2014.
1 recurso en línea (194 p.): il., digital, archivo PDF;
2.1 Mb.

Forma de acceso: World Wide Web. –
www.zootecnia.ucr.ac.cr – En los capítulos se mencionan
los siguientes autores: Ericka Elizondo Villalobos, Gustavo
Ruiz Sánchez, Rodolfo WingChing-Jones, Rolando Chávez
Rojas, Paola Rodríguez Weber, John M. León Arce, Daniel
Burgos Castro, Mariana Zeledón Charpentier, Adrián
González Meza, Solangie Gamboa Retana, Luis Zamora
Cerdas, Melissa Alvarado Solano, Andrea Gutiérrez
Murillo, Marcel Quesada Arias, Joyce Carazo-Chanto,
Luis Alejandro Rodríguez Campos

ISBN 978-9977-15-262-2

1. NUTRICIÓN ANIMAL. 2. RAÍCES (BOTÁNICA)
3. TUBÉRCULOS. I. WingChing-Jones, Rodolfo, editor.

CIP/2634
CC/SIBDI, UCR

Contenido

Presentación	9
Introducción	11
Capítulo I. Uso del camote (<i>Ipomoea batata</i>) en la alimentación animal Ericka Elizondo Villalobos, Gustavo Ruíz Sánchez y Rodolfo WingChing-Jones	17
Capítulo II Uso de la malanga (<i>Colocasia esculenta</i>) en la alimentación animal Rolando Chávez Rojas, Paola Rodríguez Weber y Rodolfo WingChing-Jones	37
Capítulo III Uso de la papa (<i>Solanum tuberosum</i>) en la alimentación animal John M. León Arce, Daniel Burgos Castro y Rodolfo WingChing-Jones	57
Capítulo IV Uso del tiquisque (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>) en la alimentación animal Mariana Zeledón Charpentier, Adrián González Meza y Rodolfo WingChing-Jones	91
Capítulo V Uso de ñampi (<i>Dioscorea trifida</i>) y ñame (<i>Dioscorea spp.</i>) en la alimentación animal Solangie Gamboa Retana, Luis Zamora Cerdas y Rodolfo WingChing-Jones	107
Capítulo VI Uso de la yuca (<i>Manihot esculenta</i>) en la alimentación animal Melissa Alvarado Solano, Andrea Gutiérrez Murillo, Marcel Quesada Arias y Rodolfo WingChing-Jones	127
Capítulo VII Uso de la zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) en alimentación animal Joyce Carazo-Chanto, Luis Alejandro Rodríguez-Campos y Rodolfo WingChing-Jones	163

Presentación

Los cultivos tropicales y sus desechos agrícolas han sido utilizados en la alimentación animal no solo como una alternativa nutricional sino también con la finalidad de reducir la dependencia de insumos importados permitiendo así el desarrollo de sistemas productivos menos vulnerables económicamente y el reducir el impacto ambiental de estos desechos al transformarlos en productos para el consumo humano. Este manual ofrece una guía importante tanto para estudiantes, técnicos, extensionistas y productores sobre las estimaciones de productividad de los cultivos, aportes nutricionales, las experiencias de uso y limitaciones como ingrediente en la alimentación animal.

M.Sc. Augusto Rojas Bourrillón

Director

Centro de investigación en Nutrición Animal

Marzo 2014

INTRODUCCIÓN

Según la Secretaria Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria SEPSA (2010), para el año 2010, Costa Rica presentó un área de producción de 16.523 ha para la siembra de raíces y tubérculos, en donde el 61,13% corresponde a área cultivada para la yuca; 12,90% en el cultivo del ñame; 8,79% para la producción de tiquizque; 1,63% para la siembra de ñampí; 0,75% para camote; 1,27% para malanga y de 13,51% para la siembra de la papa. Adicional, a su extensión de siembra, presentan una productividad para ese mismo año, expresada en toneladas métricas por hectárea, de 130.150, 29.580, 14.493, 5.701, 630, 1.113 y 64.800 respectivamente. En los cuadros 1 y 2, se describe el volumen de producción y el área sembrada, entre los años 2008 al 2011, de raíces tropicales sembradas en Costa Rica. Como todo cultivo agrícola, en el proceso de industrialización, estos productos, sufren una selección para cumplir los estándares de calidad, situación que provoca un rechazo a nivel de planta de procesamiento. Además a esta situación, posterior a la cosecha, se produce un rastrojo a nivel de campo que según el manejo que se le aplique, puede ser incorporado al suelo como materia orgánica, ser inóculo de enfermedades del cultivo o ser recolectado para la alimentación de rumiantes.

Los animales rumiantes a tener la capacidad de transformar materiales con alto contenido de fibra, en productos de alto valor biológico como lo es la leche y la carne, proceso que se favorece por su sistema digestivo (Rojas 1995), permite hacer uso de este material (rastrojo) a nivel de campo, previo a su análisis bromatológico respectivo, el cual permite conocer sus limitaciones (López et al. 2009). Además, las raíces y tubérculos, presentan una concentración de carbohidratos alta, que pueden servir para la formulación en dietas para animales monogástricos y rumiantes, previo a su

caracterización nutricional. Uno de los inconvenientes que se debe de considerar, es el costo de deshidratar estos productos debido a su alto contenido de humedad, lo cual podría limitar su uso (Mata 2011).

Cuadro 1. Producción de raíces tropicales en Costa Rica para los años 2008, 2009, 2010 y 2011 (Toneladas métricas)

Raíces tropicales	2008	2009	2010	2011
Yuca	93.007	178.927	130.150	195.100
Ñame	25.242	283.674	29.580	29.580
Tiquisque	15.506	15.850	14.493	15.428
Ñampí	4.508	5.639	5.701	5.493
Yampí	947	2.903	2.340	2.858
Malanga	2.716	845	1.113	2.100
Jengibre	960	1.499	1.690	1.703
Camote	748	479	630	971

Adaptado de SEPSA (2012)

Cuadro 2. Área sembrada de raíces tropicales en Costa Rica para los años 2008, 2009, 2010 y 2011 (Hectáreas)

Raíces tropicales	2008	2009	2010	2011
Yuca	7.771	15.248	10.100	11.800
Ñame	1.896	2.012	2.132	2.132
Tiquisque	1.653	1.748	1.453	1.626
Ñampí	515	651	607	579
Yampí	130	349	270	264
Jengibre	66	110	127	124
Camote	129	95	125	125
Malanga	263	160	210	210

Adaptado de SEPSA (2012)

Al analizar la dependencia de los sistemas pecuarios, por el uso de los alimentos balanceados, se nota, que en sistemas de producción pecuaria, este rubro puede alcanzar hasta el 55% de los costos (González 2010) y que en sistemas de producción de aves, este rubro puede fluctuar entre el 70 al 80% (Zamora 2012), se valora una alta sensibilidad al precio de este insumo, por efectos de políticas internacionales (oferta y demanda) y a los efectos indirectos que presenta la fluctuación de los precios de los combustibles fósiles, sobre todas las actividades que requieren de los subproductos del petróleo como generador de energía. Por tal motivo, se pretende hacer un resumen de los estudios realizados bajo condiciones tropicales para las principales raíces y tubérculos sembrados en Costa Rica, como primer paso, para la valoración de alternativas de sustitución de materias primas en la formulación de alimentos balanceados.

Para tal fin se generó una revisión de literatura sobre la yuca (*Manihot esculenta*) con 63 trabajos, la papa (*Solanum tuberosum*) con 46, en el caso de la zanahoria (*Daucus carota*) con 29, para la malanga (*Malanga coco*) se obtuvo 20 trabajos, en el caso del camote (*Ipomoea batata*) se usaron 33 trabajos, para el yampí (*Dioscorea trifida*) y el ñame (*Dioscorea spp*) se agruparon 26 trabajos y para el tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*) se recopilaron 17 trabajos. Para tal fin, se usaron bases de datos como Science Direct®, Redalyc®, Springer® y Google académico, entre otras. Se selecciono en el mayor de los casos, trabajos de investigación publicados en revistas científicas, que presentaron como objetivo principal, la descripción bromatológica de los subproductos de los cultivos descritos en el apartado de raíces y tubérculos. Como también, todos los trabajos que utilizaron los subproductos de estos cultivos, en alimentación de animales de interés zootécnico. A nivel de metodologías, se utilizaron los trabajos que presentaron similitud en la metodología, para el análisis de la calidad nutricional de los subproductos, para así evitar problemas de sobre o subestimación de los nutrimentos.

Literatura citada

González J. 2010. Situación actual, desafíos y oportunidades de la lechería en Costa Rica. Visión de la Cámara Nacional de Productores de Leche. Congreso Nacional Lechero. Presentación de diapositivas. 51 p.

López M., WingChing-Jones R., Rojas A. 2009. Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). Agronomía Costarricense 33(1): 1 - 15.

Mata L. 2011. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. SIEDIN-UCR. San José Costa Rica, 132 p.

Rojas A. 1995. Conceptos básicos en nutrición de rumiantes. Escuela de Zootecnia-Universidad de Costa Rica. 178 p.

SEPSA 2012. Boletín Agropecuario N° 22. Serie Cronológica. 2008-2011. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. MAG. Costa Rica, 208p.

Zamora R. 2012. Comunicación Personal. Área de Avicultura. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica.

Cuadro 3. Distribución por país del origen de los trabajos analizados, según el tipo de raíz o tubérculo

País	Raíz o tubérculo						
	Camote	Malanga	Papa	Tiquisque	Ñampi y Ñame	Yuca	Zanahoria
Alemania							1
Argentina			2	1			
Australia		1					
Bolivia			2				
Brasil	2		4	1		11	2
Cambodia		2					
Camerún		1					
Canadá			1			1	1
Chile			1				
Colombia	1		11	3	2	6	
Costa Rica	7	2	5	1	7	3	
Cuba	3			1		3	
Dinamarca							2
Ecuador			3				
Egipto							1
España			3				
Estados Unidos			8		1	1	9
Etiopia							1
Francia		1				2	2
Ghana					2		
Guatemala	1		1				
Holanda		1	1				
Honduras	2						
India					1		1
Indonesia						1	
Inglaterra							1
Israel						1	
Italia			1		2		1
Jamaica					1		
Japón						1	1
Kenia		1					
Letonia							1
México	1		1			1	1
Nepal					4		
Nigeria		5		4	4	8	1
Nueva Guinea		1					
Pakistan				1			
Perú	4		1			1	
Polonia							1
Sudáfrica		1					
Suecia	1						2
Suiza		1					
Tailandia	1					6	
Taiwán						1	
Trinidad y Tobago		1					
Uganda				1			
Venezuela	9		1	2	2	8	
Vietnam	1	2		2		8	

CAPÍTULO I

USO DEL CAMOTE (*Ipomoea batata*) EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Ericka Elizondo Villalobos¹, Gustavo Ruíz Sanchez¹ y Rodolfo WingChing-Jones¹

Introducción

La demanda de alimentos por la sociedad presenta un reto para el sector pecuario, el cual radica en el incremento de la productividad, lo que conlleva a los productores a ser más competitivos, para lo cual se requiere el uso de herramientas que les permita mantener su negocio rentable y eficiente (González et al. 2011). En los últimos años, se plantea el cambio en el uso de alimentos convencionales en sistemas de producción pecuaria, esto debido a la baja producción de granos y cereales en esta zona (González et al. 2011). Para solucionar estos problemas se buscan nuevas estrategias alimenticias, que hacen uso en una forma más amplia y con mayor eficiencia, de diferentes productos de mayor disponibilidad y menor costo, que podrían desempeñar un papel importante como sustitutos de los granos, lo que genera una constante investigación en el área como es el caso de las raíces y tubérculos (González et al. 2011).

Como lo señala Medaglia (2012), las raíces y tubérculos son cultivados en climas tropicales. En Costa Rica existen cinco regiones productoras, la región Huetar Norte (San Carlos y Sarapiquí), la región Huetar Atlántica (Pococí, Guácimo, Siquirres), la región Brunca (Buenos Aires, Pérez Zeledón, Osa, Corredores, Golfito y San Vito), la región Central Sur y la región Chorotega, según información del Ministerio de

¹ Curso AZ-4100. Práctica Laboral y Profesional I. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica 2013. Correos electrónicos. erickaelizondov@outlook.es, gustavoruiz.sanchez@gmail.com y rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

Agricultura y Ganadería (Monge 2012), donde las zonas de San Ramón, San Carlos y los Chiles presentan condiciones agroecológicas idóneas para la siembra del camote (*Ipomoea batata*).

El camote es un cultivo de gran producción en las regiones templadas calientes y tropicales, se clasifica como uno de importancia alimenticia, sin embargo es uno de los más subutilizados a nivel mundial. Se caracteriza por tener un alto contenido de azúcares, almidón, betacarotenos y vitaminas, por lo que posee gran valor comercial, se adapta a cualquier tipo de suelo, requiere de pocos cuidados en materia agronómica, lo que implica un bajo costo de producción en comparación con otros cultivos (Valverde y Moreira 2004). No obstante, en el grupo de raíces y tubérculos la producción de camote es la más baja a nivel mundial, sin embargo la tendencia presentó un aumento en los últimos cinco años, al pasar de 748 toneladas métricas en el 2008 a 971 en el 2011, según el MAG (Monge 2012), debido a su adaptabilidad, versatilidad, sus escasas exigencias, por sus pocos problemas de cultivo y por la posibilidad de dar buenos rendimientos en terrenos de mediana calidad o poco preparados (Casaca 2005).

Es por esta razón, como lo indica el Centro Internacional de la Papa (2010), el camote se usa para el consumo humano y además es una fuente saludable y barata de alimento para animales, lo que concuerda con lo indicado por Ospina et al. (2003), quienes además agregan que se puede convertir en una materia prima para las industrias procesadoras de alimentos balanceados para animales, por ser un producto de alto valor energético en los tubérculos y de alto valor proteico en el follaje.

Características generales del cultivo

Como lo indica Roquel (2008), la clasificación taxonómica del camote corresponde a:

Clase: Dicotyledonea

Orden: Tubifloras

Familia: Convolvulaceae

Género: Ipomoea

Especie: batata

El camote se caracteriza por ser una planta de tallos rastreros, tiene raíces reservantes de color amarillo, blanco o anaranjado que constituyen una excelente fuente de carbohidratos. En los diferentes países e idiomas el camote es conocido con las siguientes denominaciones: batata (Venezuela, Argentina, Puerto Rico); camote (Perú, Ecuador, Chile, México, Bolivia, Panamá y Centroamérica); moniato (Cuba y Uruguay); batata doce (Brasil); patata douce (francés); patata dolce (italiano); sweet potato (inglés) (Espinola 1992). La raíz es considerada como un alimento energético debido a su alto contenido de carbohidratos entre los cuales el almidón, presenta una alta digestibilidad si se somete a cocción. Con el calor el almidón se descompone en azúcares, lo que genera un sabor dulce que mejora la palatabilidad (Matute et al. 2003).

De acuerdo con Ojeda et al. (2010), el camote es un cultivo multipropósito, ya que además de la utilización de la raíz (seca o deshidratada), también se utiliza la parte vegetativa como ingrediente en la dieta de los animales. Por otra parte, Opeña y Sun (1988) indican que las partes verdes del camote como las hojas, tallos y peciolo tienen un alto valor nutricional, altas concentraciones de vitaminas A y B₂. Puede tolerar ambientes adversos y soportar el ataque de enfermedades y plagas mejor que otros cultivos.

Para Costa Rica, el ciclo productivo promedio obtenido con los datos del censo, es de 104 días (3,4 meses), con un rendimiento promedio estimado de 10.628 kilogramos por ha, equivalente a 224 quintales (MAG 2006). Según datos informados por la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA 2012), el área dedicada al cultivo de camote para el año 2011 fue de 125 ha, área similar a años anteriores, con una producción aproximada a las 971 toneladas métricas anuales para el 2011, con una variación de 54,1 toneladas métricas con respecto al 2010.

El rechazo en planta de cosecha

Como lo indican Valverde y Moreira (2004) uno de los factores que ocasiona una reducción progresiva en el rendimiento del cultivo del camote y que afecta la producción

del mismo en cuanto a calidad en el producto final, son los virus, lo que conlleva la utilización de parte de la producción afectada en la alimentación animal.

Por su parte Domínguez (1992), señala que el camote es cultivado en los países tropicales de América Latina y el Caribe para el consumo humano, mientras que su follaje siempre se considera un residuo, el cual muestra una alternativa de uso en la producción animal. Del mismo modo, Díaz et al. (2009) menciona que posterior al proceso de cosecha, el camote sufre un proceso de lavado y selección, donde se clasifica en base a tres parámetros: rendimiento comercial según el tamaño (XXL, XL, L, Medium y Small), descarte por daño mecánico durante la cosecha y descarte producido por plagas durante su desarrollo (nematodos, hongos, gusanos, bacterias, entre otros).

Composición nutricional

De acuerdo con Domínguez (1992), el camote aparte de ser una fuente energética, también es una fuente importante de vitamina A, niacina, riboflavina y vitamina C, así como elementos minerales y aminoácidos (Navas et al. 1999). En el cuadro 1, se describe el contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), cenizas (Ce) y extracto libre de nitrógeno (ELN) en la raíz fresca, el follaje y la harina de camote. Estos valores en la raíz son bajos en comparación con los informados en el follaje y la harina. Por su parte Domínguez (1992) indica que el contenido de carbohidratos es alto en la raíz, por lo tanto tiene un potencial como fuente de energía, lo que concuerda con lo mencionado por Acuero et al. (1991).

Según lo descrito en el cuadro 1, el contenido de PC en el follaje supera en 2,88 veces el contenido de la raíz, relación que se invierte al analizar el contenido de extracto libre de nitrógeno, la cuál es de 1,81. Otro aspecto del follaje de camote, es que en animales rumiantes, podría estimular un consumo de materia seca de 2,93% del peso vivo del animal, según ecuación que relaciona el contenido de FDN y el consumo de alimento ($\text{Consumo} = 120/\text{FDN}\%$).

Otra alternativa de uso de la raíz de camote es en forma de harina, obtenida mediante procesos de deshidratación y molienda (Navas et al. 1999). Por su parte Acuero et al. (1991), indican que para la harina de camote se tienen datos de: materia seca digestible

de 82,4%, proteína digestible de 3,8%, fibra digestible de 1,7%, extracto no nitrogenado digestible de 65,9% y de EE digestible 0,6%.

Cuadro 1. Composición nutricional de la raíz, follaje y harina de camote (*Ipomoea batata*)

*PC (%)	EE (%)	FC (%)	Ce (%)	ELN (%)	FDN (%)	FAD (%)	Ca (%)	P (%)	Al (%)	At (%)	Ar (%)	Energía Kcal/g	Fuente
Raíz de camote fresca													
3,0	0,7	2,9	1,6	91,8	-	-	-	-	-	-	-	-	Matute et al. (2003)
3,3	0,6	4,6	2,5	88,9	-	-	-	-	-	-	-	-	Ortega y Marciano (2004)
5,4	0,6	-	4,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Domínguez (1992)
6,4	-	4,8	5,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Domínguez et al. (2012)
5,8	0,7	3,4	3,8	84,4	-	-	-	-	-	-	-	-	Ly (2009)
Follaje de camote													
16,5	3,2	19,4	12,5	48,7	-	-	-	-	-	-	-	-	Ortega y Marciano (2004)
10,3	3,1	26,8	18,9	-	53,0	42,9	-	-	-	-	-	-	Nieves et al. (2008)
16,0	-	-	-	-	30,1	-	-	-	-	-	-	-	Villareal et al. (2009)
18,5	-	21,1	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Domínguez et al. 2012
11,8	3,6	-	15,5	-	39,7	-	1,5	0,6	-	-	-	-	Ojeda et al. (2010)
9,4	4,5	-	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bezerra et al. (2005)
Harina de camote													
8,3	1,1	-	3,2	-	-	-	-	-	30,7	40	9,6	-	Navas et al. (1999)
4,9	1,2	2,1	5,9	79,5	-	-	-	-	-	-	-	-	Ly (2009)
6,5	1,1	4,0	5,0	73,4	-	-	-	-	-	-	-	3.709	Acuero et al. (1991)
Ensilaje de camote													
3,9	1,3	3,1	3,2	88,6	-	-	-	-	-	-	-	-	Ly (2009)

*PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo; FC: Fibra cruda, Ce: Cenizas, FDN: Fibra detergente neutro, FAD: Fibra ácida detergente, Al: almidón, At: azúcares totales, Ar: azúcares reductores, Ca: calcio, P: fósforo

Un aspecto importante con respecto a la composición nutricional del camote y sus subproductos es la digestibilidad que los nutrimentos presentan, utilizada para establecer los niveles de inclusión en la dieta de cerdos (Acuero et al. 1991). En el cuadro 2, se muestran valores descritos por Domínguez (1992) para la digestibilidad en los distintos subproductos del camote. En el cuadro 3, se muestra el perfil de aminoácidos que contienen el follaje seco y en el ensilaje de camote, obtenidos en un estudio realizado con ratas de laboratorio, en donde se observan valores similares en

ambos productos ofrecidos, ya que las variantes en los aminoácidos no sobrepasan la unidad en ninguno de los analizados.

Cuadro 2. Porcentajes de digestibilidad de cinco nutrimentos de diferentes productos de camote (*Ipomoea batata*)

Nutrimento*	Raíz Cruda	Raíz cocida	Ensilaje	Hojuelas
Materia seca (%)	92,8	93,5	91,0	-
Energía (Mcal/kg)	91,7	93,0	89,0	89,3
Materia orgánica (%)	94,1	94,5	91,0	91,8
Nitrógeno (%)	38,7	52,8	32,0	52,3
Energía digestible (MJ/kg MS)	14,9	14,5	16,3	15,3

*4,18 kj=1 kcal, N%X6,25 =%PC

Adaptado de Domínguez (1992)

Cuadro 3. Composición química, de aminoácidos esenciales y no esenciales contenidos en la biomasa del follaje seco y ensilado del camote (*Ipomoea batata*)

Composición química	Follaje de camote (%MS)	
	Secado al sol	Ensilado
Materia orgánica	89,9	86,6
Proteína cruda	20,6	20,1
Extracto etéreo	2,5	3,3
Fibra detergente neutra	28,4	29,2
Arginina	6,0	5,9
Histidina	2,0	2,2
Isoleucina	4,2	4,2
Leucina	8,2	8,0
Lisina	4,8	4,9
Metionina	1,4	1,2
Fenilalanina	5,7	5,6
Treonina	4,4	4,2
Tirosina	5,4	5,5
Valina	46,2	45,5
Alanina	5,6	6,4
Ácido aspártico	9,4	9,3
Ácido glutámico	10,0	9,3

Adaptado de Huy Nhu Phuc et al. (2001)

En el cuadro 4, se muestran valores de ácidos orgánicos obtenidos en el ensilaje de camote, en donde se compara con los valores ideales para un buen ensilaje. Se puede observar que los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos descritos para un ensilaje de buena calidad, por lo que se podría indicar que el camote se puede conservar por medio de esta técnica.

Cuadro 4. Contenido de ácidos orgánicos, amoníaco y pH en el ensilaje de follaje de camote y valores ideales de un ensilaje

Ácidos orgánicos	Ensilaje de camote (%MS)	Valores ideales de un ensilaje (%MS)
Ácido succínico	0,6	-
Ácido láctico	9,6	5-10%
Ácido acético	1,0	<1,8 óptimo,>6,0 pésimo
Ácido propiónico	-	-
Ácido butírico	0	<0,1 óptimo , >2,0 pésimo
Etanol	5,3	-
Amoníaco	4,2	<7,0 óptimo, >20,0 pésimo
pH	4,0	3,9-4,2

Modificado de Tobia (2000) y adaptado de Huy Nhu Phuc et al. (2001)

Usos del camote en la alimentación animal

En la actualidad, el camote no desempeña un papel importante en la alimentación animal en América Latina, esta situación se contrasta con la de Asia del Este donde la alimentación animal figura como una de las prioridades para la utilización de este cultivo (FONTAGRO 2000). Para explotar el potencial del camote en la alimentación animal se necesitan variedades de doble propósito, que se caractericen por la alta producción de follaje y adecuada producción de raíces (FONTAGRO 2000).

Ganado bovino

Según Espinola (1992), los bovinos pueden alimentarse tanto con la raíz del camote como con el follaje, este último, se considera un forraje excelente para las vacas lecheras. En un estudio realizado en Perú, se demostró que el 70% del follaje de camote que es producido, se comercializa para la alimentación animal (Espinola 1992). Por su parte Phesatcha y Wanapat (2012), destacan el valor del camote con respecto al alto rendimiento, palatabilidad, digestibilidad que favorece el consumo en los rumiantes. En el cuadro 5, se resumen los resultados de un estudio realizado por Phesatcha y Wanapat (2013), en donde se alimentó vacas lecheras con follaje de camote y diferentes niveles de urea.

Cuadro 5. Respuesta a la suplementación con follaje de camote y diferentes niveles de urea de vacas productoras de leche

Sistema	Dieta ofrecida	Observaciones
Vacas lecheras	Paja de arroz y follaje de camote peletizado (300 g/día).	Grupo control, sin suplementación de urea
Vacas lecheras	Paja de arroz, follaje de camote peletizado (300 g/día) y 50 g/kg de urea	No afectó el consumo de alimento, pH ruminal ni la urea nitrogenada en sangre ($p > 0,05$). El N amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) y la producción de leche fueron significativamente mayor ($p < 0,05$) que en los animales sin suplementación de urea
Vacas lecheras	Paja de arroz, follaje de camote peletizado (300 g/día) y 100 g/kg de urea	Se observó la mayor digestibilidad aparente de la materia orgánica, de la proteína cruda y fibra detergente neutra. El N amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) y la producción de leche fueron significativamente mayor ($p < 0,05$) que en los animales con suplementación de urea de 50 g/kg

Fuente: Phesatcha y Wanapat (2013)

El estudio realizado por Phesatcha y Wanapat (2013), concluye en que al realizar las suplementaciones descritas (Cuadro 5), se observa una mejoría significativa en digestibilidad aparente, fermentación ruminal y la producción de leche en vacas alimentadas con paja de arroz tratada con urea.

Porcinos

La producción industrial de cerdos se caracteriza por ser intensiva, con un uso eficiente de capital y tecnología, en Costa Rica, la base de la alimentación en esta especie es el maíz y la soya, estas materias primas son importadas (Pérez 2011), por lo que para minimizar la dependencia de estos, se investiga sobre el uso de alternativas tropicales para la sustitución de estos granos, como es el caso del uso del camote. En el cuadro 6, se muestran estudios realizados, en donde se utiliza la raíz o el follaje del camote en la alimentación porcina, como sustituto del maíz o ingrediente de la dieta y se pueden observar las diferencias encontradas según el nivel de inclusión y la etapa productiva con la que se trabaja.

Con respecto a lo expuesto en el cuadro 6 por Domínguez et al. (2012), se puede observar que con la inclusión de follaje fresco de camote se disminuyó la digestibilidad de los otros nutrientes, esto se podría asociar al incremento en el contenido de fibra en la dieta, ya que a medida que se incorporaba más follaje, se disminuye la digestibilidad ileal de nutrientes, lo cual concuerda con lo expuesto por Du Thanh et al. (2009). Por su parte Díaz et al. (2012), realizaron un estudio para determinar la digestibilidad de nutrientes en cerdos alimentados con harina de follaje de camote, en dicho experimento se observó que a medida que se aumentaba la inclusión de este follaje en la dieta, la digestibilidad aumentaba. Estudios realizados por Domínguez (1992), indican que se puede sustituir hasta 50% del maíz por camote al utilizar esta mezcla en niveles cercanos al 40% de la dieta total y como resultado se obtiene una ganancia de peso en los cerdos y una conversión alimenticia aceptable, en comparación con las dietas convencionales. Mientras que, cuando el camote es cocido, podría reemplazar en su totalidad al maíz en las dietas de engorde de cerdos siempre que se utilice el suplemento proteico adecuado.

En estudios realizados en Cuba, se llegó a la conclusión de que la raíz deshidratada puede sustituir hasta el 50% del maíz en las dietas de los cerdos con resultados satisfactorios; el uso de la pulpa cocida del camote puede sustituir con buenos resultados todo el maíz en la dieta de los cerdos cuando se utiliza un suplemento proteico adecuado. Por otra parte, el bejuco fresco es muy apetitoso para los cerdos y

puede ser una fuente económica de proteína en la dieta. El camote como cultivo integral, permite utilizar la raíz y el bejuco, puede competir y superar el aporte de nutrimentos que hace el maíz como alimento para los cerdos (Domínguez 1992).

Cuadro 6. Uso del camote en la alimentación de cerdos en diferentes etapas de producción, como sustituto de maíz o ingrediente en la dieta

Etapa de producción	Producto ofrecido	Nivel de inclusión en dieta	Observaciones	Fuente
Engorde	Raíz fresca	60 y 75% del maíz	$p > 0,05$ en la ganancia de peso diaria, rendimiento de canal y peso a cosecha	Espinola (1992)
Engorde	Harina de raíz de camote	50%	No se afectaron las variables productivas de los animales en comparación con los que consumían la dieta convencional a base de maíz y soya	Tepper et al. (2012)
Lactancia	Follaje de camote	2 kg de alimento balanceado	Aumento de 0,5 kg en el peso promedio de las crías al destete	González et al. (2011)
Engorde (70-80 kg)	Follaje de camote	2 kg de alimento balanceado	No se observaron diferencias significativas en los indicadores productivos	
Machos castrados (36 kg)	Tubérculo cocido	72,8% del total de la dieta	La digestibilidad del N y de la energía disminuyó de 89,5 y 93,6% en la dieta control (azúcar/soya) a 76,6% y 89,2% respectivamente en la dieta evaluada (camote/soya)	Domínguez et al. (2012)
Machos castrados (36 kg)	Tubérculo cocido y follaje de camote	65,8% y 10% respectivamente	Presentó los valores más bajos en la digestibilidad del N y de la energía (73,3, 85,6% respectivamente)	
Cerdos 60 kg	Follaje de camote	30%	Se obtiene una menor digestibilidad aparente de materia orgánica y PC al usar follaje de camote. La digestibilidad aparente de la FC en el total del tracto digestivo estuvo entre 44 y 51%, y no presentó diferencia entre las dietas	Du Thanh et al. (2009)
Gestación y lactancia (Mong Cai y Yorkshire)	Se sustituyó la mezcla de follaje (espinaca + hojas de yuca y camote) por harina de soya	50%	El consumo de MS y de nutrimentos no se vio afectado	Hoanhg Nghia Duyet et al. (2010)
		100%	El peso vivo de los lechones y el peso total en vivo de la camada al nacer fue menor ($p < 0,05$). En lactancia el consumo de alimento para la producción de 1 kg de lechones al destete fue mayor que en la dieta de 50%. Las pérdidas de peso total en vivo de la camada durante el período de lactancia, y el intervalo destete servicio, fueron mayores	

Por su parte, Hoanhg Nghia Duyet et al. (2010), concluyen que el nivel óptimo de sustitución de harina de soya por una mezcla de follajes en la preñez y las dietas de animales lactantes es de 50% y se hace la diferencia entre las cerdas Yorkshire y Mong Cai, donde estas últimas, parecen estar mejor adaptados a altos niveles de follajes en la dieta.

Avícola

Al igual que los cerdos, la producción avícola en el trópico presenta una gran dependencia de los granos para la elaboración de alimentos balanceados, por lo que también plantea la necesidad de evaluar la sustitución parcial o total de estos productos por cultivos como el camote y sus derivados (González et al. 1997). En el cuadro 7, se resumen las experiencias obtenidas por Espinola (1992) y González et al. (1997), donde sustituye el maíz por harina de camote en pollos de engorde y gallinas ponedoras, donde varió los niveles de inclusión en los pollos de engorde y analizó dos sistemas de alojamiento diferentes en gallinas ponedoras.

Cuadro 7. Evaluación de la sustitución de maíz por harina de camote en la dieta de pollos de engorde y gallinas ponedoras

Sistema productivo	Nivel de sustitución de harina de camote por harina de maíz	Observaciones	Fuente
Pollos de engorde	≤25%	No hay reducción del crecimiento ni conversión alimenticia	Espinola (1992)
Pollos de engorde	32%	Disminución no significativa en el crecimiento	
Gallinas ponedoras en jaula	20%	El peso promedio del huevo aumento en 0,8 g	
Gallinas ponedoras en piso	20%	El peso promedio del huevo disminuyó en 0,8g	
Pollos de engorde	<75%	No se afecta el consumo de alimento, la conversión alimenticia y la ganancia de peso. Si afecta conforme se incrementaba la sustitución, no se vieron diferencias en el rendimiento de la canal	González et al. (1997)

De acuerdo a lo expuesto por Espinola (1992), se observa que conforme aumentan los niveles de inclusión de harina de camote como sustituto de harina de maíz hasta un máximo de 30%, no hay cambios significativos en la ganancia de peso. Según datos señalados por Gonzales et al. (1997), con respecto a la respuesta de consumo de alimento en las fases de iniciación y finalización se indica que la incorporación de harina de camote no tiene efectos negativos y se puede inferir la aceptabilidad en la alimentación de pollos de engorde. La sustitución energética de harina de raíz de camote por harina de maíz no afectó el consumo de alimento en los diferentes niveles evaluados; sin embargo, las ganancias de peso y la conversión alimenticia se afectaron en la medida que se incrementaron los niveles de sustitución en las dietas.

Conejos

De acuerdo con Nieves et al. (2008), los conejos necesitan altas porciones de fibra en su dieta, ya que con esta regulan la tasa de pasaje a través del tracto gastrointestinal y propician una adecuada digestión. En el trópico, las materias primas para conejos son escasas y algo costosas, por lo tanto el estudio de las alternativas de alimentación para estos animales está en aumento, ya que se presenta un crecimiento significativo en la producción de esta especie (Nieves et al. 2008). Por su parte Espinola (1992), menciona un estudio realizado en Venezuela en donde se utilizó el follaje de camote como sustituto de 20% del alimento balanceado en una dieta de conejos. Al realizar dicha sustitución no se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso no obstante se recalca la disminución en los costos de producción al incluir este nuevo producto en la dieta de estos animales.

Caninos

La experiencia en alimentación de perros, describe que al incrementar camote en la ración aumenta la digestibilidad de la materia seca del alimento comercial evaluado (Matute et al. 2003). En dichos estudios se indica que la digestibilidad de la materia seca del camote es superior al 80%, pero la digestibilidad del extracto etéreo y del componente proteico son bajas (24% y 17% respectivamente), por lo tanto no se

recomienda utilizar camote como alimento único en la dieta de perros (Matute et al. 2003).

Animales de laboratorio

En el cuadro 8, se muestran los resultados de un estudio realizado por Huy Nhu Phuc et al. (2001), en donde evaluaron la inclusión de follaje de camote secado al sol y ensilaje del mismo en la dieta de ratones de laboratorio, donde describen resultados variados según el material utilizado y el nivel de inclusión.

Cuadro 8. Inclusión de follaje de camote (*Ipomoea batata*) seco y ensilado en la dieta de ratones de laboratorio

Sistema	Producto ofrecido	Nivel de inclusión en dieta	Observaciones
Ratón de laboratorio	Follaje de camote secado al sol	25%	Se obtuvo menor ganancia que las ratas alimentadas sin follaje
		50%	Menor digestibilidad de la proteína que en dieta con 25% de inclusión
Ratón de laboratorio	Ensilaje de follaje de camote	25%	La digestibilidad de la materia orgánica y la de la PC de las dietas no se afectó significativamente
		50%	Menor consumo de alimento que el grupo con 25% de ensilaje Las ganancias de peso fueron más bajas para los que consumieron ensilados

Fuente: Huy Nhu Phuc et al. (2001)

Cuidados de la utilización del camote (*Ipomoea batata*) en la alimentación animal.

De acuerdo con lo mencionado por Opeña y Sun (1988), una de las limitantes de incluir camote en las formulas de alimentos es su escasa digestibilidad de la proteína. El inhibidor de tripsina, un factor anti-nutricional, se asocia con la digestibilidad de la proteína. Análisis de la actividad de inhibidor de tripsina, mostraron que se correlaciona de forma positiva con el contenido de proteína de la raíz del camote. Sin embargo, se evalúan cultivares y accesiones que presentan menor actividad del inhibidor de tripsina y mejores propiedades de la digestibilidad del almidón, lo que concuerda con lo citado

por Domínguez (1992), quien además agrega que en el follaje no se presenta tanto el efecto de los factores antitripsicos como en las raíces crudas, debido a que no contiene una cantidad tan elevada de los mismos. No obstante indica que estos factores pueden ser eliminados o reducir su efecto mediante el calentamiento o cocimiento, que modifica el tamaño de la molécula de almidón, ya que la mayor parte del mismo se convierte en maltasa y dextrinas, carbohidratos de fácil digestión y reduce el nivel de factores antitripsicos. Del mismo modo, Ly (2009) señala que los factores de inhibición de tripsina corresponden a una función vegetal y son de naturaleza proteica, debido a esto se utilizan técnicas que consisten en tratamientos térmicos del camote (Cuadro 9). Dichas técnicas contemplan desde el secado del camote al sol, hasta el uso de vapor y presión.

Cuadro 9. Resultados de tratamientos térmicos para la reducción de la actividad inhibitoria de tripsina en la raíz de camote.

Tratamiento		
Temperatura (°C)	Tiempo en segundos	RAI (%) ¹
390	60	83,3
430	60	47,7

Fuente: Ly (2009). ¹Reducción de la actividad inhibitoria de tripsina

Los resultados del cuadro 9, concuerdan con lo expuesto por Domínguez et al. (2012), quienes indican que el camote cocido posee un valor nutritivo superior al mismo tubérculo cuando se brinda en forma fresca. También, si se ofrecen mezclas de tubérculos y bejuco de camote a los animales, existe una ventaja si los camotes se incluyen en forma cocinada en la dieta de estos. Asimismo, estudios indican que la propiedad del almidón y la fibra comestible son las principales sustancias que causan flatulencia en cuanto al consumo de camote, características no deseadas, sin embargo se especifica que las técnicas disponibles para cuantificar los factores de flatulencia son inadecuados, lo que precisa más investigación sobre la mejora de las técnicas de ensayo y la naturaleza de los factores de flatulencia (Opeña y Sun 1988).

Un problema común que presenta el camote es la infestación de gorgojos (*Cylas formicarius*), lo que ocasiona una pobre palatabilidad del camote, por lo que se considera como otro factor de calidad no deseable (Opeña y Sun 1988). Ciertos compuestos como los terpenoides y polifenoles son producidos por las raíces de camote como una defensa natural a la infestación del gorgojo. En el caso de los terpenoides estos generan un mal sabor y también son tóxicos para los animales (Opeña y Sun 1988). Incluso concentraciones bajas de terpeno reducen la palatabilidad del camote, por lo tanto, un método de control efectivo de gorgojo en el camote es un requisito previo importante para la buena calidad del mismo, tanto para el consumo humano y animal (Opeña y Sun 1988).

Otras ventajas obtenidas al utilizar camote (*Ipomoea batata*) en la alimentación animal

Nutricionistas en los EE.UU. exploran las posibles propiedades preventivas de cáncer al utilizar algunas variedades del camote. Las antocianinas, que dan cuenta de la pigmentación morada de esta variedad, son antioxidantes y tienen una buena biodisponibilidad, se absorben con facilidad en el tracto digestivo y se transportan al torrente sanguíneo (CIP 2010). El camote es también una fuente valiosa de vitamina B, C y E, y contiene niveles moderados de hierro y zinc. Además, el camote de pulpa anaranjada es una importante fuente de betacaroteno, el precursor de la vitamina A. (CIP 2010)

Conclusiones

El cultivo de camote es de gran importancia alimenticia para consumo humano, sin embargo, con respecto al uso de este como sustituto en la alimentación animal, se maneja poca información. Los sistemas pecuarios dependen de la importación de granos para la elaboración de los alimentos balanceados. Es importante la investigación de alternativas para disminuir la dependencia de estas materias primas y minimizar los costos de producción.

El camote es un cultivo que se puede producir de forma adecuada en las condiciones tropicales, adaptable a diferentes tipos de suelos y demanda pocos cuidados, siendo este un cultivo de bajo costos de producción, lo que llama la atención para su utilización como una alternativa para la alimentación animal. La raíz de camote se considera una fuente energética por sus altos contenidos de azúcares y almidón, también es rica en betacarotenos y vitaminas, por lo que es utilizado en la alimentación de diferentes especies.

El follaje de camote contiene un alto valor proteico, por lo que se utiliza como sustituto parcial o total de materias primas proteicas como la soya tanto en la alimentación de rumiantes como en monogástricos. El camote es un producto que se aprovecha en su totalidad para alimentación de especies pecuarias. Se puede utilizar la raíz y el follaje, tanto frescos, deshidratados o en forma de harina. Los porcentajes de inclusión son variables según la especie con la que se trabaja, etapa fisiológica y la forma en que se suministra el producto.

Literatura citada

ACUERO G., ALVARADO L., ALVAREZ R., CAPO E., GARBATI S. 1991. Determinación de los coeficientes de digestibilidad in vivo de las harinas de batata y de tuca y del sorgo en cerdos. Revista Zootecnia Tropical 9(2):145-163.

BEZERRA A., MALAFAIA P., MANCINI M., BEZERRA E., VIEIRA A. 2005. Parâmetros cinéticos da degradação *in vitro* de alimentos incubados com inóculo microbiano de diferentes espécies de ruminantes. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 57(4):494-501.

BUI HUY NHU PHUC., LINDBERG J., OGLE B., THOMKE S. 2001. Determination of the nutritive value of tropical products for monogastrics using rats: 2, effects of drying temperature, ensiling and level of inclusion of cassava leaves and sweet potato vines. Asian-Aust. J. Animal. Science., 14 (7): 994-1002

CASACA A. 2005. Guías tecnológicas de frutas y verduras. Cultivo de camote. PROMOSTA. Chile. 13p.

CIP (Centro Internacional de la papa). 2010. Datos y cifras sobre el camote. Lima, Perú.

DIAZ F., PERLA D., RIVERA J. 2009. Evaluación de la reacción y comportamiento agronómico de variedades de caupí, *Vigna unguiculata* (L.), ante el ataque del nematodo agallador, *Meloidogyne* spp., y su efecto posterior en la producción de un cultivo de camote. FHIA. Honduras. 1: 135-145.

DÍAZ I., GONZÁLEZ C., REYES J., DELGADO E., LY J. 2012. Digestión de follaje de batatas (*Ipomoea batata* (L.) Lam) en cerdos. Digestibilidad *in situ* medida con bolsas móviles de nailon. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 46 (3):295-299.

DOMINGUEZ P. 1992. Desarrollo de productos de raíces y tuberculos. Vol II. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 223-233p.

DOMINGUEZ P., REYES J., VICTORES N., GUERRERO J., HERRERA R. 2012. Uso de boniato (*Ipomoea batata* (L.) Lam) en la alimentación porcina. 4. Índices digestivos del bejuco de boniato. Revista computadorizada de producción porcina. 19(3):192-195.

DU THANH H., NGUYEN QUANG L., EVERTS H., BEYNEN A. 2009. Ileal and total tract digestibility in growing pigs fed cassava root meal and rice bran with inclusion of cassava leaves, sweet potato vine, duckweed and stylosanthes foliage. Livestock Research for Rural Development. 21 (12).

ESPINOLA N. 1992. Alimentación animal con batata (*Ipomoea batata*) en Latinoamérica. Revista Interamericana de ciencias agrícolas 42(1): 114-126.

FONTAGRO (Fondo Regional de tecnología agropecuaria). 2000. Desarrollo de productos de camote en América Latina. Estados Unidos. 4p.

GONZALEZ A., ROMERO M., DE BASILIO V. 1997. Utilización de la harina de raíz de batata (*Ipomoea batata* (L.) Lam.) como fuente energética en dietas para pollos de engorde. Archivos latinoamericanos de producción animal 5: 313-315.

GONZÁLEZ C., ROJAS Y., AVILÉS R., RODRÍGUEZ H., JOVA Y., TAMAYO Y., VARONA S. 2011. Aprovechamiento de residuos foliares de boniato (*Ipomoea batata*) en la alimentación porcina. Revista producción animal. 23(1): 3-5.

HOANHNG NGHIA D., TRUONG THI T., NGUYEN DUC S. 2010. Effects on sow reproduction and piglet performance of replacing soybean meal by a mixture of sweet potato leaves, water spinach and fresh cassava foliage in the diets of mong cai and yorkshire sows. Livestock Research for Rural Development 22(3)

LY J. 2009. Boniato o camotes (*Ipomoea batata* Lam I) para alimentación de cerdos. Características en la composición química y de los factores antinutricionales. Revista computarizada de producción porcina. 16(3): 159-171.

MAG. 2006. Informe del Censo de raíces tropicales y plátano. Región Huertar Norte. Costa Rica. 1-56p.

MATUTE L., SAN MARTÍN F., ARBAIZA T., CARCELÉN F. 2003. Digestibilidad del camote y su efecto sobre la digestibilidad de concentrados usados en la alimentación de perros. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 14:15- 17.

MEDAGLIA C. 2012. El mercado de raíces y tubérculos en la Unión Europea. PROCOMER (Promotora del comercio exterior de Costa Rica). Costa Rica. 21p.

MONGE C. 2012. PROCOMER (Promotora de comercio exterior). Dirección de inteligencia comercial. El mercado de raíces y tubérculos en la Unión Europea. 9p

NAVAS P., CARRASQUERO A., MANTILLA J. 1999. Avances en la caracterización química de la harina de batata (*Ipomoea batata*) var. Carolina. Revista de la facultad de agronomía de la Universidad del Zulia. 16: 11-18.

NIEVES D., SCHARGEL I., TERÁN O., GONZÁLEZ C., SILVA L., LY J. 2008. Estudios de procesos digestivos en conejos de engorde alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. Digestibilidad fecal. Revista científica FCV-LUZ. 18(3):271-277.

OJEDA A., MATOS A., CARDOZO R. 2010. Composición química, degradabilidad y producción de gas *in vitro* del follaje de doce cultivares de batata (*Ipomoea batata* Lam). Revista Cubana de Ciencias Agrícolas 44(3): 261-263.

OPEÑA R., SUN P. 1988. AVRDC sweet potato research program. In: Improvement of sweet potato (*Ipomoea batata*) in East Africa, with some references of other tuber and root crops. corps: report of the Workshop on Sweet Potato Improvement in Africa

ORTEGA E., MARCANO J. 2004. Oportunidades de la batata en la alimentación humana y animal. INIA Divulga. 2(1):39-43.

OSPINA P., CADAVID L., ALBAN A. 2003. El cultivo de camote: un aliado de la yuca para la tropicalización de la alimentación avícola en Colombia. Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la investigación y al desarrollo de la yuca (CLAYUCA). Colombia. 9p.

PÉREZ E. 2011. La evolución reciente de la producción de carnes en Costa Rica. ECAG informa. 55: 64-65.

PHESATCHA K., WANAPAT M. 2013. Performance of lactating dairy cows fed a diet based on treated rice straw and supplemented with pelleted sweet potato vines. Tropical Animal Health Production. (2013) 45: 533-538.

ROQUEL M. 2008. Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote (*Ipomoea batata*). Trabajo de graduación por el título de ingeniería química. Universidad de San Carlos de Guatemala. 66p.

SEPSA. 2012. Boletín Estadístico Agropecuario. No 22. San Jose, Costa Rica. 188p.

TEPPER R., GONZÁLEZ C., FIGUEROA R., ARAQUE H., SULBARÁN L. 2012. Efecto de la alimentación con recursos alternativos sobre la cría de cerdos en cama profunda. Avances en investigación agropecuaria 16(2):23-43.

TOBIA C., VARGAS E. 2000. Inóculos bacterianos: una alternativa para mejorar el proceso fermentativo en los ensilajes tropicales. Nutrición Animal Tropical 6(1):129-143.

VALVERDE R., MOREIRA M. 2004. Identificación de virus en el cultivo de camote (*Ipomoea batata* L.) en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana. 15(1): 01-07.

VILLAREAL O., BÁRCENA R., VICCON J., MENDOZA G. 2009. Palatabilidad y composición química de alimentos consumidos en cautiverio por el venado cola blanca de Yucatán (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). Archivos de medicina veterinaria. 41: 123-129.

CAPÍTULO II

USO DE LA MALANGA (*Colocasia esculenta*) EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Rolando Chaves Rojas¹ , Paola Rodríguez Weber¹ y Rodolfo WingChing-Jones¹

Introducción

El creciente aumento por la demanda de alimentación trae como consecuencia de incrementar la capacidad productiva de la industria agrícola del país, a través de una mayor eficiencia en el uso actual de la tierra y una expansión de la frontera agrícola (Vargas et al. 1986). Un cultivo que cumple con las dos posibilidades de aumentar la producción, aparenta ser la malanga (Vargas et al. 1986). La malanga es una planta cultivada por sus cormos (tallos subterráneos, conocidos como tubérculos), que se utilizan en la alimentación humana, animal y para diferentes usos industriales (Pérez 2011). Encontrar fuentes locales capaces de sustituir las materias primas importadas (es decir, maíz, sorgo, trigo) es un reto en el contexto actual de la ganadería tropical (Aboubakar 2008).

Este tubérculo se identifica según la botánica como *Colocasia esculenta* de la familia *Araceae*. En las Filipinas se le conoce por el nombre de Taro, y en los países Cuba, Haití, Nigeria, Vietnam y Camerún se usan los nombres de Coco-yam, Eddo y Dasheen. Así mismo en Costa Rica se le llama o confunde con el tiquizque (Casseres 1980).

La especie *Colocasia esculenta* se utiliza como alimento básico de subsistencia en muchas partes de los trópicos y subtrópicos de África. La producción mundial de éste

¹Curso AZ-4100. Práctica Laboral y Profesional I. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica 2013. Correos electrónicos: roloch-2@hotmail.es; proweb91@gmail.com y rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

tubérculo se estima en 5,5 millones de toneladas al año y representa un tercio de la ingesta de alimentos de más de 400 millones de personas en los trópicos; más de las tres cuartas partes de la producción mundial de malanga proceden de Ghana y Nigeria (África), principales productores del mundo (Sefa-Dedeh y Kofi 2004).

Según Pérez (2011) el rendimiento promedio que se obtuvo en el año 2009 de malanga establecida en el sur de Sinaloa fue de 30,8 TM/ha (densidad de 25 mil plantas por hectárea); cabe destacar que el desarrollo que se alcanzó en el cultivo de malanga en el sur de Sinaloa es similar al de plantaciones comerciales en las principales zonas productoras de Oaxaca, México y Costa Rica (Pérez 2011) y de acuerdo con SEPSA (2012) en el país se obtuvo un área sembrada de malanga de 263, 160, 210 y 210 hectáreas; así como una producción por hectárea de 2.716, 845, 1.113 y 2.100 toneladas métricas durante los años 2008, 2009, 2010 y 2011 respectivamente.

La malanga es una planta que optimiza su producción entre 20 a 30 °C, lo cual indica que es un cultivo que se adapta a climas calientes. El requerimiento de precipitación de lluvia está alrededor de 1.500 a 2.500 mm anuales. Es una planta tropical, por lo tanto requiere de una altura óptima para la siembra entre los 200 a 1.000 msnm y con una humedad relativa del ambiente del 70 al 80% (Salazar 2002).

Además se produce bien en suelos sueltos, arenosos, profundos, de textura media y bien drenada y con baja cantidad de materia orgánica (Safo-kantaka 2004). Como en suelos pesados con alta capacidad de retención de humedad y pH que varía desde 5,5 hasta 6,5. El cultivo de malanga prefiere un suelo drenado, profundo, franco y movedizo; dichos suelos son resistentes, toleran condiciones de inundación y algunas variedades pueden crecer bajo el agua (Safo-kantaka 2004). Así mismo, la capacidad de recrecimiento de la malanga es alta y puede llegar a niveles de 65 y 95% en 40 días según la especie y las condiciones climáticas (Mathia y Fotedar 2012).

Por tal motivo, el objetivo de esta revisión acerca de la malanga (*Colocasia esculenta*), pretende describir la composición nutricional y la respuesta de los animales, cuando es suministrado en la alimentación de rumiantes y monogástricos.

Composición nutricional de la malanga

El principal aporte que presenta la malanga, al igual que con otras raíces y tubérculos en la dieta, es la energía proporcionada por los hidratos de carbono (Mathia y Fotedar 2012). Las hojas de malanga tienen un alto contenido de proteína cruda, calcio, fósforo, hierro, vitamina A, C, B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina) y niacina, que son componentes importantes de las dietas de animales monogástricos (Mathia y Fotedar 2012). También contiene cantidades significativas de fibra dietética que aporta a la dieta de los animales (Lewua et al. 2010).

Otro aspecto a considerar, es el tamaño de su gránulo de almidón, que presenta una digestibilidad del 97%; característica que hace a la malanga un alimento en esencia energético (Aboubakar 2008 y Vargas et al. 1986). A pesar de su importancia nutricional, industrial y de salud, la malanga no se considera un cultivo potencial de estudio, ligado a esta situación, se estima una pérdida del 30% durante el almacenamiento, debido a su alto contenido de humedad (Aboubakar 2008).

En el cuadro 1, se resume la composición nutricional de la malanga según el proceso al cual fue sometida: en fresco, picada, deshidratada, ensilada, como también la totalidad de la planta en estudio, secciones del tubérculo y las hojas. Como se observa en el cuadro 1, la malanga se ofrece a los animales de diferentes maneras; una de ellas es en harina del cormo con cáscara, se encontró que en promedio este material contiene: 29,38% de materia seca; 7,97% de PC; 3,59% de FC; 84,24% de extracto libre de nitrógeno; 0,74% de EE; 4,79% de cenizas y 15,39 MJ/Kg MS. No obstante, Sefa-Dedeh y Kofi (2004) evaluaron la harina de tres distintas partes del cormo de malanga; en este caso se detectaron diferencias significativas entre sí en la composición nutricional: la sección apical cuenta con mayor cantidad de PC, mientras que la parte distal posee más cenizas, fibra y fósforo. Estas variaciones son atribuidas a las variedades, así como también el clima, la estación y los factores agronómicos, según los autores del trabajo consultado.

Cuadro 1. Composición del tubérculo de Malanga (*Colocasia esculenta*) según la forma de ofrecimiento o presentación para la alimentación de animales de interés zootécnico

Malanga	MS *(%)	PC (%)	FC (%)	ELN (%)	EE	Ce	Ca mg/100 g	P mg/100 g	Energía MJ/kgMS *	Referencia
	27,7	6,6	3,3	84,9	0,5	4,8	49	163	-	Vargas et al. (1986)
	-	9,7	-	-	-	-	-	-	-	Ravindran y Sivakanesan (1996)
Harina del cormo con cáscara	31,0	7,9	4,7	80,6	0,7	6,0	-	-	13,5	Abdulraski y Nnabuenyi (2009)
	27,4	5,5	2,7	87,2	1,0	3,6	-	-	17,3	Devendra et al. (1970)
	31,4	10,2	-	-	-	-	-	-	-	Buntha et al. (2008)
Harina de parte distal del cormos	27,9	4,7	2,8	17,8	0,9	1,9	7,1	60,2	-	
Harina de parte media del cormos	40,4	4,3	3,7	30	0,7	1,7	4,7	54,7	-	Sefa-Dedeh y Kofi (2004)
Harina de parte apical del cormos	40,7	2,9	3	32,5	0,6	1,6	5,2	61,5	-	
Harina de Malanga sin cáscara	28,4	5,4	2,7	87,2	0,4	4,3	38	147	-	Vargas et al. (1986)
	32,4	6,4	1,8	88,2	0,3	3,3	-	-	17,2	Devendra et al. (1970)
	10,2	9,3	9,3	75,7	1,6	4,1	-	-	-	Onwuka et al. (1997)
	14,5	4,7	9,3	78,0	1,4	6,6	-	-	17,2	Devendra et al. (1970)
		19,5	18	-	-	11,8	-	-	-	Kaensombatha y Frankow-Lindberg (2012)
Cáscaras frescas	18,6	27,0	-	-	-	-	-	-	-	Buntha et al. (2008)
	13,5	23,4	-	-	-	19,8	1,3	0,3	-	NguyenTuyetGi angy Ogle (2009)
	15,4	25,3	-	-	-	-	-	-	-	Hang y Preston (2010)
	13,7	25,3	11	-	-	10,5	-	-	-	Hang y Preston (2010)

*4,1868 kJ= 1 kcal

*MS=Materia seca, PC=Proteína cruda, FC=Fibra cruda, ELN=Extracto libre de nitrógeno, Ce=Cenizas, Ca=Calcio, P=Fósforo.

Continuación Cuadro 1. Composición del tubérculo de Malanga (*Colocasia esculenta*) según la forma de ofrecimiento o presentación para la alimentación de animales de interés zootécnico

Harina de hojas secas	88,0	15,7	15,2	50,7	4,5	13,9	-	-	17,8	Chhay et al. (2007)
por el sol	88,4	25,3	11,4	-	-	13,3	-	-	-	Hang y Preston (2010)
Hojas remojadas (3 horas en agua)	17,2	25,6	11,5	-	-	-	-	-	-	Hang y Preston (2010)
Hojas cocinadas (En agua hirviendo)	9,6	25,6	11,3	-	-	10,4	-	-	-	Hang y Preston (2010)
Pecíolos	-	4,05	19,8	-	-	16,1	-	-	-	Kaensombatha y Frankow-Lindberg (2012)
	6,8	15,4	11,5	-	-	10,5	-	-	-	Buntha et al. (2008)
Harina de tallos	8,2	8,6	-	-	-	-	-	-	-	Hang y Preston (2010)
Ensilaje (10% salvado de arroz, 0,5% sal y 89,5% hojas malanga)	22,6	26,3	17,1	-	-	-	-	-	-	Chhay et al. (2007)
Ensilaje de hojas frescas	24,7	18,7	-	-	-	3,6	0,1	0,1	-	Giang et al. (2010)
Ensiladas de hojas frescas con 3% melaza	17,0	25,6	11,0	-	-	10,5	-	-	-	Hang y Preston (2010)
Ensilaje de hojas frescas	18,3	25,9	-	-	-	-	-	-	-	Buntha et al. (2008)

Debido a la presencia de factores antinutricionales en la cáscara de este tubérculo, se utiliza la harina de cormo de malanga pelada, por lo que el promedio de los análisis nutricionales de este tubérculo sin cáscara corresponde a: 30,40% de MS; 5,91% de PC; 2,26% de FC; 87,69% de extracto libre de nitrógeno; 0,36% de EE y 3,79% de cenizas. Se puede destacar que en estudios de harina de malanga pelada se obtiene en promedio una composición nutricional con menores niveles porcentuales de PC, FC, EE, cenizas, Ca y P; en comparación con el análisis proximal de la harina con cáscara. No obstante en otros análisis, al efectuar la misma comparación, se visualizan composiciones similares entre ambos tipos (con y sin cáscara). Incluso, en la mayoría de los casos, los porcentajes máximos de los nutrimentos antes mencionados de la

harina de malanga sin cáscara se ubican dentro de los rangos de valores obtenidos en materiales con cáscara.

El promedio de análisis proximal de las cáscaras del cormo de malanga es de 12,35% de MS; 7,01% de PC; 9,3% de FC; 76,87% de extracto libre de nitrógeno; 1,48% de EE y 5,35% de cenizas. Estos valores explican que al desprender las cáscaras del tubérculo, se disminuye el porcentaje de PC, ya que está presente en mayor proporción en las cáscaras que en el cormo sin cáscara. Es el mismo caso para los porcentajes de FC, EE y cenizas. En contraposición, el porcentaje de extracto libre de nitrógeno es mayor en el cormo sin cáscara, lo cual tiene sentido ya que el porcentaje en las cáscaras es menor que en el cormo sin cáscara, por lo que al desprender estas del tubérculo las proporciones cambian según la proporción de nutrimentos presentes en la cáscara.

En la alimentación animal también se utiliza la harina de las hojas frescas de la malanga, el análisis proximal de este componente promedia el 15,32% de MS; 24,11% de PC; 15,07% de FC y 14,03% de cenizas. Una forma de optimizar el aporte nutricional de las hojas, es por medio del procesamiento, el cual permite eliminar los componentes antinutricionales en estas, por ejemplo, se podría exponer al sol por 2-3 días. En promedio, la composición nutricional de este tipo de harina es: de 88,2% en MS; 20,50% de PC; 13,3% de FC y 13,6% de cenizas.

Al comparar el análisis proximal de los estudios con hojas frescas contra hojas secas al sol, se observa que la materia seca aumenta de forma considerable debido a la cantidad de agua que se pierde por ése proceso. Por otro lado el porcentaje de cenizas de las hojas secas se encuentran dentro del intervalo que se obtuvo en las hojas frescas; no obstante el promedio es mayor en estas últimas. Mientras que el porcentaje mínimo de PC encontrado en las hojas secas no se sitúa entre el intervalo de PC de las hojas frescas, aunque el máximo si. El porcentaje de fibra es menor en hojas secas que en frescas. Por lo tanto, se puede deducir que el secar las hojas de malanga al sol se disminuyen los porcentajes de PC, FC y cenizas, lo cual podría relacionarse con la pérdida de nutrimentos presentes en los efluentes de las hojas cuando se deshidratan.

Otro tratamiento para eliminar los compuestos antinutricionales de las hojas de malanga, consiste en remojar estas en una relación agua: hojas de 3:1 durante 3 horas. Asimismo, también se pueden eliminar sustancias antinutricionales al hervir las hojas de malanga. En este caso se observa que al comparar este material con la harina de hojas frescas se da una disminución del porcentaje de materia seca, de FC y de cenizas.

Con respecto a la harina de los pecíolos, el valor nutricional promedio fue de: 9,72% de PC; 15,68% de FC y 13,3% de cenizas. No obstante en este caso existe una variación entre ambos. También se encontraron estudios que describen la composición de ensilajes de las hojas de malanga; se obtiene una composición nutricional promedio de: 20,65% en MS; 24,13% de PC; 14,05% de FC y 7,05% de cenizas. Sin embargo, existe varianza entre las composiciones nutricionales, ya que cada ensilaje presenta una proporción diferente entre sus componentes en su contenido. Al comparar el material ensilado con el fresco, se observa que contiene mayor porcentaje de materia seca el ensilado, pero menor porcentaje de cenizas, calcio y fósforo; por lo que es posible que se pierdan parte de estos nutrimentos en el proceso, por medio del arrastre de los efluentes, que permiten incrementar el contenido de MS, en el material ensilado.

Al hacer una comparación entre la harina del cormo, la harina de hojas frescas, tallos y pecíolos se puede destacar que la harina de cormos es el material que posee mayor porcentaje de materia seca, luego las hojas frescas, seguida de los tallos y por último los pecíolos. En cuanto a la PC, las hojas frescas son las que presentan el porcentaje más alto, le sigue los pecíolos, los tallos y la harina del cormo; aunque no hay gran diferencia entre estos tres. El porcentaje de FC es mayor en los pecíolos y en las hojas frescas que en la harina del cormo. En cuanto al contenido de cenizas, es mayor en hojas frescas, luego en pecíolos y por último en la harina del cormo. La cantidad de calcio y fósforo es mucho mayor en la harina del cormo que en las hojas frescas.

Factores antinutricionales

Los factores antinutricionales son sustancias producto del metabolismo secundario de las plantas que incluso cuando están presentes en bajas concentraciones (trazas),

reducen o impiden la utilización de los nutrimentos presentes, ya sea a nivel digestivo o metabólico. En la malanga se informa de oxalatos, fitatos, inhibidores de proteinasa, taninos, alcaloides, esteroides y glucósidos cianogénicos, todos partes de la planta cruda que se caracterizan por la presencia de cristales aciculares de oxalato de calcio (rafidios), que deben ser destruidos por una cocción completa o fermentación ya que en los seres humanos y animales cuando es consumida cruda resulta en una irritación y una sensación de ardor agudo que se experimenta en la boca y garganta (Lewua et al. 2010).

De la misma manera, se describe en la literatura que la ingestión de alimentos como la malanga que contiene oxalatos, causan efectos cáusticos, irritación del tracto intestinal y envenenamiento de absorción; también son conocidos por interferir con la biodisponibilidad de calcio (Sefa-Dedeh y Kofi 2004). En monogástricos, los taninos forman complejos con las proteínas y reducen su digestibilidad y palatabilidad (Lewua et al. 2010).

En este capítulo se muestra como el utilizar malanga cruda en alimentación para animales se evidencia una disminución en la ganancia de peso y conversión alimenticia, a medida que se incrementa el nivel de malanga en la ración. Este pobre comportamiento de los animales se atribuye en parte a la presencia de factores antinutricionales (Vargas et al. 1986). La cocción mejora la digestibilidad, promueve palatabilidad, conserva la calidad y genera seguridad al comer éste tubérculo (Lewua et al. 2010). Sin embargo, la cocción puede reducir el valor nutritivo del tubérculo, por pérdidas y cambios en los principales nutrimentos durante la cocción (Lewua et al. 2010). Por ejemplo se observó una disminución en el contenido de fósforo, calcio, potasio, zinc, hierro y magnesio después de dos horas de cocción; por tal motivo la suplementación de estos minerales a partir de otras fuentes se podría considerar necesario (Lewua et al. 2010).

Los métodos tradicionales de secado para reducir el contenido de oxalato, no eliminan por completo el problema al consumir el alimento, por lo que se experimenta aún picazón e irritación, lo que indica, que este proceso se optimiza cuando el producto se

expone a volatilización y no a calentamiento (Sefa-Dedeh y Kofi 2004). Por ejemplo, Lewua et al. (2010) informan que la cocción de la malanga durante 20 minutos a 100°C permite reducir el contenido de oxalatos, taninos y fitatos (mg/100 g de materia seca) en 35,86% (454,38 a 291,43); 55,77 % (1.186,90 a 524,99) y 41,10% (54,50 a 32,10) respectivamente.

Utilización de la malanga en alimentación animal y la respuesta en el uso de distintas especies

Porcinos

En el cuadro 2 se muestran los resultados de estudios recopilados que utilizaron la malanga en la alimentación de cerdos, en diferentes etapas de crecimiento. Se destaca que tanto para cerdos en desarrollo como en inicio, a medida que se sustituye la cantidad de maíz en la dieta por harina de corno de malanga se presentan efectos adversos en los parámetros productivos; no obstante existe un nivel de sustitución al cual no se reflejan este comportamiento. Para el caso de cerdos en desarrollo este nivel es de 24%. Mientras que para el caso de cerdos en inicio, se puede sustituir hasta 100% del maíz por harina de corno de malanga (30% de la dieta total) siempre y cuando esta sea hervida antes, para así eliminar las sustancias antinutricionales presentes.

Por otro lado, Hang y Preston (2010) al utilizar ensilaje de hojas de malanga para sustituir la harina de pescado (esta materia prima no se utiliza en un nivel de sustitución tan alto en Costa Rica, debido a que la carne puede obtener un sabor a pescado, por lo que no resulta agradable para la cultura costarricense) determinaron que a un nivel de sustitución de 30% se obtiene una diferencia en ganancia de peso y en conversión alimenticia de -130 g y -0,68 respectivamente, con base en los parámetros a un nivel de sustitución del 20% (GDP= 720 g/día y CA= 2,37), debido a la baja digestibilidad que posee este ensilaje con respecto a la harina de pescado, en especial la proteína. Por lo que se puede deducir que el nivel de sustitución de harina de pescado por ensilaje de hojas frescas de malanga es de 20% en la dieta total en el trabajo consultado.

Cuadro 2. Resultados de estudios utilizando Malanga como alimento sustituto parcial en dietas para cerdos en distintas etapas fisiológicas

Forma de ofrecimiento de la malanga	Materia prima sustituida	Niveles de remplazo (%)	Malanga en la dieta total (%)	Respuesta de la sustitución	Referencia
Cerdos en desarrollo					
Harina del cormos	Maíz	0-12-24-36-48	No se indica ni se puede calcular	No se determinaron diferencias significativas a niveles de 12 y 24% Se determinó efecto adverso a niveles de 36 y 48% en GDP y CA	Brenes (1984)
Cerdos en desarrollo					
Ensilaje de hojas	Harina de pescado	0-10-20-30	0-10-20-30	0, 10 y 20 no diferencias significativas. 30% problemas en GDP y CA	Hang y Preston (2010)
Ensilaje de hojas	Harina de pescado	0-50-100	0-20,2-45	50% = +52g/día GDP y +0,59 CA	Buntha et al. (2008)
Cerdos en inicio					
Harina de los cormos hervidos	Maíz	0-50-100	0-15-30	100% = no hay diferencias significativas con el control, ni efectos adversos	Agwunobi et al. (2002)
Harina de los cormos sin hervir	Maíz	0-50-100	0-15-30	50% = + 0,15 CA (efecto negativo)	

*CA: Conversión alimenticia, GDP: Ganancia de peso

Del mismo modo, Buntha et al. (2008) realizaron un estudio similar, pero en este caso se determinó una respuesta positiva en los parámetros productivos al utilizar 50% de sustitución (20,2% en la dieta) de ensilaje de hojas de malanga por harina de pescado; ya que mostró mejores resultados que la dieta control y que la del 100% de sustitución. El motivo de esto se debe a que la dieta control y la que contenía un nivel de sustitución del 100% mostraron menor consumo que la dieta con 50% de sustitución, la primera debido a la pobre aceptabilidad de los ingredientes mezclados, mientras que la segunda debido a que presentaba un mayor volumen (llenado físico). Por lo tanto, en ambos estudios se concluyó que un nivel óptimo de inclusión en la dieta, fue entre 20 y 20,2%

Avicola

En el cuadro 3, se muestran los resultados de estudios que utilizaron en su programa de alimentación la malanga en aves en diferentes etapas de crecimiento. Como se muestra, todos los estudios coinciden en que al incluir en la dieta harina de malanga cruda (sin hervir) da como resultado efectos adversos en cualquier nivel de inclusión, respuesta que se relaciona a la cantidad de sustancias antinutricionales presentes en este tubérculo, como se menciona en párrafos anteriores. Como es el caso del experimento de Abdulraski y Nnabuenyi (2009), quienes obtuvieron como resultado a un nivel de sustitución del 25% una diferencia en ganancia de peso diario y conversión alimenticia de 13,57 g y 7,15 respectivamente con respecto al control. En los demás niveles de sustitución se incrementó el efecto negativo en los parámetros evaluados.

Cuadro 3. Resultados de estudios en los que se utilizó malanga como alimento sustituto parcial en dietas para gallina ponedora y pollos de engorde

Forma de ofrecimiento	Material sustituido	Nivel de remplazo por malanga (%)	Malanga en la dieta total (%)	Respuesta a inclusión			Referencia
Gallina ponedora							
Harina del cormo sin pelar y cruda	No indica	-	10	Disminuye consumo	GDP	y	Ravidran et al. (1996)
				Aumenta mortalidad	CA	y la	
Harina del cormo pelado y hervido	No indica	-	20	No efectos adversos			
Pollo de engorde							
Harina de cormos sin hervir	Maíz	0-25-50-100	0-12-24-48	Efectos negativos en todos los niveles			Abdulraski y Nnabuenyi (2009)
Harina de cormo hervida	Maíz	0-25-50-100	0-12-24-48	No efectos significativos en GDP y CA al 25, y 50%			
Harina del cormo sin hervir (seca)	Maíz	10%	-	Redujo en 70%, 83%, y 12% el consumo, GDP y CA respectivamente con respecto al control			Samarasinghe y Rajaguru (1992)
Harina del cormo hervida	Maíz	10%	-	Ningún efecto adverso			

Por otro lado, al hervir este material, se puede incluir hasta en 24% en la dieta (50% de sustitución por maíz), sin embargo, se requiere de más investigaciones para determinar si ése nivel puede mejorar los resultados; ya que se puede observar que este se incluyó hasta en 50% sin presentar cambios significativos. Todos los autores coinciden en que al hervir la malanga, se eliminan gran cantidad de sustancias antinutricionales presentes en este tubérculo; esto explica sus efectos adversos y sus restricciones de uso.

Codornices (*Coturnix coturnix*)

Se realizó un estudio acerca del reemplazo de maíz por harina de malanga en codornices, según Okon et al. (2007), donde no determinaron diferencias significativas en conversión alimenticia para todos los niveles de sustitución (0, 25, 50, 75 y 100%). Se disminuyó la ganancia de peso a mayor cantidad de malanga en la dieta, debido a la poca cantidad de proteína. Se redujo el consumo (no significativo) conforme aumenta el nivel de sustitución, debido a la presencia de factores antinutricionales. Se recomienda sustituir entre 25 a 50% al maíz (8,4 a 14,1% de la dieta total) nivel en el cuál no se presenta efecto negativo en la ganancia de peso, crecimiento y conversión alimenticia.

Patos

Un estudio en patos en el que se evaluó el consumo de materia seca indica que el mayor consumo se dio en los animales que se les ofreció una dieta basal de 7% del peso vivo y hojas de malanga frescas a libre consumo, donde en promedio el consumo de materia seca fue de 110 g, de los cuales 26,4 fueron de hojas de malanga. Mientras que con una dieta basal del 3% del peso vivo y hojas de malanga frescas a libre consumo, se cuantificó un consumo de 84,4 g, de los cuales 53,5 g fueron de malanga, pero el consumo de materia seca disminuye en la medida que se aumenta el nivel de las hojas de malanga en la dieta (Giang et al. 2010).

Se identificó una ganancia diaria de peso de 29,1 g y una conversión alimenticia de 3,78 para los animales alimentados con la dieta del 7% del peso vivo en el alimento

basal y malanga a libre consumo, estos datos fueron altos en el experimento, no obstante, no se dieron diferencias significativas en cuanto a la conversión alimenticia entre todos los tratamientos (hasta 53,5 g de MS de malanga). Además, en la dieta donde se alimentó sólo con la dieta basal se obtuvo una conversión alimenticia de 3,01 (0,77 de diferencia), debido a la gran cantidad de fibra presente en las hojas de malanga, que disminuye la digestibilidad (Giang et al. 2010).

Por otro lado, el ensilaje de hojas y tallos de malanga puede remplazar hasta el 60% el contenido de salvado de arroz en las dietas para patos en crecimiento, sin presentarse ningún efecto sobre los rendimientos de los animales, si no que más bien aumenta la calidad de la canal, ya que a medida que aumenta el consumo de este ensilaje, disminuye la cantidad de grasa abdominal en los animales, debido a su alto valor nutritivo. De hecho las hojas frescas de malanga pueden satisfacer los requerimientos de vitaminas y minerales a los patos (Giang et al. 2010).

Rumiantes

González et al. (2009) demostraron que la digestibilidad *in situ* de materias primas convencionales (maíz, sorgo y arroz) contra materias primas no convencionales (plátano verde, fruta de pan, yuca, malanga, papa blanca dulce y ñame), en periodos de 0, 1, 5, 3, 6, 9, 12, 24 y 48 horas de degradabilidad, es similares o menor a materiales no convencionales. Por ejemplo, la malanga resulta ser más digestible que el maíz y el sorgo, pero es superada a las 48 horas de degradación en el rumen por el arroz, a razón de 11 g/kg MS.

Esta alta digestibilidad que presenta la malanga, se asocia al tamaño del granulo de almidón, y se favorece al ser procesada como harina, debido a que se elimina el problema del mucilago, al reducir el problema de saturación de los poros de la bolsa de nailon por el mucilago. Además, los rendimientos del almidón que se obtienen con la harina, varían entre 665 y 866 g kg/MS según la variedad de *Colocasia esculenta* (González et al. 2009).

Durante la realización de este documento, no se encontró ningún artículo científico publicado que demuestre las ganancias de peso o la producción de leche en animales rumiantes suplementados con malanga, por lo tanto no se tienen estudios evidentes que revelen que la malanga sea una materia prima que mejore los rendimientos de producción en estos animales.

Caracoles (*Archachatina marginata*)

A pesar de que en general los caracoles (*Archachatina marginata*) no se consideran una especie zootécnica tradicional, se recuperó un estudio de Omole et al. (2004) donde se toman hojas de papaya madura (dieta control de los caracoles) y se compara con cáscaras de papaya, de mango, malanga y plátano maduros; los resultados indican que todas las cáscaras de los frutos podrían ser utilizadas con éxito para la producción de caracol sin efectos adversos, puesto que contienen una composición nutricional similar, aunque menor en proteína y cenizas. Sin embargo, los datos que se obtuvieron con respecto a la cáscara de malanga contra las hojas de papaya demostró que las hojas de papaya generan una mayor ganancia de peso (diferencia de 2 g/mes) y conversión alimenticia (diferencia de 0,75) con respecto a la cáscara de malanga, resultado, que establece que la dieta control supera a las alternativas planteadas, comportamiento, que se podría explicar a un mayor contenido de materia seca, proteína cruda y cenizas, lo que incurre en rendimientos no comparables, ya que tendría que consumir más con las cáscaras de los frutos que con la dieta control.

Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Se empleó un estudio acerca de la sustitución de harina de camarón (fuente proteica) por hojas hervidas de malanga; se obtiene que al sustituir el 100% la harina de camarón (0% en la dieta habitual) suministrada a las tilapias por hojas de malanga hervidas (37,45% de la dieta total), la ganancia de peso diaria por pez en gramos fue de 1,0; mientras que la dieta basal obtuvo 1,1 g/día en éste mismo parámetro; pero la conversión alimenticia al utilizar la malanga, a ese nivel de reemplazo fue 0,20 mayor a la obtenida con harina de camarón, lo cual mejora el parámetro de rendimiento en canal por animal (Mathia y Fotedar 2012).

Al utilizar niveles de sustitución más bajos 33 y 67% (12,37 y 25,08% de la dieta total) sobre la harina de camarón se encuentra que hay una reducción en rendimiento en canal con respecto a la dieta base; por lo tanto se establece que es prescindible sustituir por completo la fuente proteica de la dieta (es decir 37,45% de la dieta total) con hojas hervidas de malanga para obtener parámetros productivos adecuados en la tilapia y abaratar los costos de la dieta, factor importante que se debe considerar (Mathia y Fotedar 2012). Un detalle importante a considerar con los resultados, es que en el estudio al sustituir las dietas considero la igualdad de los contenidos de proteína ni energía.

Rata de laboratorio

El estudio desarrollado por Vargas et al. (1986) indica que al alimentar ratas con dietas que contienen 80% de inclusión de harina de malanga tanto con y sin cáscara, se obtiene una mayor ganancia de peso y conversión alimenticia cuando la malanga fue sometida a un proceso de cocción por 20 minutos. Cuando la malanga se le extrajo la cáscara, los rendimientos son superiores; no obstante las mismas dietas implicaron una menor conversión alimenticia y ganancia de peso en los animales que consumieron dietas sin el proceso de cocción; lo cual se relaciona a la presencia de factores antinutricionales, los cuales restringen el consumo de harina de malanga y afectan por lo tanto dichos rendimientos en los animales. Es necesario aclarar que en este estudio, ambas dietas son isoproteicas e isoenergéticas, con 10% de proteína y 371 kcal/100 g de alimento.

Conclusiones

Los antinutrientes presentes en la malanga son diversos, entre los destacados están: oxalatos, fitatos, inhibidores de proteinasa, taninos, alcaloides, esteroides y glucósidos cianogénicos, todos partes de la planta cruda, por lo tanto deben ser destruidos por una cocción completa o fermentación, ya que su consumo afecta los rendimientos productivos en los animales. Debido a su alto contenido de humedad la malanga presenta un promedio de 30% en pérdidas durante el almacenamiento de estos tubérculos, por lo que se debe tener cuidado en este proceso.

Las diferentes partes de la malanga presentan una composición nutricional variable, además, varía según el tipo de procesamiento aplicado, para eliminar sustancias antinutricionales. En estudios realizados en cerdos y aves, de manera que aumenta el nivel de sustitución de maíz por malanga, se disminuyen los parámetros de producción, no obstante, depende del nivel de inclusión o sustitución; la cual se podría relacionar a factores antinutricionales, y sobre todo en el tubérculo ofrecido crudo que deprimen estos parámetros.

Literatura citada

ABDULRASKI M., NNABUENYI L. 2009. Taro Cocoyam (*Colocasia esculenta*) Meal as Feed Ingredient in Poultry. Pakistan Journal of Nutrition. 8 (5):668-673

ABOUBAKAR Y., NJINTANG N., SCHER J., MBOFUNG C. 2008. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta*) flours and starches. Journal of Food Engineering. 86: 294–305

AGWUNOBI L., ANGWUKAM P., CORA O., ISIKA M. 2002. Studies on the Use of *Colocasia esculenta* (Taro Cocoyam) in the Diets of Weaned Pigs. Tropical Animal Health and Production. 34 (3): 241-247.

BRENES O. 1984. Sustitución de harina de pescado por follaje de morera (*Morus spp.*) como fuente proteica para cerdos de desarrollo alimentados con ñampi (*Colocasia esculenta*). Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 40 p.

BUNTHA P., BORIN K., PRESTON T R., OGLE B. 2008. Effect of taro (*Colocasia esculenta*) leaf silage as replacement for fish meal on feed intake and growth performance of cross- bred pigs. Livestock Research for Rural Development. Volume 20, supplement. Retrieved June 16, 2013, from <http://www.lrrd.org/lrrd20/supplement/bunt3.htm>

BUNTHA P., BORIN K., PRESTON T., OGLE B. 2008. Survey of taro varieties and their use in selected areas of Cambodia. Livestock. Research for Rural Development. 20. (En línea). Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd20/supplement/bunt1.htm>

CASSERES E. 1980. Producción de Hortalizas. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 387 p.

CHHAY T., BORIN K., PRESTON T., SOKVEASNA M. 2007. Intake, digestibility and N retention by growing pigs fed ensiled or dried taro (*Colocasia esculenta*) leaves as the protein supplement in basal diets of rice bran/broken rice or rice bran/cassava root meal. Livestock. Research for Rural Development. 19 (137): 137. (En línea). Disponible en Retrieved June 16, 2013, from <http://www.lrrd.org/lrrd19/9/chha19137.htm>

DEVENDRA C., GOHL B. 1970. The chemical composition of Caribbean feeding stuffs. Tropical Agriculture of Trinidad. Africa. 47 (4): 335-342.

GIANG N., PRESTON T., OGLE B. 2010. Effect on the performance of common ducks of supplementing rice polishings with taro (*Colocasia esculenta*) foliage. Livestock. Research for Rural Development. 22 (194). (En línea). Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd22/10/gian22194.htm>

GONZÁLEZ E., ALEXANDRINE Y., SILOU-ETIENNE T., ARCHIMÈDE H. 2009. In situ degradability of conventional and unconventional starch sources for ruminants, and factors determining their washable fraction: methodological. Journal of Science Food Agriculture. 89: 1918-1926

HANG D., PRESTON T. 2010. Effect of processing taro leaves on oxalate concentrations and using the ensiled leaves as a protein source in pig diets in central Vietnam. Livestock. Research for Rural Development. 22 (68). (En línea). Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd22/4/hang22068.htm> 68.

KAENSOMBATH L., FRANKOW-LINDBERG G. 2012. Effect of harvesting interval on biomass yield and chemical composition of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) for feeding pigs in Laos. *Field Crops Research*. 128: 71-75.

LEWUA M., ADEBOLA P., AFOLAYAN A. 2010. Effect of cooking on the mineral contents and anti-nutritional factors in seven accessions of *Colocasia esculenta* (L.) Schott growing in South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*. 23: 389-393

MATHIA W., FOTEDAR R. 2012. Evaluation of boiled taro leaves, *Colocasia esculenta*, as a freshwater shrimp, *Caridina nilotica* Roux protein replacement, in diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture* (356–357): 302–309.

OKON B., OBI M., AYUK A. 2007. Performance of quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed graded levels of boiled sun-dried taro cocoyam (*Colocasia esculenta*) as a replacement for maize. *Agricultural Journal*. 2 (6): 654-657

OMOLE A., AYODEJI I., RAJI M. 2004. The potential of mango, plantain, cocoyam and pawpaw as diets for growing snails (*Archachatina marginata*). *Livestock Research for Rural Development*. 16 (102). (En línea). Disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd16/12/omol16102.htm>.

ONWUKA F., ADETILOYE O., AFOLAMI A. 1997. Use of house hold wastes and crop residues in small ruminant feeding in Nigeria. *Food Research*. 24: 233-237.

PÉREZ L. 2011. Rendimiento y adaptabilidad del cultivo de malanga. *Revista Colección Tecnologías para el productor*. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa. México. 4 p.

RAVINDRAN V., SIVAKANESAN A., CYRIL H. 1996. Nutritive value of raw and processed colocasia (*Colocasia esculenta*) corm meal for poultry. *Animal Feed Science and Technology*. 57 (4):335-345

SAFO-KANTAKA O. 2004. *Colocasia esculenta* (L.)Schott. Grubben G & Denton O (Editors). Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale. Wageningen, Netherlands. 10 p.

SALAZAR W. 2002. La Malanga. Consultivo de Hortalizas. Santo Domingo de los Colorados, Ecuador.120 p.

SAMARASINGHE K., RAJAGURU A. 1992. Raw and processed wild colocasia corm meal (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) as an energy source for broilers. Animal Feed Science and Technology. 36 (2):143-151

SEFA-DEDEH S., KOFI E., 2004. Chemical composition and the effect of processing on oxalate content of cocoyam *Xanthosoma sagittifolium* and *Colocasia esculenta* cormels. Food Chemistry. 4 (85): 479–487.

SEPSA. 2012. Boletín Estadístico Agropecuario N°22. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. San José, Costa Rica. 187 p.

VARGAS E., MATA L., BLANCO A. 1986. Efecto de la cocción y la presencia de cáscara sobre el valor nutritivo de la malanga (*Colocasia esculenta*) en dietas para ratas. Revista Agronomía Costarricense. 10 (1/2): 43-49.

CAPÍTULO III

USO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*) EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

John M. León Arce¹ , Daniel Burgos Castro¹ y Rodolfo WingChing-Jones¹

Introducción

La papa es un alimento de consumo humano, el cuarto de mayor ingesta en el mundo, que por sus características sensoriales, sabor y color neutro, puede ser parte de una alimentación saludable y variada (Pertuz 2004). Se obtiene a partir de la planta solanácea (*Solanum tuberosum*), la cual corresponde a los tubérculos que se forman por engrosamiento subterráneo. Cada unidad se encuentra conformada por tres partes principales: piel, cáscara y zona medular. Esta última, se constituye en su mayoría de tejido parenquimatoso, reservorio por excelencia de almidón y por ende de energía (Pertuz 2004).

A nivel mundial, la producción de papa en los países en desarrollo entró en una nueva fase de rápida expansión (Scott et al. 2000). A principios de la década de los 2000, la producción superó los 100 millones de toneladas, en comparación con menos de 30 millones de toneladas producidas a principios de los sesenta (Scott et al. 2000). Durante los diez últimos años a nivel mundial, la tasa de crecimiento en la producción de maíz, trigo y arroz presentó una disminución ya que la producción de papa aumentó en promedio 4,8% anual, con aumento en el área sembrada de 2,2%. Entonces, mientras la producción de papa sigue en aumento, el promedio de crecimiento para el área sembrada y producción continúa acelerándose (Scott et al. 2000).

¹Curso AZ-4100. Práctica Laboral y Profesional I. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 2013. Correos electrónicos: john17leon@hotmail.com;danielbc_10@hotmail.com y rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

La producción de papa en América Latina aumentó en más de tres millones de toneladas durante el periodo 1983 a 1996. El crecimiento en el área cultivada representó el 16%. El surgimiento de un sector de comida rápida y una industria de procesamiento impulsó la producción de papa en varios países (Scott et al. 2000). En Costa Rica, la papa se cultiva en andisoles (suelos de origen volcánico de color oscuro y permeables) de las partes altas de las provincias de Cartago y Alajuela, suelos que combinan las características adecuadas de textura, estructura y drenaje requeridos por el cultivo, aunque presentan como inconvenientes el retener altas cantidades de fósforo y una topografía irregular que favorece la erosión del suelo (Alvarado et al. 2009).

El cultivo de la papa en los suelos costarricenses, requiere de una elevada disponibilidad de fósforo (P) en el suelo, para favorecer el buen desarrollo radicular y aéreo en la etapa del establecimiento de las plántulas; en la época de mayor crecimiento vegetativo necesita nitrógeno (N) y al momento del desarrollo de los tubérculos prima la necesidad de potasio (K) por su activa participación en el transporte de fotosintatos de las hojas y por su importancia en la calidad de los mismos (Alvarado et al. 2009).

Según datos del Consejo Nacional de Producción para los años del 2008 al 2010 en Costa Rica, el área en hectáreas sembrada presentó una disminución contrario a lo que plantea Scott et al. (2000) sobre el aumento en el área sembrada de América Latina. Según el cuadro 1, la producción es irregular durante el periodo del 2008 al 2010 al igual que las hectáreas sembradas. Sin embargo, de forma implícita se concluye que la producción de papa en toneladas por hectárea, es de 25.

Cuadro 1. Área sembrada y producción en toneladas anuales de papa (*Solanum tuberosum*) en Costa Rica

Año	Área sembrada (ha)	Producción (t)
2008	2.690	66.126
2009	2.983	74.608
2010	2.233	55.711

Fuente: SEPSA (2011)

El aumento en la producción de papa en América Latina y la creciente demanda de nuevas materias para la alimentación y formulación animal, hacen que la papa se convierta en un material a tomar en cuenta para su inclusión en dietas ya sea de bovinos, porcinos, ovinos y caprinos en forma de papa entera, ensilaje de papa, hojas frescas de la planta y harina (Gohl 1982). El uso de la papa en el sector avícola, acuícola y porcícola se restringe al uso de la harina, puesto que se le debe dar tratamiento térmico a este tubérculo para neutralizar el inhibidor de tripsina presente en el estado crudo y de esta manera evitar que la digestión de la proteína de la dieta se reduzca (Mora 1986).

En Costa Rica, la producción de papa disminuyó debido a la menor cantidad de hectáreas cultivables destinadas a dicho tubérculo por la creciente siembra de otros cultivos, pero es importante destacar los niveles productivos que se obtienen y la investigación que se realiza por parte de entidades públicas como universidades y por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Éste hecho hace que Costa Rica sea un país en donde se puede implementar el uso de éste tubérculo para la producción animal (Montaldo 1991). Sin embargo, cuenta con el inconveniente de que la mayoría de la producción de papa es para comercio del tubérculo como tal (Cisneros et al. 1987). En otros países latinos, la mayoría de la producción se destina para el sector industrial, transformándose en productos como papas fritas o papas tostadas en donde se producen mayores subproductos utilizables para los animales (Scott et al. 2000).

En la producción de papas tostadas o “snacks” para el consumo humano se emplea una gran cantidad de kilogramos de papa por día. En forma porcentual, los desperdicios de la papa corresponden a 53% para fragmentos o recortes, 27% para papas descartadas y 20% para la cáscara por método de abrasión (Castiblanco 2004). Por otro lado, Magallanes (2008) menciona que la utilidad media industrial de la papa es entre 90 y 95%. Por tal motivo, se pretende recopilar la información disponible que relaciona la calidad nutricional y la respuesta en productividad de animales suplementados con papa o subproductos de la papa.

Características generales de la papa

La clasificación taxonómica de la papa es: clase Dicotiledónea, orden Solanales, familia Solanaceae, género *Solanum* y especie *tuberosum* (Patiño 1998). La papa, es una planta dicotiledónea, herbácea, anual, pero puede considerarse como perenne potencial debido a su capacidad de reproducirse de forma vegetativa por medio de tubérculos (Gohl 1982, Patiño 1998).

El tubérculo tiene una forma que varía entre redonda, ovalada y oblonga; los ojos se distribuyen según un patrón en espiral y el color de la piel puede variar entre blanco-crema, amarillo, naranja, rojo, morado y/o tener dos colores (Gohl 1982, Patiño 1998). Los tallos aéreos son de color verde, marrón rojizo o morado con ramificaciones. Las hojas son imparipinnadas, con hojuelas laterales primarias, secundarias y terciarias. Las flores son hermafroditas de color blanco, azul, rojo y morado (Patiño 1998).

La siembra para la producción de tubérculo comercial, es mediante surcos al realizar chapea y picado del suelo (Alvarado et al. 2009). La semilla se deposita en los surcos a una profundidad de 10 cm y se tapa al formar un lomillo. Se realiza a una distancia entre semillas de 30 cm y entre surcos de 90 cm. A los 25 días se realiza una aporca con altura de aporque de 25 a 30 cm. Las densidades de plantas por hectárea que se utilizan es de 33.000 plantas/ha (Alvarado et al. 2009).

Según Cisneros y Herrera (1987) para la década de los años 80's y 90's, el 50% del área total sembrada de papa en Costa Rica requería renovación constante de semilla a

razón de 2,5 t/ha. Esta renovación es de suma importancia, debido a que en aquellos terrenos ubicados en zonas con altitudes menores a 2.000 m.s.n.m., prevalecen gran cantidad de enfermedades fungosas y bacterianas, así como altas poblaciones de insectos vectores de enfermedades virales, como por ejemplo áfidos, que degeneran el material para siembras futuras (Cisneros y Herrera 1987).

Las enfermedades que se presentan con mayor regularidad en el país son el tizón tardío (*Phytophthora infestans*), pudrición seca (*Fusarium spp.*), pie negro (*Erwinia carotovora subsp. Atroseptica*) y mosca blanca las cuales provocan grandes pérdidas productivas (Brenes et al. 2009). El rendimiento en toneladas por hectárea de las variedades de papa que se cultivan en Costa Rica producen en promedio 50,2 t/ha, lo que contradice lo informado por SEPSA (2011) que plasma un rendimiento de 25 t/ha.

Cuadro 2. Rendimiento en toneladas por hectárea de seis variedades de papa presentes en Costa Rica

Variedad	Floresta	MNF-72	Désirée	Granola	MNF-80	MNF-97
Rendimiento (t/ha)	60	43	42	39	38	21

Fuente: Brenes et al. (2009)

Según Alvarado et al. (2009), para producir 20 t/ha de papa se estima que el cultivo absorbe 220 kg/ha de nitrógeno, 20 kg/ha de fósforo, 240 kg/ha de potasio, 60 kg/ha de calcio y 20 kg/ha de magnesio; sin embargo, la cantidad de nutrimentos absorbida por t/ha difiere con la variedad a sembrar. Asimismo, este autor indica que la eficiencia en la extracción de todos los nutrimentos es inferior al 10% del total disponible en el suelo.

Composición nutricional

Se reconoce que los tubérculos cumplen un rol energético en la alimentación por cuanto su componente en mayor proporción en materia seca corresponde al almidón (Pertuz 2004). A pesar de ello, comparado con alimentos equivalentes tales como el plátano y

la yuca, su aporte calórico es menor y se le considera de baja densidad calórica (Pertuz 2004).

Según Montoya et al. (2004), las propiedades de la macromolécula de almidón dependen de su composición química. Almidones de diferentes cultivos (papa, maíz, trigo y yuca) difieren en su composición química pero varía en función de su estado de madurez. Sobre ésta base Krommer y Zinsmeester (1996) estudiaron durante varios años los cambios en la composición del almidón de tres variedades de papa de acuerdo al estado de madurez, informan que el año de cosecha no influyó de manera importante sobre la composición del almidón pero si lo hizo la variedad, en particular lo referente a la dimensión del gránulo del almidón y su composición química. Cuando la papa madura, se incrementa el tamaño del gránulo de almidón y su número al igual que la proporción de amilosa y la ramificación de la amilopectina, la cual es viscosa y la amilasa la hidroliza con facilidad (Ureña 2013). Es importante mencionar que los valores normales de amilosa y amilopectina en los almidones son de 20-30% y 70-80% respectivamente, además la amilosa es poco soluble en agua y posee la capacidad de formar geles, al estar en solución con otros solutos puede formar complejos que disminuyen la degradabilidad de esta molécula por parte de enzimas como fosforilasa, α -amilasa y β -amilasa (Villagra 2010). Para el caso de los rumiantes, se realizaron diversas investigaciones en las que demuestran que la digestión ruminal del almidón es incompleta, más para los granos de tasas de digestión lenta, debido a la interacción entre las características del almidón, condiciones fisicoquímicas del rumen y las enzimas amilolíticas microbiales (Rojo et al. 2007).

La proteína sobresale por un alto contenido de lisina y bajos contenidos de aminoácidos azufrados, además el contenido de este nutrimento de la papa, aunque inferior al aportado por alimentos de origen animal, es superior a la mayoría de los cereales, tubérculos y raíces (Gohl 1982). La calidad de la proteína es inferior debido a la presencia de glicoalcaloides e inhibidores de proteinasas (Simoes 2008).

De acuerdo con Gaztambide (1975), las papas frescas son altas en carbohidratos y bajas en proteínas, minerales y grasas, mientras que el material deshidratado presenta

una alta concentración de carbohidratos y materia seca, y bajas en grasas y proteínas. Siebald et al. (1981) indican que la papa tiene alrededor del 10% de proteína cruda, del cual cerca del 50% corresponde a compuestos nitrogenados no proteicos. Respecto al contenido de fibra cruda, los valores normales varían de 3 a 4%, lo cual implica la necesidad de combinar este alimento con materiales fibrosos, en el caso de animales rumiantes. Este mismo autor, indica que las papas contienen vitamina A, son una buena fuente de las vitaminas B y C pero son bajas en vitamina D, asimismo menciona que contienen más fósforo que calcio por lo que, como lo indica Siebald et al. (1981), es necesario suplementar las raciones constituidas por este tubérculo y forraje con sales minerales.

En el cuadro 3, se presenta la composición nutricional de las diferentes formas de utilización de la papa a nivel mundial, tanto para papa fresca que incluye el tubérculo y la cáscara. En cambio, el cuadro 4 presenta datos sobre la harina de papa la cual presenta procesos de cocción, secado y molido. Por último, en el cuadro 5 se resume información para la papa cocida, hojas frescas, rastrojo, ensilaje de rastrojo, harina de cáscaras y harina de papa y cáscara.

Como se aprecia en los cuadros 3, 4 y 5, la composición nutricional de la papa varía de acuerdo con la parte de este tubérculo que se vaya a utilizar para la alimentación animal y el procesamiento aplicado. En el cuadro 3, los valores de los diferentes nutrimentos presentan grandes diferencias, esto se podría relacionar al tipo de papa, suelo, fertilización, clima, edad de cosecha, entre otros (Alvarado et al. 2009).

La papa se caracteriza por ser un alimento alto en carbohidratos no estructurales debido a su contenido almidonoso, sin embargo, es importante rescatar el alto contenido de proteína cruda de las hojas frescas (Cuadro 5). Asimismo se demuestra la versatilidad que tiene este tubérculo para ser ofrecido a los animales, lo que permite tener más opciones para alimentar a los animales, siempre y cuando se escoja la modalidad que mejor se adapte a la especie con la que se va a trabajar como lo indica Gohl (1982) y Cullison (1983).

Otro aspecto importante a considerar es que el follaje de papa, contiene 1,88 veces más proteína que el tubérculo, lo cuál podría, ser considerado de un manejo integral del cultivo, para la utilización de estos materiales en la alimentación de rumiantes y así reducir, los posibles focos de enfermedades presentes en el campo, al reducir el sustrato.

Cuadro 3. Composición nutricional de la papa fresca según diferentes trabajos publicados en revistas científicas

Referencia	*MS	PC	FC	EE	FDN	Cenizas	Ca	P	DIVMS	CNE	kcal	
											Porcentaje (%)	
Gaztambide (1975)	11,20	2,20	0,40	0,10								
Gaztambide (1975)	12,10	6,50	3,30	0,40								
Siebold et al. (1981)	21,00	9,70	2,90						79,00			
Mora (1983)	24,70	2,47	0,53	0,28		1,37						
Montaldo (1991)	22,00	9,90	2,50	0,50		1,20						
Díaz (2000)	21,50	7,80							81,60			2.960
Montoya et al. (2004)	19,90	13,16		0,33	0,60	4,98				77,83		
Pertuz (2004)	23,00	10,90		0,10			0,50	0,44				
Ortega (2004)	9,40	3,30	4,60	0,60			0,14					
Gonzalez et al. (2004)	26,30	7,70			6,00							
Blas et al. (2010)	11,00	8,90	2,4	0,50		5,80	0,06	0,20			3.100	
Noguera et al. (2005)	9,42	11,20		0,20								
Pereira (2009)	17,10	1,80	1,20			6,00	0,04	0,39				
Nelson (2009)	19,40	8,60		3,70		3,10						
Tavarez et al. (2011)	14,80	12,64		3,88			0,13	0,18	89,86			
Loaiza et al. (2011)		11,30		0,39		3,60						
Peña (2011)		8,30	1,80				0,57	1,92				
Urrego et al. (2011)											3.862	
Betancourt et al. (2012)	18,01	9,10	3,37	0,41	35,91	6,73	0,05	0,39				
Knowles et al. (2012)	25,00	10,50	2,40									
Valor máximo	26,30	13,16	4,60	3,88	35,91	6,73	0,57	1,92	89,86	77,83	3.862	2.960
Valor mínimo	9,40	1,80	0,40	0,10	0,60	1,20	0,04	0,18	79,00	77,83	3.100	2.960
Promedio	17,99	8,21	2,30	0,88	14,17	4,10	0,21	0,59	83,49	77,83	3.481	2.960

*MS (materia seca), PC (proteína cruda), FC (fibra cruda), DIVMS (digestibilidad in vitro de materia seca), EE (extracto etéreo), FDN (fibra detergente neutro), CNE (carbohidratos no estructurales), Ca (calcio), P (fósforo), EM (energía metabolizable), EDC (energía digestible cerdos)

Cuadro 4. Composición nutricional de la harina de papa según diferentes trabajos publicados en revistas científicas

Referencia	MS*	PC	FC	EE	Cenizas	Ca	P	EM
Mora (1983)	89,71	1,29	2,28	0,33	5,74			
Sabogal et al. (1994)	89,53	8,55	2,40	0,55	4,88	0,04	0,17	3.479
Murray et al. (2001)	93,50	9,80		1,60				
Bocek (2003)	91,00	8,00						
Valor máximo	93,50	9,80	2,40	1,60	5,74	0,04	0,17	3.479
Valor mínimo	89,53	1,29	2,28	0,33	4,88	0,04	0,17	3.479
Promedio	90,94	6,91	2,34	0,83	5,31	0,04	0,17	3.479

*MS (materia seca), PC (proteína cruda), FC (fibra cruda), EE (extracto etéreo), Ca (calcio), P (fósforo), EM (energía metabolizable)

Cuadro 5. Composición nutricional de otros materiales elaborados a partir de la papa según diferentes trabajos publicados en revistas científicas

Referencia	MaterialL	MS*			FC	DIVMS	Porcentaje (%)				Ca	P	EM	EDc
		PC					FDN	Cenizas		kcal				
Gol (1982)	Rastrojo	2,10	2,00											
Jiménez et al. (2010)														
Gohl (1982)	Ensilaje rastrojo	23,10	13,70	17,60	92,40	10,80	38,50	22,40						3.148
Pastrana et al. (1993)														
Aguilar (1980)	Harina papa y cáscara	2,10	2,00											
Fernández et al. (2008)	Harina cáscara	9,72	9,90	1,46		1,61		2,22	1,40	0,90		2.920		
McDowell et al. (1974)	Papa Cocida	23,30	3,64	1,96		0,35		1,55						2.870
Mora (1983)														
McDowell et al. (1974)	Hojas frescas	10,80	18,00	22,00		4,30			0,73	1,47				
Ortega (2004)														

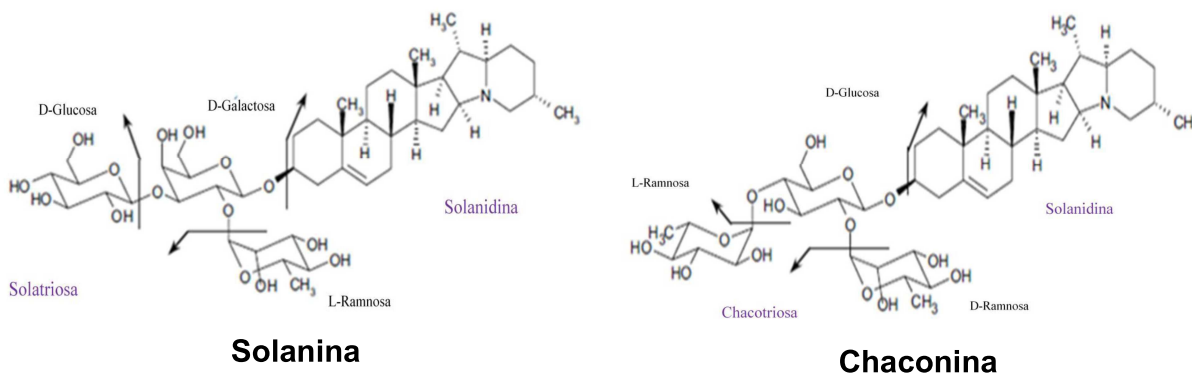
* MS (materia seca), PC (proteína cruda), FC (fibra cruda), DIVMS (digestibilidad in vitro de materia seca), EE (extracto etéreo), FDN (fibra detergente neutro), Ca (calcio), P (fósforo), EM (energía metabolizable), EDc (energía digestible cerdos).

Compuestos antinutricionales (Glicoalcaloides)

Los glicoalcaloides son compuestos metabólicos secundarios que producen las plantas en respuesta a situaciones de estrés o defensa (Knowlez et al. 2012). Se pueden encontrar en papas, tomates y berenjenas, podrían originar un problema sanitario si la concentración ingerida supera valores establecidos como tóxicos (Martin 2011).

La papa presenta una serie de tóxicos naturales, los glicoalcaloides, tales como la solanina y la chaconina, que le confiere cierto sabor amargo a la papa (Figura 1) (Knowlez et al. 2012). Existen ciertos factores, como bajas temperaturas, daños causados por las plagas, daños en el producto u otros tipos de estrés, que pueden dar lugar a unos niveles elevados y de manera toxicológica inaceptables de este tipo de compuestos (Martin 2011; Knowlez et al. 2012).

Los glicoalcaloides están compuestos de tres partes: una polar, que es la porción oligosacárida soluble en agua, integrada por un monosacárido de número y composición variable unido en el C₃ (carbono 3), un esteroide lipofílico no polar y un heterociclo que contiene nitrógeno (Martin 2011).



Fuente: Simoes (2008)

Figura 1. Estructura química de los glicoalcaloides solanina y chaconina presentes en la papa

Los efectos que producen los glicoalcaloides son variados (Martin 2011). Entre las alteraciones se considera trastornos gastrointestinales a dosis media y en dosis elevadas, pueden producir inhibición de la acetilcolinesterasa y efectos teratogénicos (alteración morfológica o funcional al feto, que ocurre tanto en el periodo embrionario o

fetal) desórdenes neurológicos, hemorragias en el tracto intestinal y en casos muy graves, edema cerebral y la muerte (Martin 2011, Simoes 2008, Peña 2011).

Según Simoes (2008), Martin (2011) y Knowlez et al. (2012), los niveles de glicoalcaloides en papa van a depender de la forma de cultivo, variedad, almacenamiento y temperatura (Cuadro 6). Además se pueden ver afectados por el tratamiento culinario al que sea sometido el producto. De esta forma, los glicoalcaloides se pueden encontrar tanto en el tubérculo (en menor cantidad) como en las hojas (en mayor cantidad) y en la cáscara, se estima un promedio de 300-600 mg/kg en la piel de la papa, de 2.000-4.000 mg/kg en brotes y de 3.000-5.000 mg/kg en las flores. Sin embargo en las nuevas variedades comerciales se aconseja que los niveles de glicoalcaloides se encuentren por debajo de los 200 mg/kg.

Cuadro 6. Niveles de solanina y chaconina en la papa cruda (*Solanum tuberosum*).

Material	Solanina (mg/kg)	Chaconina (mg/kg)	Fuente
Papa fresca	9,7	13,3	Simoes (2008) Martin (2011)
Papa sin cáscara	1,0	3,5	Simoes (2008)
Cáscara papa	30	60	Simoes (2008)
Papa amarga	25	80	Simoes (2008)

A pesar de los efectos de la solanina, la dosis oral letal en los animales es alta, lo que implica que tiene una toxicidad oral baja (Knowlez et al. 2012). Esto da lugar a diversas condiciones de absorción y la eliminación de toxinas. En primer lugar, la solanina se absorbe a nivel gastrointestinal (Simoes 2008, Peña 2011). En segundo lugar, las bacterias intestinales ayudan en la desintoxicación por hidrólisis del glicósido en solanidina que es menos tóxico que la solanina y además tiene una baja absorción (Peña 2011). En tercer lugar, la solanina se elimina del cuerpo a través de la orina y las heces, dentro de 12 horas posterior a su ingestión, lo que permite que no se acumule en los tejidos (Martin 2011, Simoes 2008).

En los rumiantes, los glicoalcaloides son hidrolizados en solanidina. La cual es metabolizada en una sustancia similar. Otros glicoalcaloides se acumulan en los tejidos y tienden a concentrarse de manera significativa en el hígado. También se observaron altas concentraciones en otros órganos, en especial los riñones, el corazón, los pulmones y el cerebro (Simoes 2008).

A nivel reproductivo, estos alcaloides ejercen una serie de actividades biológicas que incluyen cambios en el transporte activo de sodio en las células somáticas, que afectan el potencial de membrana de embriones y la modificación de la relación de los fosfolípidos (tales alcoholes, esteroides) y liposomas (Simoes 2008, Peña 2011). Según Simoes (2008) la intoxicación por glicoalcaloides se puede dar en forma aguda, subaguda y crónica en todas las especies. En la forma aguda se pueden observar gastroenteritis y diarrea. En la forma subaguda no se provocan lesiones entéricas pero se puede observar falta de coordinación, nistagmo (movimiento involuntario e incontrolable de los ojos), convulsiones, irregularidades cardíacas, hemólisis y diarrea. Las señales nerviosas pueden tener un desarrollo que podría causar la muerte en el primer o segundo día. Por último, la forma crónica se caracteriza por edema mamar, insuficiencia renal, afección en extremidades anteriores, anemia, estreñimiento, distensión abdominal (Simoes 2008).

En los cerdos se produce debilidad, diarrea copiosa, anorexia, hipotermia y coma en estadios terminales, con altas tasas de mortalidad (Simoes 2008). Son también síntomas observados de convulsiones, incoordinación, babeo, pupilas dilatadas y vómitos (Peña 2011). En caballos ocurre depresión, postración y se presenta irritación gastrointestinal aunque en muchos casos no se presentan signos (Simoes 2008).

En el ganado vacuno es la dermatitis, la afectación más frecuente, que comprenden vesículas y costras en las extremidades. También se puede observar anemia, anorexia, debilidad, diarrea, estomatitis ulcerosa (Peña 2011). En ovinos se observa incoordinación, debilidad y muerte (Simoes 2008, Peña 2011).

Uso de la papa en animales

La papa se puede utilizar en la alimentación de la mayoría de especies animales de interés productivo. Sin embargo, se usa más en la alimentación de cerdos, pero pueden aprovecharse en cantidades limitadas en el alimento de ganado vacuno, ovejas, caballos y aves, como un sustituto parcial de los granos (Gaztambide 1975). La gran cantidad de agua que tiene este alimento (alrededor del 80 %), dificulta su almacenaje y su preservación ya que provee un medio adecuado para el desarrollo de microorganismos que alteran el material y que pueden ser patógenos para los animales (Bodega 2010).

La harina de papa, papa secas o en tajadas, se comparan con los cereales cuando se usan las proteínas y minerales adecuados (Gohl 1982). De acuerdo con Cullison (1983), la papa puede ser utilizada como un sustituto parcial de los cereales presentes en las raciones para el ganado de engorde y ganado de leche. Asimismo, la harina de papa cocida puede ser empleada como un sustituto parcial de los cereales presentes en las raciones para cerdos (Gohl 1982, Cullison 1983). Los tubérculos de la papa se pueden picar con forraje y ensilar (Gaztambide 1975). El calor que se genera durante la fermentación basta para cocer las papas. Los rastrojos pueden ensilarse y utilizarse para el ganado bovino (Gohl 1982).

Animales rumiantes

Según Montoya et al. (2004), las papas sobrantes y desechadas, crudas o cocidas son apropiadas para la alimentación del ganado. Las papas crudas no son apetecibles y tienen un efecto laxante, por consiguiente, hay que introducir su consumo en forma gradual (Gaztambide 1975). Para obtener el máximo valor del almidón, las papas deben hervirse o cocerse al vapor; es importante mencionar que el almidón de la papa posee una degradabilidad ruminal media (82-84%) en comparación con otras fuentes convencionales como maíz, yuca, sorgo, entre otros (Montoya et al. 2004). Las papas pueden atragantar a los animales, pero esto se puede evitar cuando se suministran en comederos bajos, aplastadas o picadas; los tallos de las papas contienen un álcali, la

solanina, que es aconsejable eliminar de las papas germinadas antes de suministrarlas a cerdos o aves de corral (Gohl 1982).

Ganado de leche

Las papas pueden darse a las vacas lecheras como un sustituto parcial del grano. No se observan efectos negativos en la digestión o en la condición de las vacas a las cuales se les suministra papas frescas enteras como parte de su ración. Su consumo no afecta el sabor u olor de la leche o mantequilla. Mientras se suplemente con papas en la ración, los glóbulos de la grasa de la leche son más pequeños, además las papas crudas no afectan el porcentaje de grasa de la leche o el peso de la vaca (Gaztambide 1975).

De acuerdo con este autor, la composición química de la papa se parece a la del ensilaje de maíz, y se usan en la alimentación de la vaca lechera como un forraje succulento bajo en proteínas. No hay diferencia alguna entre la mantequilla de las vacas alimentadas con papas y las alimentadas con ensilaje de maíz, sin embargo el autor no hace mención de la cantidad de suplemento que ofrecieron a los semovientes. Asimismo este autor indica que papas crudas y cocidas tienen el mismo valor alimenticio para la producción de leche. Se considera que 2,72 kg de papas frescas tienen un valor alimenticio igual a 0,45 kg de maíz, sin embargo para las vacas lecheras, la harina de papa es menos alimenticia que la harina de maíz, puesto que la papa brinda un menor aporte energético y su proteína es menos digestible que la del maíz (Radunz 2003). Gaztambide (1975) señala que se observa que la producción de leche y mantequilla disminuye al ofrecer papas a las vacas lecheras, cuando se suministra la papa cocida. Efecto contrario, al utilizar papas crudas, donde se obtiene una producción más alta de leche que cuando se usaron hervidas, ensiladas crudas o ensiladas cocinadas, tal comportamiento se podría relacionar a que los procesos de cocción o fermentación laven o utilicen compuestos solubles, que se quedan en el agua o en el proceso.

Según Gaztambide (1975), a las vacas lecheras se les puede dar papas en cantidades de 11,4 a 18,2 kg de papa por animal. De igual forma, este autor menciona que vacas

que fueron alimentadas por largo tiempo con papas descompuestas en forma parcial o dañada en cualquier otra forma, no presentaron ningún resultado tóxico. Sin embargo esta práctica no se recomienda (Gaztambide 1975).

Göhl (1982) indica que aunque los retoños de la papa contienen solanina, no existen restricciones para su utilización en la alimentación de rumiantes que se asocian a posibles intoxicaciones con este compuesto. Asimismo señala que las vacas lecheras pueden recibir hasta 15 kg de papa cruda al día. No obstante, Mora (1986) indica que a las vacas se les puede ofrecer no más de 40 kg/día, debido a que en mayores cantidades y durante periodos largos de alimentación se produce llenado, disminución de consumo y un efecto laxante.

Montoya et al. (2004) señalan que es posible la suplementación con papa como una alternativa para proveer la energía necesaria para disminuir el desbalance de carbohidratos no estructurales (CNE) y proteína degradable en el rumen (PDR) ofrecido a las vacas, máxime si se tiene en cuenta que los alimentos balanceados hacen aportes de proteína más altos que los requeridos por los animales. Este mismo autor, indica que la papa puede constituir en una fuente de almidones para vacas lactantes en pastoreo, al mejorar la producción y el contenido de proteína en la leche, lo que podría disminuir la concentración de nitrógeno ureico en leche (NUL), ya que al proporcionar una fuente de carbohidratos no estructurales (almidón) se aprovechará de una manera eficiente la proteína cruda de la dieta, de esta forma se evita un nivel elevado de urea en sangre el cual tiene una alta correlación con el nivel de urea en leche (Broderick 1995). También señala, que la presencia de acidosis ruminal puede afectar la respuesta de los animales a la suplementación con este tubérculo.

De acuerdo con el cuadro 7, se puede observar una leve tendencia en el incremento de producción de leche a medida que se incluye papa en la ración de las vacas, sin embargo, se da una disminución en la cantidad de sólidos totales, lo cual se podría relacionar a un efecto de dilución, o bien por una inadecuada sincronización de sustratos como lo indica Montoya (2004) en su estudio, ya que la papa al ser un alimento con alto contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) necesita de una

fuentes de proteína degradable en el rumen (PDR) para obtener una relación CNE:PDR de 3,5 con la finalidad de optimizar el crecimiento microbiano y el uso de la proteína de la dieta.

Cuadro 7. Inclusión de papa en dietas de vacas lecheras sobre la producción y composición de la leche

Ración	Cantidad ofrecida	Producción de leche	Grasa láctea	Proteína láctea	Sólidos totales
Tavares et al. (2011)					
Ensilaje elefante	17,39% MS	22,94	3,53	3,1	13,17
Ensilaje (elefante + Papa fresca 7%)	1,28% MS	-0,28	-0,16	3,1	-0,62
Ensilaje (elefante + Papa fresca 14%)	2,7% MS	+1,64	-0,03	3,1	-0,72
Montoya et al. (2004)					
Kikuyo + alimento balanceado		15,82	2,85	3,06	14,20
Kikuyo + alimento balanceado + 6 Kg papa fresca	11% MF	+1,50	-0,09	+0,07	+1,50
Kikuyo + alimento balanceado + 12 Kg papa fresca	22% MF	+1,23	-0,07	+0,04	-1,87
Betancourt et al. (2012)					
Pastoreo + Alimento balanceado + 200 g melaza		9,32	3,22	2,69	-
Pastoreo + 1 Kg papa + 2 Kg Acaccia + 200 g melaza	1,00	-0,22	+0,09	+0,27	-
Pastoreo + 2 Kg papa + 3 Kg Acaccia + 200 g melaza	2,00	+0,63	+0,20	+0,23	-
Pastoreo + 4 Kg papa + 5 Kg Acaccia + 200 g melaza	4,00	-0,65	+0,52	+0,46	-

En conclusión, Montoya et al. (2004) obtuvieron un efecto estadístico significativo ($p < 0,05$) sobre la producción de leche, la concentración del NUL y la producción de PC ($N \times 6,38$)⁴ y PV. El efecto del suministro de la papa sobre estas variables, sin embargo, solo se presentó cuando éste se hizo a razón de 6 kg/vaca/día. Cuando el

⁴ El contenido de nitrógeno en la leche es de aproximadamente 15,67 gramos por cada 100 gramos de proteína (Moorby y Theobald 1999).

suministro de papa se incrementó a 12 kg/vaca/día, no se presentaron diferencias significativas para estas variables en comparación a los resultados obtenidos con el suministro de 6 kg de papa.

Betancourt et al. (2012) realizaron otro estudio en animales de raza Holstein con una producción promedio de 12 litros de leche/animal/día y un peso de 500 kg que se encontraban en el segundo tercio de producción (segunda lactancia). Los autores detectaron diferencias significativas para los contenidos de grasa y de proteína en leche, en contraste, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en producción de leche, densidad, sólidos totales, condición corporal y ganancia de peso; lo que implica que las dietas afectan de manera diferencial a la grasa y proteína. La dieta que mejor resultado obtuvo fue en la que se utilizó 2 kg de papa y 3 kg de acacia (leguminosa arbórea).

En otro estudio realizado, Noguera et al. (2005) evaluaron el efecto de la inclusión de niveles crecientes de papa deshidratada (0, 15, 30, 45 y 60%) en la cinética de fermentación *in vitro* del pasto Kikuyo y la síntesis de proteína bruta microbiana. De acuerdo con los resultados obtenidos en este experimento, el nivel óptimo de inclusión de papa en la ración fue del 30%, niveles superiores no permitieron mejorar de manera significativa ($p > 0,05$) los perfiles de fermentación. La relación carbohidratos no estructurales:fibra detergente neutro, que permitió maximizar la digestibilidad del sustrato varió entre 0,67 y 1,22. El aumento en la concentración de carbohidratos no estructurales en las dietas tuvo un efecto positivo en la síntesis de proteína bruta microbiana, lo que indica que el factor limitante en el crecimiento microbiano en dietas del pasto Kikuyo es la energía fermentable (Noguera et al. 2005). En cuanto a la tasa de degradación y degradabilidad efectiva solo se evidencio diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos con 0% de inclusión de papa el cual presentó una tasa de degradación y porcentaje de degradabilidad de $2,1\% \text{ h}^{-1}$ y 26,22%; y el nivel de 60% de inclusión de papa, el cual presentó $3,9\% \text{ h}^{-1}$ y 38,41%, respectivamente.

Ganado de carne

Al igual que en ganado de leche, la suplementación con papas puede ofrecerse al ganado de carne como sustituto parcial del grano (Gaztambide 1975). Se considera que las papas crudas presentan el mismo potencial que el ensilaje de maíz para engordar novillos (Gohl 1982). Según Gaztambide (1975), en sistemas de engorde de novillos se puede dar de 1,8 a 2,7 kg diarios por animal. No se observan efectos adversos en la calidad de la carne cuando se suministra de 7,3 a 14,5 kg de papas/animal/día pero si se compromete la ganancia diaria de peso. Según Gohl (1982) los bovinos de carne pueden consumir hasta 20 kg por día. De igual manera pueden consumir no más de 20 kg al día de ensilaje de rastrojos de papa, ya que es un buen suplemento y con estas cantidades no hay peligro para la salud de estos animales.

Los resultados obtenidos por Radunz et al. (2003), indican que un aumento en la inclusión de papa en sustitución del maíz en la dieta de novillas raza Charolais, implantadas y bajo condiciones de estabulación, produce una disminución tanto en la ganancia de peso diaria (GPD) como en el consumo, el cual en promedio se redujo en 350 g/día, debido a un mayor contenido de humedad y menor cantidad de energía que el maíz, por lo que una mayor sustitución de papa por maíz producirá una dieta de menor calidad nutricional, lo que repercutirá en forma negativa en el rendimiento de los animales, como se expone en el cuadro 8.

Cuadro 8. Respuesta del consumo y la ganancia de peso en ganado de carne a niveles crecientes de papa

Ración	GPD	Consumo	Ganancia:consumo
Alimento balanceado	1,36 kg/día	9,3 kg MS/día	0,146
Alimento balanceado + 10% papa	-0,05	0,2	-0,07
Alimento balanceado + 20% papa	-0,23	-0,4	-0,18
Alimento balanceado + 30% papa	-0,28	-0,6	-0,22
Alimento balanceado + 40% papa	-0,19	-0,6	-0,11

Fuente: Radunz et al. (2003)

Ovinos

La papa puede darse a las ovejas como un sustituto parcial del grano, debido a que lo utilizan de manera eficiente. En experiencias descritas por Gaztambide (1975), se podría suplir hasta la mitad de la materia seca de la ración con buenos resultados. En este, sentido Jiménez et al. (2010), indican que en Perú la inclusión de subproducto de papa en niveles de 570 g/ovino/día a dietas de pastoreo restringido (4 h/día) más rastrojo de maíz amonificado es una estrategia de alimentación viable y económica para engordar ovinos machos durante la estación seca (Cuadro 9).

Cuadro 9. Inclusión de papa fresca en dieta para ovinos con pastoreo restringido en Perú

Investigación	Cantidad ofrecida (%)	Ganancia peso (g/día)
Pastoreo 4 horas + maíz	0	3,40
Pastoreo 4 horas + maíz + 200 g papa fresca	15	3,00
Pastoreo 4 horas + maíz + 400 g papa fresca	29	3,00
Pastoreo 4 horas + maíz + 600 g papa fresca	41	3,70

Fuente: Jiménez et al. (2010)

Pastrana et al. (1993) determinó en ovinos el consumo voluntario, digestibilidad in vivo de diferentes nutrimentos y nitrógeno amoniacal en el fluido ruminal, cuando los animales fueron alimentados con ensilaje de rastrojos de papa a voluntad; ensilaje más fuente energética; ensilaje más fuente proteica y ensilaje más mezcla de fuentes energética y proteica. Las diferencias en el consumo de MS (66,7 g/kg de PV) no fue significativo entre dietas. La digestibilidad de la materia seca, PC, ED y FDN aumentó al mejorar la calidad de la dieta mediante suplementación; la digestibilidad in vivo de la materia seca fue bastante baja (52%) y los niveles de nitrógeno amoniacal en el rumen superaron el nivel óptimo (9 mg/100 ml).

Animales monogástricos

Porcinos

Según Escobar et al. (2006), en la producción moderna de cerdos, la alimentación representa del 70 al 80% de los costos. En países desarrollados de clima templado, la porción energética de la alimentación está basada en cereales como el maíz, la cebada y el sorgo (Escobar et al. 2006). En zonas tropicales que no presentan condiciones para producir cereales, se recomienda utilizar alimentos que estén disponibles en el trópico tales como papa, yuca, malanga, camote, caña de azúcar y subproductos agro-industriales. En países en desarrollo, en cuanto a técnica y tecnología, las papas se usan de forma rutinaria en la alimentación de cerdos (Gaztambide 1975). Es preferible que se den cocidas y junto con los alimentos balanceados. Como las papas tienen aún menos proteína que el maíz hay que ofrecerlas con otro alimento rico en proteína. No es recomendable dar solo papas a cerdos en crecimiento o engorde, solo son convenientes como un suplemento. Las papas sustituyen con éxito la mitad del grano y la mitad de la leche en una ración compuesta de leche desnatada y una mezcla de granos, para cerdos de engorde (Gaztambide 1975).

De acuerdo con Ferrufino (2000), al incluir papa fresca en la dieta de cerdos en desarrollo se disminuye la ganancia diaria de peso, ya que se obtienen menores pesos que los animales alimentados con alimento balanceado. Lo cual se podría relacionar al contenido de factores antinutricionales y al contenido de humedad. En cambio, las papas hervidas en cuanto a valor alimenticio equivalen a una cuarta parte de su peso en grano (maíz). Para obtener buenos resultados no deben incluirse papas hervidas en la ración de cerdos menores de cuatro meses, pero en cerdos de mayor edad, pueden suministrarse como sustituto de los alimentos balanceados a razón de una tercera parte en la ración y después del quinto mes pueden aumentarse hasta constituir dos terceras partes de la ración (Gaztambide 1975). Las papas pueden reemplazar por completo a los granos en las raciones usadas para engorda de cerdos (Gaztambide 1975).

Sin embargo, Kerr et al. (1998), indica que el uso del almidón de la papa modificado por enzimas en dietas de lechones, permite obtener iguales o mejores resultados al

reemplazar a la lactosa o al maíz. Gohl (1982) indica que a los cerdos solo se les ofrece papas cocidas y se utilizan más que todo en cerdos de engorde y reproductores, a razón de 5 a 6 kg/animal/día.

Según Mora (1986), en un estudio realizado con harina de papa, no se obtuvo diferencias significativas con la inclusión de 58% de esta harina en la dieta. Los animales a los cuales se les suministro harina de papa presentaron menor ganancia diaria de peso y un consumo menor de alimento. En otro estudio presentado por Mora (1986), se determinó un incremento del consumo en materia seca de los animales con relación a un incremento del porcentaje de inclusión de la harina de papa en la ración. Lo cual contradice las respuestas de los diferentes lotes, al suministrar harina de papa, en la ración diaria como sustituto de alimento balanceado. Otro estudio con una tendencia similar, lo describen Bhandari et al. (2009) en la alimentación de lechones de 0 a 21 días de nacidos (momento del destete), donde las ganancias diarias fueron menores con el uso de la harina de papa, comparadas con los otros tratamientos (sin harina). Pero este autor define, una inclusión entre 7 a 14% de harina de papa en la alimentación, para no obtener problemas en los animales.

La harina de papa, es una alternativa para la alimentación de cerdos, la cuál se puede utilizar según Gohl (1982) en animales en engorde y reproductores a razón de 5 y 6 kg por día. Sabogal (1994) propone 30% de inclusión de harina de papa para la etapa de crecimiento, 40% para la etapa de desarrollo y 60% para la etapa de engorde. Mientras que Chalán (2012), describe de manera específica que la harina de papa se debe incluirse en 28% de la dieta para animales en crecimiento y engorde del cruce Landrace x Yorkshire.

Avicola

Según la FAO (2013), la producción avícola está destinada a la producción de huevos y carne, se encuentra en casi todo el mundo y proporcionan una aceptable forma de proteína animal a la mayoría de las personas. Asimismo esta organización afirma que durante la última década muchos países en desarrollo adoptaron la producción avícola intensiva para cubrir, de esta forma, la demanda de proteína animal. El sostenimiento

avícola intensivo es visto como una manera de incrementar de manera rápida la provisión de proteína animal para las poblaciones urbanas en acelerado crecimiento. Las aves son capaces de adaptarse a la mayoría de ambientes, su precio es bajo, se reproducen rápido y tienen una alta tasa de productividad (FAO 2013). Las aves en el sistema industrial son albergadas en confinamiento para crear condiciones óptimas de temperatura e iluminación y para manipular el fotoperiodo con el fin de maximizar la producción (FAO 2013).

En el cuadro 10, se resumen tres estudios realizados sobre el uso de la papa en la industria avícola. El principal uso de la papa en aves es mediante la harina, aunque se informa el uso de papa hervida en la década de los años 70's y 80's.

Cuadro 10. Investigaciones realizadas sobre la inclusión de harina de papa en la alimentación de pollos de engorde

Investigación	Peso promedio (Kg)	Consumo total	Conversión	Fuente
Alimento Balanceado (AB)	1,56	3,92	2,59	Aguilar (1980)
AB + 20% harina papa	1,53	4,36	2,95	
AB + 30% harina papa	1,59	4,25	2,77	
AB + 40% harina papa	1,63	4,29	2,71	
AB + 50% harina papa	1,69	4,43	2,70	
AB + Antibiótico	0,72	1,12	1,55	Ohh et al. (2009)
AB + 25 % harina papa	0,65	1,04	1,60	
AB + 50% harina papa	0,70	1,12	1,59	
AB + 75% harina papa	0,71	1,11	1,57	
AB + Antibiótico	1,48	2,85	1,92	Ohh et al. (2009)
AB + 25 % harina papa	1,42	2,82	1,99	
AB + 50% harina papa	1,40	2,77	1,98	
AB + 75% harina papa	1,48	2,88	1,95	

En el cuadro anterior se presentan 3 estudios realizados en pollos de engorde en diferentes etapas productivas. Aguilar (1980) realizó la investigación en la etapa de engorde en pollos Hubbard, al utilizar harina de papa con cáscara. Ohh et al. (2009) realizaron dos experimentos en dos etapas diferentes (inicio y engorde). Para Aguilar (1980) la inclusión de papa en las dietas es una ventaja productiva ya que se alcanzan mejores pesos finales pero con consumos altos al igual que las conversiones

alimenticias. Desde el punto de vista económico, es viable utilizar harina de papa en regiones en donde el tubérculo sea abundante y con precios bajos.

Contrario a los resultados obtenidos por Aguilar (1980), Ohh et al. (2009) no observaron diferencias en la inclusión de harina de papa en las dietas de engorde de pollos. En la etapa de inicio, la ganancia de peso disminuye 120 gramos con respecto al control, cuando se adiciona a razón de 75% de harina de papa en la dieta.

Según los resultados presentados en el cuadro 10, se puede concluir que la harina de papa puede ser una buena opción para la alimentación de las aves, puesto que no se observaron grandes diferencias, desde el punto de vista productivo, en su inclusión en comparación con los tratamientos testigos. Esto permite a los avicultores disminuir costos por concepto de alimentación y por consiguiente se esperaría una mejoría en la rentabilidad de estas explotaciones.

Por otro lado, Ohh et al. (2009) informaron que la población de bacterias aerobias totales y coliformes fue más baja en el ciego y los excrementos de las aves alimentadas con la dieta de alimento balanceado con antibiótico y la más alta en las aves alimentadas con solo alimento balanceado. Además, hubo una mejora en la reducción de las poblaciones de bacterias aeróbicas totales y coliformes en el ciego y los excrementos debido a un aumento de la proteína que brinda la papa.

De acuerdo con Gaztambide (1975), las papas pueden usarse como suplemento del alimento balanceado para engordar pollos para el mercado y para gallinas ponedoras. En la cría de pollitos se puede sustituir papas hervidas por maíz hasta 15% de la ración total. El crecimiento es similar en ambas raciones, se reduce el consumo de alimento y se economiza dinero.

Según Gohl (1982), a las aves de corral se les suministra con éxito en proporciones de hasta 40% de la ración. Patos que reciben papa hervida en su ración se comparan de forma similar con aquellos que comen el alimento balanceado en aumento de peso, eficiencia de la producción de huevos y mortalidad, aunque el autor no describe la dieta

empleada y su composición. Para la producción de huevos de gallina, se recomienda que las papas se deban de hervir, ya que de esta forma dan mejores resultados. Gohl (1982), no encontró diferencia en la producción de huevos, costo de alimentación y mortalidad en pollonas que consumían entre 30 a 50% de papas hervidas en comparación con las que consumen alimento balanceado.

Caballos

Se realizó una búsqueda específica y detallada sobre la alimentación de equinos con papa (*Solanum tuberosum*) pero no se obtuvieron evaluaciones en donde se implementara el uso de éste tubérculo en la dieta. Gaztambide (1975) comenta que se puede suministrar una cuarta parte de la materia seca en la ración de caballos. A éstos también se les ofreció papa cruda (2,5 kg) con alimento balanceado de mediano o poco contenido de proteína, en la proporción de una parte de alimento balanceado a una parte de materia seca de papa y los resultados fueron favorables (Gaztambide 1975).

Especies acuícolas

Según informan Martínez et al. (1996), el uso de suplementos proteicos a base de papa para sustituir harina de pescado en niveles de 0,4 y 0,6% de la proteína en alimentos en especie de trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*) no es factible, debido a la presencia de solanina. Estos autores indican que la única posibilidad de utilizar la harina de papa, en la alimentación de peces, está relacionada a la disponibilidad de harina libre de éste factor antinutricional.

Conclusiones

Los ovinos poseen buenas características para incluir en su dieta la papa en forma fresca. Son pocos los estudios que se recopilaron pero se propone que el uso de alrededor de 41% de inclusión de papa en la dieta además de disminuir costos, también aporta buenos rendimientos a las ovejas.

La inclusión de papa en la dieta de cerdos no es una buena opción de acuerdo a los parámetros requeridos para una explotación rentable pero en momentos de escasez de materias primas de alta calidad nutricional, podría ser un material a utilizar al valorar su

aporte nutricional, siempre y cuando se realicen proceso de deshidratación, molienda o cocción de los tubérculos.

Para el sector avícola en la producción de carne, la harina de papa es una materia prima que se podría utilizar para disminuir costos productivos y aun así se obtienen iguales o mejores rendimientos según las investigaciones realizadas. Además, se informa de una reducción de bacterias aeróbicas totales y coliformes. Con el uso de la harina de la papa se pueden obtener hasta 130 gramos más en el peso final del pollo con 75% de inclusión en la dieta.

Para el caso de los bovinos, tanto los destinados para producción de leche como de carne, la inclusión de papa en la dieta representa otra opción factible para alimentar a estos animales, sin embargo, se debe tomar en cuenta que este tubérculo al tener gran cantidad de almidón y por ende de carbohidratos no estructurales, se debe proporcionar una fuente adecuada de proteína degradable en el rumen para lograr una adecuada sincronización de sustratos y de esta manera los animales la puedan aprovechar de una forma más eficiente.

Literatura consultada

AGUILAR M. 1980. Harina de papa con cáscara *Solanum tuberosum* como reemplazante del maíz en la alimentación de pollos parrilleros. Facultad de Ciencias veterinarias. Universidad Nacional de Loja. Ecuador.

ALVARADO A., ITURRIAGA I., SMYTH J., UREÑA J., PORTUGUEZ E. 2009. Efecto de la fertilización con fósforo sobre el rendimiento y la absorción de nutrimentos de la papa en una andisol de Juan Viñas, Cartago. Agronomía Costarricense. 33(1): 46-61.

BETANCOURT J., CUAUSTUMAL H., RODRÍGUEZ S., NAVIA J., INSUASTY E. 2012. Alimentación de vacas Holstein con suplemento de papa de desperdicio (*Solanum tuberosum*) y acacia negra (*Acacia decurrens*), y su efecto en la calidad de leche. Revista de Investigación Pecuaria. 41-51. Colombia

BHANDARI S., NYACHOTI C., KRAUSE D. 2009. Raw potato starch in weaned pig diets and its influence on postweaning scours and the molecular microbial ecology of the digestive tract. Journal of Animal Science. 87: 984–993

BLAS C., MATEOS G., GARCÍA P. 2010. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 3ª edición. Madrid, España.

BOCEK A. 2003. Alimentando a sus peces. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Swingle Hall. Auburn University. Alabama, Estados Unidos.

BODEGA J. 2010. Silaje de papa para alimentación animal. Producir XXI edición N° 18. 32-38. Buenos Aires, Argentina.

BRENES A., GÓMEZ L. 2009. La variedad de papa Désirée en Costa Rica. Agronomía Costarricense 33(1): 155-156.

BRODERICK GA. 1995. Use of milk urea as indicator of nitrogen utilization in the lactating dairy cows. Consultado el 28 de abril del 2013. Disponible en: http://www.dfrc.wisc.edu/RS95_pdfs/fu5.pdf

CASTIBLANCO D. 2004. Manejo y aprovechamiento de desperdicios orgánicos de papa (*Solanum tuberosum*) y plátano (*Musa sp.*) de la producción de snacks en la empresa Comestibles Ricos LTDA. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

CHALÁN L. 2012. Utilización de diferentes niveles de harina de papa en la alimentación de cerdos en la etapa de crecimiento y engorde. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Chimborazo, Ecuador

CISNEROS B., HERRERA J. 1987. Distancia de siembra y tamaño de tubérculo en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum*) en Cartago. Agronomía Costarricense 11(1): 65-69.

CULLISON A. 1983. Alimentos y alimentación de animales. Editorial Diana S.A. México D.F. México.

DÍAZ M. 2000. Dieta de papa. Supercampo. Disponible en web: www.produccion-animal.com.ar. Pag. 48-51. Argentina

ESCOBAR J., MACÍAS D., CASTILLO R., VÉLEZ M. 2006. Evaluación del uso de melaza en dietas para cerdos en crecimiento y engorde. Revista Ceiba. Volumen 47: 3-9. Guatemala.

FAO. 2013. Producción avícola, broilers y ponedoras. Caja de herramientas. Sección Producción Industrial Animal. Disponible en web: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Index.htm>. Fecha visita: 04 de abril del 2013

FERNANDES A., PEREIRA J., GERMANI R., OIANO-NETO J. 2008. Effect of the partial replacement of wheat flour for potato skin flour (*Solanum tuberosum*). Ciência e Tecnologia de Alimentos. ISSN 0101-2061

FERRUFINO O. 2000. Respuesta de los cerdos al suministro de dos niveles de papa (*Solanum tuberosum*) en la dieta para la etapa de crecimiento. Tesis de licenciatura en Ciencias Agroalimentarias y Forestales. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.

GAZTAMBIDE C. 1975. Alimentación de animales en el trópico. Editorial Diana S.A. México D.F. México.

GOHL B. 1982. Piensos tropicales: Resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.

GONZÁLEZ J., CHAMORRO D. 2004. Evaluación técnico económica de la utilización de forraje de chusque de péramo (*Chusquea scadens kunt*), acacia negra (*Acacia decurrens*) y papa (*Solanum tuberosum*) para vacas Holstein en producción en el municipio de Ubaque, Cundinamarca. Colombia

JIMENEZ R., SAN MARTÍN F., HUAMÁN H., ARA M., HUAMÁN A. 2010. Subproductos de papa en la alimentación estratégica de ovinos durante la estación seca en el valle del Mantaro. Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú. Volumen 21(1):11-18.

KERR C.A., GOODBAND R.D., TOKACH M.D., NELSEN J.L., DRITZ S.S., RICHERT B.T., BERGSTRÖM J.R. 1998. Evaluation of enzymatically modified potato starches in diets for weanling pigs. Journal of Animal Science. 76: 2838.

KNOWLEZ M., PABÓN M., CARULLA J. 2012. Uso de la yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y otras fuentes de almidones no convencionales en la alimentación de rumiantes. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 25: 488-499

KROMMER B., ZINSMEESTER C. 1996. Composition of potato starch in relation to variety and maturity. Consultado el 10 de mayo del 2013. Disponible en: <http://www.zestec.nl/starch/Kb2.htm>

LOAIZA A., RODRÍGUEZ D., GARCÍA A., MAYORGA L., AFANADOR G., ARIZA C. 2011. Caracterización química y de almidones resistentes en un banco de germoplasma de papa. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 24 (3): 467.

MAGALLANES J. 2008. Granate: nueva variedad de papa apta para procesamiento en hojuela. Campo Experimental Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz, México.

MARTIN I. 2011. Determinación de glicoalcaloides: α -solanina y α -chacolina en patata mediante cromatografía de líquidos de ultra presión acoplada a espectrometría de masas de triple cuadrupolo. Tesis de maestría. Departamento de hidrogeología y química analítica. Universidad de Almería.

MARTÍNEZ C., CHÁVEZ M., OLVERA M., ABDO M. 1996. Fuentes alternativas de proteínas vegetales como substitutos de la harina de pescado para la alimentación en acuicultura. *Avances en la Nutrición Acuícola III*. 279-325

MCDOWELL L., CONRAD J., THOMAS J., HARRIS L. 1974. Tablas de composición de alimentos para América Latina. Universidad de Florida. Gainesville, Florida, Estados Unidos.

MONTALDO A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos. 2^{da} Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. San José, Costa Rica.

MONTOYA N., PINO I., CORREA H. 2004. Evaluación de la suplementación con papa (*Solanum tuberosum*) durante la lactancia en vacas Holstein. Universidad Nacional de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 17 (3): 204-249.

MOORBY J., THEOBALD V. 1999. The effect of duodenal ammonia infusions on milk production and nitrogen balance of the dairy cow. *Journal of Dairy Science* (82): 2440-2442.

MORA J. 1983. La papa en la alimentación animal. Universidad Nacional de Colombia. Agricultura de las Américas. 167:15-18. Medellín, Colombia.

MURRAY S., FLICKINGER E., PATIL A., MERCHEN N., BRENT J., FAHEY G. 2001. In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. Journal of Animal Science. Disponible en web: <http://www.journalofanimalscience.org/content/79/2/435>

NELSON M. 2009. Utilization and application of wet potato processing coproducts for finishing cattle. Journal of Animal Science. 88. E133-E142.

NOGUERA R., RAMÍREZ I., BOLIVAR D. 2005. Efecto de la inclusión de papa (*Solanum tuberosum*) en la cinética de fermentación *in vitro* del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Grupo de Investigación en Ciencias Animales. Universidad de Antioquia. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

OHH S., SHINDE P., JIN Z., CHOI J., HAHN T., LIM G., PARK Y. 2009. Potato (*Solanum tuberosum*) protein as an antimicrobial agent in the diets of broiles. Poultry Science 88: 1227-1234.

ORTEGA E., MARCANO J. 2004. Oportunidades de la batata en la alimentación humana y animal. Agronomía de la Producción. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 2: 39-43

PASTRANA R., CUESTA A., DURAN E. 1993. Valoración nutricional del follaje de la papa (*Solanum tuberosum*) en alimentación de ovinos. Revista Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 28: 389-397

PATÍÑO F. 1998. Estudio del rendimiento potencial de la papa (*Solanum tuberosum*), papalisa (*Ullucus tuberosa*), oca (*Oxalis tuberosa*) e isaño (*Tropaeolum tuberosum*), empleando el modelo lintul, en Candlaria Prov. Chapare del Dpto. de Cochabamba. Perfil proyecto de tesis. Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.

PEÑA W. 2011. Evaluación del contenido de glicoalcaloides en el pelado, cocción y fritura de variedades de papa nativa. Proyecto licenciatura. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

PEREIRA A. 2009. Farinha de batata (*Solanum tuberosum*): obtenção, caracterização físicoquímica, funcional, elaboração e caracterização de sopas desidratadas. Itapetinga-Ba: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB.

PERTUZ S. 2004. La papa (*Solanum tuberosum*). Composición química y valor nutricional del tubérculo. Departamento de Nutrición. Universidad Nacional de Colombia. Colombia

RADUNZ A., LARDY G., BAUER M., MARCHELLO M., LOE E., BERG P. 2003. Influence of steam-peeled potato-processing waste inclusion level in beef finishing diets: effects on digestion, feedlot performance, and meat quality. Journal of Animal Science 81: 2675-2685.

ROJO R., MENDOZA G., MONTAÑEZ O., REBOLLAR S., CARDOSO D., HERNÁNDEZ J., GONZÁLEZ F. 2007. Enzimas amilolíticas exógenas en la alimentación de rumiantes. Publicaciones UCiencia. 23(2):173-182.

SABOGAL R., PORTELA R., POVEDA C., MONCADA A. 1994. Alimentación de cerdos con recursos tropicales. 2ª Edición. Bogotá, Colombia.

SCOTT G., ROSEGRANT M., RINGLER C. 2000. Raíces y tubérculos para el siglo 21. Tendencias, proyecciones y opciones de política. Documento de discusión 31. Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias. Centro Internacional de la Papa. International Food Policy Research.

SEPSA. 2011. Boletín Estadístico Agropecuario N° 22 . Serie Cronológica 2007. 2011. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. Estudios Económicos e Información. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica

SIEBALD E., GOIC L., MATZNER M. 1981. Alimentación de rumiantes con papas de desecho. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. Boletín técnico Remehue N° 88. Osorno, Chile.

SIMOES J. 2008. Envenenamiento por glicoalcaloides da batata (*Solanum tuberosum*) em bovinos. Veterinaria.com.pt. 1(1): e17.

TAVARES V., PINTO J., FERREIRA A., MUNIZ J., REZENDE A., REIS J. 2011. Efeitos da adição de batata na silagem de capim-elefante sobre o consumo e a produção em vacas leiteiras. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Revista Brasileira de Zootecnia. 40 (12): 2706-2712.

UREÑA F. 2013. Lección 4: Digestión, absorción y metabolismo de los carbohidratos en monogástricos y rumiantes (en línea). Aula virtual. Producción Animal y Gestión de Empresas. Universidad de Córdoba, España. Consultado el 1 de julio del 2013. Disponible en: <http://www.uco.es/zootecniaygestion/menu.php?tema=153>

VILLAGRA A. 2010. Almidón retrogradado en el tratamiento dietoterápico de la Diabetes Mellitus tipo 2. Licenciatura en Nutrición. Universidad Isalud. Buenos Aires, Argentina.

URREGO N., BARRERO M., ARIZA C., HARA D. 2011. Determinación de energía digestible de la papa en cerdos en crecimiento y ajuste de ecuaciones de predicción. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 24 (3): 471.

CAPÍTULO IV

USO DEL TIQUISQUE (*Xanthosoma sagittifolium*) EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Mariana Zeledón Charpentier¹, Adrián González Meza¹ y Rodolfo WingChing-Jones¹

Introducción

Hoy en día se observa en el ámbito agropecuario, como a lo largo de los años, las materias primas utilizadas en la alimentación animal sufren fluctuaciones, en precio, calidad y disponibilidad (Ortega 1998). Lo que conlleva a diferentes obstáculos para el productor, por el aumento de precio en los alimentos balanceados o por la disminución de los valores nutricionales de las materias primas; al final, esto repercute en los sistemas de producción pecuaria, lo que conlleva a bajas ganancias de peso y mayor tiempo de salida al mercado (Ortega 1998). Por tal razón, la búsqueda y uso de alternativas nutricionales, permite mantener la constancia en el aporte de nutrimentos, la estabilidad de la dieta y a la no dependencia de las fluctuaciones de los mercados internacionales, por lo que la inclusión del tiquisque en la alimentación animal podría ser una opción para el productor.

Las raíces y tubérculos figuran entre los alimentos antiguos y de importancia nutricional, ecológica y económica. Desde el punto de vista nutricional, estos cultivos tienen un papel importante como fuente de energía y nutrimentos esenciales, al mismo tiempo pueden proveer una composición balanceada a la dieta (Poot-Matu et al. 2002). Estas son de alta disponibilidad en el trópico y propugnan las investigaciones orientadas a la

¹Curso AZ-4100. Práctica Laboral y Profesional I. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 2013. Correos electrónicos: marianazeledonch@hotmail.com; adriangm1991@gmail.com y rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

mejor utilización de éstos para la alimentación animal de animales monogástricos, así como de rumiantes (Sarmiento et al. 2005).

Uno de los tubérculos que se encuentran en esta categoría es el tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). Es una hierba perenne formada por un tallo subterráneo o cormo en el cual un meristema apical forma una corona de pocas hojas. En los primeros seis meses el follaje se desarrolla y forma la mayor parte de la planta; pero dos o cuatro meses después los tallos subterráneos aumentan de forma considerable en peso y el follaje permanece estable (León 1987).

En cuanto al mercado local, este es pequeño, por lo cual los procesos de investigación sobre la agronomía y la poscosecha de esta hortaliza se iniciaron hasta hace pocos años. Las siembras comerciales del tiquisque se dedican en su mayoría a la exportación; durante 1996 se exportaron casi tres millones de kilogramos de cormos frescos, que generaron un ingreso total de divisas de dos millones de dólares. Los mercados importantes durante ese año fueron Puerto Rico (90%) y Estados Unidos (6%) (Bolaños 2001), pero para los años 2003 al 2006 Estados Unidos superó en importaciones a Puerto Rico (Figura 1). La comercialización del tiquisque para el año 2012 disminuyó en 63,97 toneladas, después de un proceso de aumento (Figura 2), lo cual se podría relacionar a un problema fitosanitario del cultivo, el Mal Seco (*Pythium myriotylum*), una enfermedad que ataca dicho cultivo. En el ámbito nacional el tiquisque constituye uno de los cultivos con buenos precios, debido a su principal factor controlador de la oferta, el Mal Seco, la cual afecta los sembradíos y por ende los productores tienen mermas en las cosechas (Rodríguez 2007). En la figura 3, se puede observar la variación de los precios anuales, donde se mantiene constante a través de los años y según el lugar donde se compre. También, constituye el tercer tubérculo producido a nivel nacional, al igual que el tercer en área sembrada. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue determinar el uso del tiquisque en la alimentación animal y describir sus posibles valores nutricionales, niveles de inclusión, factores antinutricionales y sistemas de producción pecuarios de interés zootécnico.

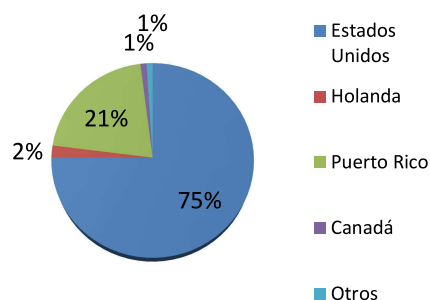


Figura 1. Exportaciones del tiquisque en toneladas según el país de destino
Fuente: Rodríguez (2007)

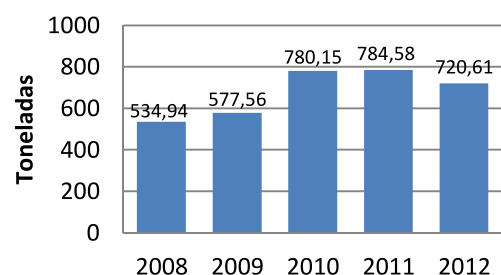


Figura 2. Comercialización anual del tiquisque en toneladas durante los años 2008 al 2012
Fuente: Consejo Nacional de Producción (2012)

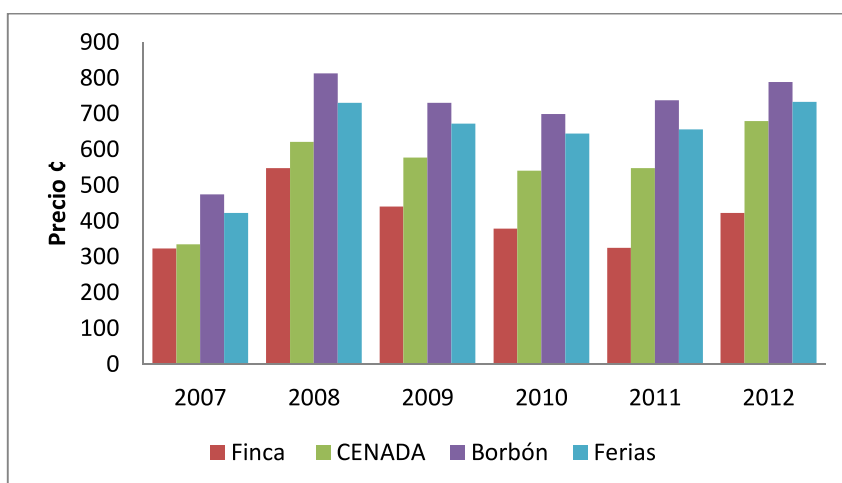


Figura 3. Precios anuales de los mercados nacionales para el tiquisque
Fuente: Consejo Nacional de Producción (2012)

Descripción del cultivo

El tiquisque es originario del trópico americano, donde se encuentra la mayor variabilidad genética (Bolaños 2001). Se considera una planta herbácea de 2 m de altura, a los 9-12 meses de edad, succulenta, sin tallos aéreos (Montaldo 1991). Se reconocen tres tipos de tiquisque, el blanco, el morado y el amarillo. En ellos existe una gran diversidad de clones. En nuestro país se siembra el tiquisque blanco y el morado para la exportación (Bolaños 2001). En los últimos años, se introdujo al país clones de tiquisque blanco y amarillo con el propósito de aumentar la base genética de este cultivo (Bolaños 2001).

Manejo del cultivo

Según Bolaños (2001) se propaga en forma vegetativa. En terrenos nuevos, la preparación del lote se inicia con una pasada de arado, la que se hace con suficiente anticipación, para permitir que las malezas broten, antes de continuar con una pasada de rastre. Este no es exigente en cuanto al grado de preparación del suelo, por lo que no es conveniente invertir muchos recursos en ella. Se produce bien en climas tropicales calientes, con una temperatura media de 25°C y mínima de 18°C, con alta humedad relativa. Soporta vientos suaves, pero el período vegetativo debe estar libre de heladas. Es una planta de fotoperiodo corto a medio para obtener una producción adecuada de cormelos (12-14 horas). Requiere un régimen de lluvias de 800-1000 mm durante su ciclo de producción y soporta periodos cortos de sequía (Montaldo 1991). Los mejores resultados se obtienen en suelos arenosos, suelos friables y en lo posible, que posean cierta proporción de materia orgánica (Montaldo 1991). No debe cultivarse en suelos arcillosos. Su pH óptimo está localizado entre 5,5-6,5; soporta cierto grado de salinidad y requiere buen drenaje (Montaldo 1991).

Áreas de siembra en el país

Se cultiva en la región del trópico bajo húmedo, como las llanuras del Norte, el Atlántico y en el Sur del país (Bolaños 2001). Esta raíz tropical se cultiva también en el Pacífico Central y en las zonas bajas de Heredia, San José y Alajuela (Bolaños 2001). No existen épocas de siembra determinadas y más bien, es la demanda del mercado la que influye en la calendarización de las siembras. Los agricultores que producen tiquisque para la exportación, tratan de escalonar sus siembras para suplir el mercado durante todo el año (Bolaños 2001).

Edades adecuadas para la cosecha

La cosecha inicia entre los 8 y 11 meses después de la siembra. Una vez que las plantas alcanzan la madurez de cosecha, sus hojas se tornan amarillas y mueren. La cosecha se puede atrasar por varios meses sin que afecte la calidad del tubérculo (Bolaños 2001).

Parte de la plata que se utiliza para el consumo animal

El cormo es una reserva de nutrimentos y agua (León 1987). Este tallo subterráneo puede ser simple o ramificado. La parte comestible de mayor calidad son los tubérculos que se forman del cormo, de estructura igual a este (León 1987). El ganado bovino, caprino y ovino consume las hojas de la planta, las cuales son nutritivas en comparación con un buen forraje, mientras que los cerdos pueden ser alimentados con las raíces cocinadas (FEEDIPEDIA 2011).

Rendimientos del tiquisque

Los rendimientos nacionales son de 10 toneladas por hectárea cuando no existe presencia del Mal Seco (Rodríguez 2007), aunque también los rendimientos y los pesos promedio de los cormelos varían según el tipo de propagación con el cual se sembró (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento en t/ha y peso promedio en gramos de los cormelos comerciales de tiquisque cosechados

Tipo de propagación	Rendimiento (t/ha)	Peso promedio de cormelos comerciales (g)
Parte apical del hijuelo	6,87	137
Parte media del hijuelo	9,32	243
Parte basal del hijuelo	5,09	183
Parte central del cormo	4,68	135
Parte basal del cormo	11,22	187
Cormelos pequeños	5,43	111
Yemas en inicio de engrosamiento	3,74	114

Fuente: Montaldo (1991)

Valor nutricional

En el cuadro 2, se resume el contenido nutricional según la parte o forma de procesamiento que se le aplica al tubérculo; los cuales muestran una alta variación. La humedad de los cormelos se encuentra alrededor del 12% en las harinas y es mayor en las partes frescas donde se encuentra entre 85-90% de humedad (Palomino 2010); debido a esta gran humedad, el uso del tiquisque fresco hace que la preservación, transporte y manejo en general se dificulte. La proteína tiene sus niveles más bajos en la cáscara (5,25%), debido a este contenido bajo requiere de una suplementación proteica en la alimentación animal; mientras que en las hojas, estos son altos (29,70%). En cuanto a la fibra, Palomino (2010), menciona que la harina de tiquisque (parte comestible y cáscara) se considera un material con un alto valor nutricional. Según Apata (2012), la cantidad de energía es moderada en comparación con el maíz; en promedio, el tiquisque tiene 1.200 Kcal/kg.

Factores antinutricionales

En el tiquisque se encuentran oxalatos, cianuro, taninos, fitatos, nitratos y fenoles, donde los oxalatos son los factores más estudiados con una concentración promedio de 2,26% (Cuadro 3). El factor antinutricional de mayor concentración son los nitratos, estos son reducidos a nitritos por los microorganismos presentes en la flora ruminal e intestinal. Estos iones son absorbidos y oxidan la hemoglobina a metahemoglobina lo que genera hipoxia en el animal (Roige y Tapia 1996). Lo que podría afectar la función de la glándula tiroides (Orosco y Rojas 2010). Por ejemplo, en pollos de engorde al aumentar las concentraciones de nitratos en la dieta se aumenta la mortalidad (Orosco y Rojas 2010), situación que limita la inclusión de esta en sistemas de producción avícola, en comparación a sistemas de producción de cerdos.

Cuadro 2. Valor nutricional del tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*), según parte y tipo de procesamiento aplicado al tubérculo

Autor	MS* (%)	PC (%)	EE (%)	Cenizas (%)	FC (%)	Carbohidratos totales (%)	FDN (%)	FDA (%)	Energía (Kcal/kg)	EB (kcal/kg)
Hojas										
Sarria et al. (s.f.)	9,90	24,00	8,00	11,50	12,4	-	24,60	14,60	-	-
Rodríguez et al. (2006)	11,00	24,80	-	13,30	14,2	-	25,50	19,80	-	-
Lumu y Katonge (2011)	9,70	29,70	6,20	14,80		-	31,50	11,90	-	-
Apata y Babalola (2012)	8,20	20,60	11,7	12,10	12,1	-	-	-	-	2.314
Botero (2004)	16,00	22,90	7,20	14,60	10,0	-	-	-	-	-
Tallo										
Sarria et al. (s.f.)	5,60	9,10	4,70	12,00	13,1	-	23,10	17,00	-	-
Botero (2004)	6,00	13,00	2,40	21,40	15,6	-	-	-	-	-
CIRAD (1991)	5,80	13,00	2,40	21,40	15,6	-	-	-	-	-
Zona aérea tallo y hojas										
CIRAD (1991)	16,00	13,70	3,80	8,90	6,20	-	-	-	-	-
Cáscara fresca										
Antúñez (1995)	26,86	7,35	-	-	5,45	-	-	-	-	-
Yahaya et al. (2013)	24,22	13,40	1,71	-	16,7	43,52	-	-	-	-
CIRAD (1991)	29,50	8,30	1,30	8,50	11,4	-	-	-	-	-
Pulpa de tubérculo										
Antúñez (1995)	-	7,75	-	-	1,95	-	-	-	-	-
Tubérculo fresco										
Antúñez (1995)	20,70	15,10	-	-	7,40	-	-	-	-	-
Apata y Babalola (2012)	24,90	7,90	0,70	5,20	1,90	-	-	-	-	3.474
Morales (2007)	38,00	-	0,10	1,60	0,90	-	-	-	1.490	-
Harina del tubérculo										
Uchegbu et al. (2010)	87,20	19,14	7,08	4,30	9,45	47,23	-	-	-	-
Harina de parte comestible										
Palomino et al. (2010)	89,96	6,37	0,88	4,25	5,19	77,46	-	-	1.366	-
Harina de cáscara										
Palomino et al. (2010)	87,03	5,25	0,19	6,39	20,5	61,10	-	-	744	-
Mínimo	5,60	5,25	0,10	1,60	0,90	43,52	23,10	11,90	744	2.314
Máximo	89,96	29,70	11,7	21,40	20,5	77,46	31,50	19,80	1.490	3.474

*MS=Materia seca, PC=Proteína cruda, EE=Extracto etéreo, FC=Fibra cruda, FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácida; EB=Energía bruta

Cuadro 3. Factores antinutricionales presentes en el tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*)

Autor	Factores antinutricionales (%)						Observaciones
	Oxalatos	Cianuros	Taninos	Fitatos	Nitratos	Fenoles	
Lumu y Katonge (2011)	2,79	-	-	-	-	-	Es posible reducir los niveles de concentración con cocción, ensilaje y remojo
Yahaya et al. (2013)	1,56	3,40	3,04	1,51	-	-	-
Hang et al. (2011)	4,07	-	-	-	-	-	-
Pinto et al. (2001)	0,62	-	-	-	6,42	1,17	-

Los oxalatos son compuestos que varía su concentración según el tipo de suelo, fertilizante, zona y edad. Este compuesto tiene el problema que dentro del organismo se liga con el calcio lo que hace que este precipite y sea excretado por el organismo (Roige y Tapia 1996). A pesar de ello su efecto en el organismo no es tan perjudicial como otros compuestos, este se podría corregir al suplementar calcio o como mencionan Lumu y Katonge (2011) al reducir la concentración mediante el remojo, cocción o ensilaje del material.

Las intoxicaciones por taninos, los cuales son metabolitos secundarios de las plantas como método de defensa (García et al. 2005), son comunes en animales monogástricos. Este en conjunto con los fenoles, presentes en el tiquisque, forman complejos con las enzimas y proteínas, por lo cual se reduce la digestibilidad de las mismas, esto debido a que imposibilita la oxidación cuantitativa por parte de las enzimas (García et al. 2005). También estos compuestos generan daños en las membranas celulares, desbalances enzimáticos y depende la gravedad de la intoxicación, se presentan obstrucciones en el sistema nervioso periférico (Otero e Hidalgo 2004). Sin embargo, son compuestos lábiles por lo que con brindarle un tratamiento al material como cocción, ruptura mecánica, radiación o procesos de

fermentación se pueden reducir la concentración de taninos, debido a esto no se observan problemas con altos niveles de inclusión hasta 40% en cerdos y 20% en aves (Apata y Babalola 2012).

En el caso del cianuro, es un toxico potente y de rápido efecto en el organismo, bloquea la respiración celular al combinarse el ion cianuro con una enzima indispensable para el proceso, la citocromo oxidasa (Arteche et al. 2010). Hay diferentes vías para la eliminación, vía pulmonar o renal mediante su transformación a tiocianato (Arteche et al. 2010). Estos problemas pueden evitarse si se le da una edad de cosecha adecuada, donde a partir de 8 semanas de edad posterior a la siembra los niveles tienden a disminuir (Alfonso et al. 1991).

Los fitatos son moléculas ligadas con fósforo, unión que hace al fósforo no biodisponible para los animales monogástricos, ya que estos no tienen la enzima necesaria para separar este complejo, aunque en los animales rumiantes por medio de las bacterias del rumen el fosforo es aprovechado (Savón y Scull 2006). Para evitar esta deficiencia se puede suplementar con fósforo o con fitasas en el alimento balanceado, Pizzani et al. (2008) mencionan que si la concentración de fitatos es superior o igual al 80% del fosforo total no se ve afectada la función enzimática por lo que no sería necesario suplementar. En el tiquisque la concentración de fitatos es baja en una dieta balanceada no debería crear inconvenientes.

Niveles de inclusión por especie

Según el cuadro 4, los estudios realizados en cerdos prestan atención en la digestibilidad de la materia seca y de la proteína de las dietas cuando incluyen en la ración forraje, sea fresco o seco del tiquisque, por la fuente proteica, los estudios concuerdan en un máximo de inclusión de 30%, debido a que si se supera este valor se observan cambios negativos en el consumo y la digestibilidad de la materia seca. Sin embargo, Rodríguez et al. (2009) mencionan que por problemas con la formulación, debido a que no se alcanzan dietas isoenergéticas e isoproteicas, las pruebas informadas con inclusión del 30%, presento una inclusión real de 25%. Sin embargo, cuando el forraje es ofrecido en forma de ensilaje, se puede incluir en la dieta hasta

40% (rango de 20-40% de inclusión) sin perjudicar el crecimiento de los cerdos jóvenes (Apata y Babalola 2012).

En aves, por su parte, se analizaron rangos productivos como ganancia de peso y consumo, donde al incluir 10% de harina del tubérculo de tiquisque se obtiene ganancias de peso diarias de 6,43 g superiores al control. Aunque cuando se aumento a 15% el consumo diario fue 9,78 g superior al control mientras que los parámetros productivos durante el periodo del ensayo no se vieron afectados (Uchegbu et al. 2010). Sin embargo, Apata y Babalola (2012) informa que a un nivel de 20% de inclusión no se muestran cambios significativos en los parametros productivos. En ambos estudios, se coincide que por motivos de los factores antinutricionales presentes en el tiquisque, altos niveles de inclusión serian contraproducente en aves.

Cuadro 4. Niveles de inclusión de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*) en diferentes especies productivas, según la parte del cultivo y su presentación

Autor	Nivel de inclusión	Observaciones
Harina del forraje		
Sarria et al. (s.f.)	30% en cerdas	No afecta el proceso digestivo
Hojas frescas		
Rodríguez et al. (2006)	25% en cerdos	No afecta el proceso digestivo ni el consumo de materia seca
Parte aérea fresca (tallo y hojas)		
Botero (2004)	30% en cerda adultas	No afecta el proceso digestivo
Ensilaje de parte aérea		
Apata y Babalola (2012)	20-40% en cerdos	
Harina del tubérculo		
Uchegbu et al. (2010)	15% en finalización de pollo de engorde	10% de inclusión optimiza la ganancia de peso diaria y 15% para maximizar consumo
Apata y Babalola (2012)	20% en finalización de pollo de engorde	

Conclusiones

El tiquisque puede ser una alternativa en la suplementación animal, ya que este cultivo es barato y fácil de cultivar, además sus valores nutricionales son aceptables. Este cultivo posee varios factores antinutricionales, como nitratos, oxalatos, taninos, cianuro y fitatos; los cuales limitan la inclusión en la dieta de los animales, según la especie a suplementar. Los niveles de inclusión en monogástricos son altos, aunque se observa que si se ofrece más de lo indicado, los animales podrían presentar ganancias de peso menores y rechazo por el alimento.

Literatura citada

ALFONSO H., HERNANDEZ C., MIRABAL S. 1991. Contenido de cianuro en cuatro variedades de *Sorghum bicolor*. *Protección Vegetal* 6(2-3):145 – 149.

ANTUNEZ D. 1995. Efecto de la vinaza y la melaza en el consumo y preferencia del tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*) para bovinos en pastoreo continuo. Tesis de licenciatura. Escuela de Agricultura de la Región Húmeda EARTH, Guácimo, Costa Rica. 50 p.

APATA D., BABALOLA T. 2012. The use of cassava, sweet potato and cocoyam, and their by-products by non-ruminants. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering* 2(4):54–62.

ARTECHE M., PEREZ L., KATINE I. 2010. Liberación controlada de tiosulfato sódico en parches transdérmicos: una solución a la intoxicación por cianuro en consumo forrajero en el ganado. *Iberoamericana de Polímeros* 11(4):189–199.

BOLAÑOS A. 2001. Introducción a la olericultura. EUNED. San José, Costa Rica.

BOTERO M. 2004. Valor nutricional de forrajes arbustivos para cerda adulta. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Colombia. 45 p.

Consejo nacional de la producción. 2012. San Jose, Costa Rica.

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). 1991. Información obtenida de la página de internet del centro de investigación

FEEDIPEDIA. 2011. Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*). FAO

GARCIA D., MEDINA M., SOCA M., MONTEJO I. 2005. Toxicidad de las leguminosas forrajeras en la alimentación de los animales monogástricos. Pastos y Forrajes 28(4):279–289.

HANG D., BINH L., PRESTON T., SAVAGE G. 2011. Oxalate content of different taro cultivars grown in central Vietnam and the effect of simple processing methods on the oxalate concentration of the processed forages. Livestock Research for Rural Development 23(6).

LEÓN J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

LUMU R., KATONGOLE C. 2011. Comparative reduction of oxalates from New Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) leaves by four processing methods. Livestock Research for Rural Development 23(11).

MONTALDO A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

MORALES A. 2007. El cultivo del tiquisque. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San Isidro de Pérez Zeledón, Costa Rica.

OROSCO C., ROJAS M. 2010. Efecto de la adición de nitratos a la dieta sobre la mortalidad de pollo broiler. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia 57(2).

ORTEGA J. 1998. Análisis retrospectivo de precios y sensibilidad del nivel óptimo económico de energía metabolizable y proteína cruda en dietas multiblending para pollo de engorda. Tesis de licenciatura. Universidad de Colima. México

OTERO M., HIDALGO L. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. Livestock Research for Rural Development 16(2).

PALOMINO C., MOLINA Y., PEREZ E. 2010. Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. Revista Agronomía (UCV) 36(2):58–66.

PINTO N., CARVALHO V., CORRÊA A., RIOS A. 2001. Avaliação de fatores antinutricionais das folhas da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* SCHOTT). Ciência e Agrotecnologia 25 (2): 601–604.

PIZZANI P., GODOY S., LEON M., RUEDA E., CASTEÑANA M., ARIAS A. 2008. Efecto de concentraciones crecientes de fósforo fítico sobre la actividad de las enzimas fitasa y fosfatasa alcalina en el epitelio intestinal de ovinos jóvenes. FCV-LUZ 18(1):59–64.

POOT-MATU J., CENTURIÓN D., ESPINOSA J., CÁZARES J., MIJANGOS M. 2002. Rescate e identificación de raíces y tubérculos tropicales subexplotados del estado de Tabasco México. Etnobiología (2):59-73.

RODRIGUEZ L., LOPEZ D., PRESTON T., PETERS K. 2006. New Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) leaves as partial replacement for soya bean meal in sugar cane juice diets for growing pigs. *Livestock Research for Rural Development* 18(7).

RODRÍGUEZ S. 2007. Planificación de la agro-cadena de tiquisque en la región central sur de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección Región Central Sur. Agencia De Servicios Agropecuarios De Cárara. Costa Rica.

ROIGE M., TAPIA M. 1996. Efecto de algunos tóxicos de origen vegetal y fúngico en el rumen. *Archivos de Medicina Veterinaria* 28(1):5–16

SARMIENTO L., SANTOS R., SEGURA J.C. 2005. Alimentación no convencional para monogástricos. Experiencias en el trópico mexicano. In: *Alimentación no Convencional para Animales Monogástricos en el Trópico*. Guanare. pp 10

SARRIA P., LETERME P., LONDOÑO A., BOTERO M. Sin fecha. Valor nutricional de algunas forrajeras para la alimentación de monogástricos. (En línea) Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Colombia. Consultado 17 de marzo de 2013. Disponible en:

http://www.sian.info.ve/porcinas/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/patricia.htm

SAVON L., SCULL I. 2006. Avances en los métodos para disminuir el efecto de factores antinutricionales en alimentos para especies monogástricas. *Computadorizada de Producción Porcina* 13(1).

UCHEGBU M., OMEDE A., CHIEDOZIE J., NWAODU C., EZEKEKE C. 2010. Performance of Finisher Broilers fed varying levels of raw (sun-dried) Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) Corn Meals. *Report and Opinion* 2(8):22–25.

YAHAYA I., NOK A., BONIRE L. 2013. Chemical Studies of the Peel of *Xanthosoma sagittifolium* (*Tannia Cocoyam*). *Pakistan Journal of Nutrition* 12(1):40–44.

UCHEGBU M., OMEDE A., CHIEDOZIE J., NWAODU C., EZEKEKE C. 2010. Performance of Finisher Broilers fed varying levels of raw (sundried) Cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) Corm Meals. Report and Opinion 2(8):22–25.

CAPÍTULO V

USO DE ÑAMPÍ (*Dioscorea trifida*) Y ÑAME (*Dioscorea spp.*) EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Solangie Gamboa Retana¹ , Luis Zamora Cerdas¹ y Rodolfo WingChing-Jones¹

INTRODUCCION

El ñame es un cultivo de importancia socioeconómica, en especial para los países en desarrollo situados en los trópicos, se cultiva a mayor escala en África, Caribe, Asia y Oceanía (Gonzáles 2012). Los ñames son plantas dioicas de la familia Dioscoreaceae, producen tubérculos y bulbillos (tubérculos aéreos), esta familia está representada entre seis y nueve géneros, y alrededor de 600 a 900 especies (Gonzáles 2012). Aunque existen varias especies, la de mayor importancia como cultivo comercial en Costa Rica es *Dioscorea alata* (MAG 1991). Esta planta es cultivada con fines de exportación para los mercados de New York y Florida en Estados Unidos (MAG 1991). Según Chacón et al. (2005), el ñame también se exporta a Europa y el Caribe donde son consumidos por comunidades latinas.

En el caso del yampí es una planta monocotiledónea, que pertenece a la misma familia del ñame (Dioscoreaceae), su nombre científico es *Dioscorea trifida* L, se caracteriza por presentar raíces tuberosas pequeñas, de unos 15 cm de largo (Bou et al. 2006). Es originario de América tropical y se cultiva en menor escala en el Sureste de Asia, es apreciado por el sabor y la fina textura, para el 2006 el uso principal de este tubérculo a

¹Curso AZ-4100. Práctica Laboral y Profesional I. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica 2013. Correos electrónicos: solgr23@hotmail.com, wicho zamora@gmail.com y rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

nivel mundial fue como consumo directo como hortaliza cocida para la alimentación humana (Bou et al. 2006).

Condiciones de adaptación

Los suelos fértiles, profundos y sueltos, de topografía plana son los más convenientes para este cultivo (MAG 1991). Además, tolera un amplio rango de pH, sin embargo se optimiza la producción del ñame cuando el pH se encuentra entre 5 y 6 (Montaldo 1991). Al ser una planta tropical, se desarrolla en temperaturas medias entre 25 y 30 °C, la temperatura de 20 °C se considera como la temperatura donde la planta no crece de forma adecuada y la producción se reduce (Montaldo 1991). Presenta un requerimiento de agua entre los 1.500 y 2.000 mm/año (FAO 2006). Las regiones Huetar Norte, Huetar Atlántica y Brunca son zonas productoras de ñame (Quirós et al. 2007), en la zona Atlántica, *D. alata* es cultivada en los cantones de Pococí, Talamanca y Siquirres, mientras que *D. trifida* se cultiva en Pococí y Talamanca (MAG 1991).

Principales plagas y enfermedades que afectan al ñame y al ñampí

El ñame es atacado por el cucarrón (*Heteroligus meles*) (Montaldo 1991), mientras que el yampí es atacado por nematodos del género *Pratylenchus*, los cuales, producen agrietamientos y apariencia carbonosa en la cáscara (MAG 1991). Además, el ñame es atacado por la antracnosis, la cual es una enfermedad que causa manchas negras a lo largo de las nervaduras, lesiones en las partes bajas de la planta y en tallos, hasta que causa la muerte de la planta (MAG 1991).

Cosecha

De acuerdo con Quirós et al. (2007) el ciclo vegetativo es de 8-9 meses, la siembra se puede realizar tanto en la estación seca o húmeda; sin embargo se acostumbra sembrar en octubre, noviembre y diciembre, para cosechar en los meses de julio, agosto y setiembre, meses de mayor demanda del producto. Se pueden obtener rendimientos de 12.000 a 15.000 kilogramos de ñame por hectárea, mientras que en el caso del ñampí se pueden obtener rendimientos de 5.000 a 10.000 kilogramos por hectárea (Quirós et al. 2007).

Características nutricionales

Los ñames se consideran como alimento energético, por su alto contenido de almidón (Techeira et al. 2010), poseen un contenido bajo de proteínas, pero con un buen balance de aminoácidos esenciales, además contiene fibra, vitaminas (ácido ascórbico) y minerales (calcio y fósforo) (Delahaye et al. 2008). Según Delahaye y Techeira (2009) los extractos y harinas contienen compuestos antioxidantes, que incrementan su valor nutricional. En el cuadro 1, se muestra la composición nutricional de ñames frescos y sin la presencia de la cáscara. Se observa como las diferentes especies de ñame pelados presentan un mejor aporte de materia seca en comparación con un forraje como por ejemplo el de Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) (Villalobos 2010), además se caracteriza por poseer un alto contenido de extracto libre de nitrógeno, un buen aporte de energía, así como un bajo contenido de extracto etéreo y proteína.

Al comparar los promedios obtenidos en el cuadro 1, con otros subproductos que se utilizan en la alimentación de rumiantes, como lo es el caso de la pulpa de cítricos deshidratada, presentan un valor similar en proteína cruda, en cuanto a fibra posee un valor más alto al de la pulpa de cítricos, con respecto a la fracción de extracto libre de nitrógeno y energía, el ñame supera a la pulpa de cítricos (Calsamiglia et al. 2004). El contenido de calcio en el ñame es menor y el de fósforo es mayor comparado con este mismo subproducto (Calsamiglia et al. 2004). Características que potencian su uso en la alimentación de especies rumiantes de interés zootécnico.

En el caso de la alimentación de monogástricos, el maíz, es una materia prima de uso amplio. Al comparar las dos fuentes energéticas (ñame y maíz), Mata (2011) describe valores de materia seca del maíz de 85,3%, proteína cruda de 7,60%, extracto etéreo en 3,60%, cenizas 1,60 e igual contenido de fibra cruda. Valores que superan al contenido de materia seca, proteína cruda y extracto etéreo del ñame (Cuadro 1), pero el tubérculo muestra mejores valores de cenizas y fibra cruda. Condiciones que requieren de un estudio detallado, para la sustitución de fuentes alternativas como el ñame, por el maíz.

Cuadro 1. Composición nutricional de siete especies de ñames (*Dioscorea spp.*) frescos y sin la cáscara

Referencia	MS* (%)	PB (%)	FB (%)	Ceniza (%)	EE (%)	ELN (%)	Ca (mg/100g)	P (mg/100g)	Energía Kcal/kg
<i>D. rotundata</i>									
Göhl (2012)	24,1	4,4	1,5	2,80	0,30				4.110
Mcanuff et al. (2005)	14,7	6,2	1,8	0,98		82,0			
Polycarp et al. (2012)	41,8	4,4	1,2	1,29	0,41	87,3	0,10	0,16	3.763
Polycarp et al. (2012)	36,8	4,0	1,7	2,57	0,46	85,5	0,09	0,21	3.678
<i>D. bulbifera</i>									
Shajeela et al. (2011)	13,6	7,3	3,5	3,31		79,8	0,34	0,15	4.028
Bhandari et al. (2003)	30,5	10,2	3,6	3,93	0,98	84,9	0,03	0,06	3.901
Polycarp et al. (2012)	31,4	5,4	2,3	8,15	0,55	81,8	0,10	0,22	3.589
Polycarp et al. (2012)	35,9	5,3	2,0	7,73	0,53	82,5	0,12	2,24	3.615
<i>D. cayenensis</i>									
Göhl (2012)	16,1	5,4	0,8	3,00	0,20				
Mcanuff et al. (2005)	17,1	4,8	3,0	0,98		82,6			4.110
Polycarp et al. (2012)	31,4	5,8	1,9	5,48	0,50	80,0	0,07	0,16	3.529
Polycarp et al. (2012)	31,0	5,3	2,4	5,22	0,53	80,7	0,08	0,19	3.543
<i>D. prohensalis</i>									
Polycarp et al. (2012)	35,9	5,4	1,4	4,90	0,48	82,5	0,08	0,20	3.613
<i>D. dumetorum</i>									
Polycarp et al. (2012)	24,3	6,2	3,5	7,79	0,61	77,9	0,03	0,27	3.471
Polycarp et al. (2012)	20,7	6,5	2,1	7,79	0,61	77,5	0,03	0,29	3.468
<i>D. alata</i>									
Göhl (2012)	26,2	7,3	2,3	5,20	0,60				4.063
Baah et al. (2009)	27,7	5,1		3,60		69,6	0,31	0,15	
Shajeela et al. (2011)	17,1	7,6	4,0	3,56		79,5	0,45	0,14	3.956
Montaldo (1991)	23,9	8	3,5	4,30	0,50	83,8	0,40	0,23	
Mcanuff et al. (2005)	23,5	7,6	4,3	2,09		77,9			
Polycarp et al. (2012)	35,1	6,1	1,7	6,29	0,81	81,1	0,02	0,24	3.613
Polycarp et al. (2012)	33,2	5,9	1,6	6,19	0,82	80,5	0,01	0,22	3.582
<i>D. esculenta</i>									
Göhl (2012)	18,6	7,7	1,0	2,70	0,10				4.158
Shajeela et al. (2011)	16,7	9,8	6,6	5,17		73,8	0,31	0,14	3.755
Polycarp et al. (2012)	22,8	5,6	2,2	8,5	0,76	79,8	0,02	0,27	3.538
Polycarp et al. (2012)	23,2	5,7	2,3	7,57	0,73	80,0	0,03	0,29	3.549
Mínimo	13,6	4,0	0,8	0,98	0,10	69,6	0,01	0,06	3.468
Máximo	41,8	10,2	6,6	8,50	0,98	87,3	0,45	2,24	4.158
Promedio	25,9	6,3	2,5	4,66	0,55	80,5	0,14	0,31	3.726

*MS: Materia seca, PB: Proteína bruta, FB: Fibra bruta, EE: Extracto etéreo, ELN: Extracto libre de nitrógeno, Ca: Calcio, P: Fósforo.

En el cuadro 2, se describe la composición nutricional de la cáscara de cuatro especies de ñame, en él se puede observar como las cáscaras presentan un alto contenido de energía, así como un valor de proteína más alto que el ñame pelado (Cuadro 1). Lo que indica que las cáscaras podrían ser una buena alternativa en la alimentación

animal, ya que aportarían un buen contenido energético a la dieta, además al presentar un contenido de fibra más alto que el ñame pelado se podría alimentar animales con requerimientos más altos de fibra. Además, se utilizarían desechos de la alimentación humana en la alimentación animal, lo que reduce posibles casos de contaminación.

Cuadro 2. Composición nutricional de la cáscara de cuatro especies de ñame

Referencia	Especie	MS* (%)	PB (%)	FB (%)	Ceniza (%)	EE (%)	ELN (%)	Energía (Kcal/kg)
Göhl (2012)	<i>D. alata</i>	25,9	11,7	6,6	9,5	1	71,2	4.015
Yahaya et al. (2007)	<i>D. alata</i>	24,4	4,59	9,7		0,6		
Göhl (2012)	<i>D. rotundata</i>	17,7	11,2	9,5	9,8	1,2	68,3	4.015
Göhl (2012)	<i>D. cayenensis</i>	21,7	7,4	7,6	7,5	0,7	76,8	4.015
Göhl (2012)	<i>D. esculenta</i>	7,0	10,0	7,6	6,3	0,9	75,2	4.134
Mínimo		7,0	4,6	6,6	6,3	0,6	68,3	4.015
Máximo		25,9	11,7	9,7	9,8	1,2	76,8	4.134
Promedio		18,5	8,7	8,2	8,2	0,9	72,9	4.055

*MS: Materia seca, PB: Proteína bruta, FB: Fibra bruta, EE: Extracto etéreo, ELN: Extracto libre de nitrógeno, Ca: Calcio, P: Fósforo.

Con respecto a la calidad nutritiva de la harina de ñame, en el cuadro 3, se observa que presentan un buen aporte de nutrimentos, por lo que podrían ser utilizadas como sustitutos de materias primas convencionales como el maíz en la elaboración de alimentos balanceados para animales, situación que permite reducir la dependencia de materias primas importadas.

Cuadro 3. Composición nutricional de la harina de ñame (*D. alata*)

Referencia	MS* (%)	PB (%)	FB (%)	Ceniza (%)	EE (%)	ELN (%)	Ca (%)	P (%)	Energía (Kcal/kg)
Rafiu y Biobaku (2006)	95,7	9,3	3,5	4,7	6,3	70,3	0,7	0,4	
Udensi et al. (2010)	93,5	6,8	1,1	3,1	1,1	87,6	0,1	0,1	3.853
Udensi et al. (2010)	92,5	6,3	1,1	2,3	0,9	83,5	0,1	0,1	3.673
Mínimo	92,5	6,3	1,1	2,3	0,9	70,3	0,1	0,1	3.673
Máximo	95,7	9,3	3,5	4,7	6,3	87,6	0,7	0,4	3.853
Promedio	94,0	7,6	2,1	3,4	3,1	79,9	0,3	0,2	3.763

*MS: Materia seca, PB: Proteína bruta, FB: Fibra bruta, EE: Extracto etéreo, ELN: Extracto libre de nitrógeno, Ca: Calcio, P: Fósforo.

Otra alternativa a utilizar en la alimentación animal es el ñame fresco sin pelar, el cual aporta un buen contenido de nutrimentos y facilita el manejo de éste a la hora de

incluirlo en la dieta de los animales, ya que no se incurriría en gastos de mano de obra a la hora de la extracción de la cáscara, además el contenido de fibra aumenta al incluirla, lo cual es importante para mantener la salud intestinal de los animales monogástricos (Göhl 2012). En el cuadro 4, se muestra la composición nutricional de cuatro especies de ñame frescos.

Cuadro 4. Composición nutricional de cuatro especies de ñame fresco

Especie	MS (%)	PB (%)	FB (%)	Ceniza (%)	EE (%)	ELN (%)	Energía (Kcal/kg)
<i>D. alata</i>	29,8	8,9	2,6	5,1	0,8	82,6	4.087
<i>D. rotundata</i>	26,2	5,9	2,4	4,3	0,5	86,9	4.087
<i>D. cayenensis</i>	16,6	6,2	2,4	3,2	0,4	87,8	4.134
<i>D. esculenta</i>	18,6	8,7	3,5	4,2	0,5	83,1	4.134
Mínimo	16,6	5,9	2,4	3,2	0,4	83,1	4.087
Máximo	29,8	8,9	3,5	5,1	0,8	87,8	4.134
Promedio	22,9	7,4	2,8	4,2	0,6	85,1	4.110

*MS: Materia seca, PB: Proteína bruta, FB: Fibra bruta, EE: Extracto etéreo, ELN: Extracto libre de nitrógeno, Ca: Calcio, P: Fósforo.

Fuente: Göhl (2012).

La parte aérea del ñame también puede ser utilizado en la alimentación animal, resultados observados por Göhl (2012) indican que posee 75,9% de humedad, 12% de proteína, 25,3% de fibra bruta, 7,9% de cenizas, 2,3% de extracto etéreo, 52,3% de extracto libre de nitrógeno, 0,95% de calcio, y 0,16% de fósforo. Al comparar la parte aérea del ñame (hojas y tallos) con el tubérculo (*D. alata*), se puede observar como en la variedad de ñame fresco hay un contenido mayor de materia seca, pero con un contenido menor de proteína, fibra, cenizas, extracto etéreo y energía metabolizable. El valor de fibra que posee la parte aérea, es importante para incluirlo en dietas, en especial en rumiantes, con capacidad de aprovecharla, así también en la alimentación para caballos, los cuales pueden aprovechar el aporte energético que posee.

En el cuadro 5 se muestra la composición nutricional de la harina de dos variedades de ñampí (*D. trifida*), así como el material fresco. Las harinas de ñampí son una buena fuente de carbohidratos, la cual podría ser utilizada en sustitución de una materia prima

convencional en la elaboración de alimentos balanceados. Además se observa como nutrimentos que están dentro de la materia seca no varían, al transformarlo en harina, como lo es el extracto libre de nitrógeno (ELN), el extracto etéreo (EE) y las cenizas, sin embargo, el contenido de proteína disminuye a la mitad, esta última presenta valores de proteína similares, cuando se compara al del ñame (en fresco) (Cuadro 4).

Cuadro 5. Composición nutricional del tubérculo de ñame (*D. trifida*) en fresco y en harina

Referencia	Forma	MS* (%)	PB (%)	FB (%)	Ceniza (%)	EE (%)	ELN (%)
Bou et al. (2006)	Harina	89,06	4,56	0,05	4,04	0,85	90,50
Bou et al. (2006)	Harina	89,37	4,84	0,06	3,91	1,29	89,90
Montaldo (1991)	Fresco	28,00	8,20	1,10	3,60	1,10	86,10
Mínimo		28,00	4,56	0,05	3,60	0,85	86,10
Máximo		89,37	8,2	1,10	4,04	1,29	90,50

*MS: Materia seca, PB: Proteína bruta, FB: Fibra bruta, EE: Extracto etéreo, ELN: Extracto libre de nitrógeno

Factores antinutricionales

El ñame comestible, cultivado y maduro, no contiene ningún principio tóxico según Dieter et al. (2006), sin embargo en los tejidos de los tubérculos inmaduros de *D. rotunda* y *D. cayensis* tiende a acumularse principios amargos, los cuales pueden ser polifenoles o compuestos parecidos a los taninos (Dieter et al. 2006). Los taninos presentes, podrían formar fuertes enlaces con las proteínas, lo cual evitaría su degradación ruminal en rumiantes (Dieter et al. 2006). Las variedades como *D. dumetorum* contienen principios amargos, que se reducen o eliminan cuando se coloca en agua salada, en agua dulce fría o caliente, o en una corriente de agua (FAO 1991).

Además, el ñame contiene diferentes sustancias tóxicas que podrían afectar tanto a humanos como animales cuando es consumido, según Bhandari y Kawabata (2004) la mayoría de los ñames causan irritación e inflamación de la garganta y de la cavidad bucal, además puede provocar trastornos gastrointestinales, vómitos y diarrea, en especial cuando se ingieren en grandes cantidades. Entre los factores antinutricionales que se encuentran en la planta están los polifenoles, oligosacáridos (α -galactósidos), lectinas, proteasas e inhibidores de amilasa (Medoua et al. 2007).

Asimismo, la presencia de inhibidores de enzimas en el ñame podría afectar la digestión del almidón y de la proteína lo que limita su utilización en la alimentación animal (Yang y Lin 2008). Los oxalatos y fitatos están asociados con una disminución en la biodisponibilidad de minerales, ya que se pueden unir a minerales para formar complejos insolubles o no digeribles en el lumen del tracto intestinal, lo que evita de este modo su absorción (Bhandari y Kawabata 2004).

En el cuadro 6, se muestran las concentraciones de los factores antinutricionales que se investigan en el ñame. Polycarp et al. (2012) informan de contenidos de taninos, fitatos y oxalatos bajos, lo que indica que es recomendable para el uso en la alimentación animal, sin embargo, en otro estudio realizado por Shojeela et al. (2011) las concentraciones obtenidas, muestra valores de taninos y de oxalatos altos, lo que podría causar un daño a la salud animal, por lo que se recomienda tener cuidado a la hora de suministrar el tubérculo como alimento a los animales. Esta variación en los contenidos de factores antinutricionales obtenida por los diferentes autores se podría relacionar, a las diferencias en la edad de cosecha, la forma de cultivar, la localidad geográfica del tubérculo o la condición de almacenamiento después de la cosecha, ya que estos factores pueden afectar los contenidos de factores antinutricional (Yang y Lin 2008). Además se puede observar como el ñame presenta mayores contenidos de oxalatos, lo cual podría causar problemas de absorción de calcio en los animales que lo consuman en grandes cantidades.

Impacto del uso del ñame y ñampí en la alimentación animal

Ganado de carne

Pimentel (1993) evaluó la digestibilidad de ñampí (*Dioscorea trifida Lam.*), mediante el método de digestibilidad *in situ*, en tres novillos cebú. Obtuvo una digestibilidad de 89,73% en ñampí en trozos secos, mientras que la yuca y el tiquizque presentaron valores de 98,08 y 90,40% respectivamente. Valores que superan la digestibilidad del ñampí, sin embargo, como fuente de carbohidratos podría ser utilizado en la alimentación de bovinos por su alta digestibilidad. Además, según Fuller (2004) la parte

aérea del ñame puede ser utilizada en la alimentación de los rumiantes, con buenos resultados.

Cuadro 6. Contenido de factores antinutricionales en 12 especies de ñame*

Referencia	Taninos (mg/100g)	Fitatos (mg/100g)	Oxalatos (mg/100g)	Cianuro (mg/100g)	Inhibidor de amilasa (AIU/mg almidón soluble)	Inhibidor de tripsina (TIU/mg proteína)
<i>D. rotundata</i>						
Polycarp et al. (2012)	4,56	2,60	0,58			
Polycarp et al. (2012)	6,94	2,54	0,59			
<i>D. bulbifera</i>						
Polycarp et al. (2012)	10,27	1,20	0,63			
Polycarp et al. (2012)	10,98	2,24	0,58			
Shojeela et al. (2011)	148		780	0,19	1,21	1,36
Bhandari y Kawabata (2004)		184	67	0,30*		
<i>D. cayenensis</i>						
Polycarp et al. (2012)	5,8	3,24	0,50			
Polycarp et al. (2012)	4,4	4,16	0,51			
<i>D. prohensalis</i>						
Polycarp et al. (2012)	8,1	2,19	0,52			
<i>D. dumetorum</i>						
Polycarp et al. (2012)	9,2	2,50	0,46			
Polycarp et al. (2012)	7,2	2,30	0,43			
<i>D. alata</i>						
Polycarp et al. (2012)	13,2	3,01	0,45			
Polycarp et al. (2012)	10,7	0,89	0,50			
Shojeela et al. (2011)	410		580	0,17	3,65	6,21
<i>D. esculenta</i>						
Shojeela et al. (2011)	200		330	0,21	7,8	1,92
Polycarp et al. (2012)	6,8	1,89	0,34			
Shojeela et al. (2011)	7,0	1,02	0,20			
<i>D. pentaphylla</i>						
Shojeela et al. (2011)	90		580	0,18	2,46	3,66
<i>D. spicata</i>						
Shojeela et al. (2011)	100		440	0,18	3,31	1,26
<i>D. tomentosa</i>						
Shojeela et al. (2011)	60		310	0,34	4,64	1,41
<i>D. versicolor</i>						
Bhandari y Kawabata (2004)		231	70	0,60*		
<i>D. triphylla</i>						
Bhandari y Kawabata (2004)		201	37	0,33*		
Minimo	4,4	0,89	0,20	0,17	1,21	1,21
Maximo	410	231	780	0,34	7,80	6,21
Promedio	58,6	40,3	145,5	0,21	3,85	2,61

*Datos en peso fresco

Porcinos

Con respecto al uso del ñame y el ñampi en la alimentación de cerdo, se realizaron estudios de la inclusión del ñame, donde se evaluó la ganancia de peso diaria y la conversión alimenticia como variables de respuesta (Cuadro 7). En el estudio realizado por Marín (1972), se puede observar como la conversión alimenticia fue similar al incluir el ñame en la dieta de los cerdos, sin embargo, el aumento del peso al final del estudio fue menor. Además Marín (1972) evaluó la digestibilidad de los nutrimentos y energías digestible y metabolizable del ñame en cerdos. En el caso de las dietas con inclusión de ñame, se obtuvo una menor digestibilidad de la proteína, fibra, grasa y digestibilidad del ELN al aumentar la inclusión de ñame, sin embargo la digestibilidad del ELN fue mayor a los demás nutrimentos, no obstante estas diferencias no son significativas con relación a la dieta basal (Marín 1972). Estos resultados se pueden deber al calentamiento que fue sometido el ñame (60°C) para su secado, lo que pudo ocasionar que disminuyera el valor biológico de la proteína y la grasa, también se podría relacionar a que el ñame que se utilizó presentó altas concentraciones de factores antinutricionales como inhibidores del metabolismo de la proteína y de las grasas, o que la inclusión de soya haya afectado la digestión de la proteína (Marín 1972).

Cuadro 7. Resultados obtenidos de aumento de peso, conversión alimenticia y ganancia de peso diaria al incluir ñame en la alimentación de cerdos

Referencia	Niveles de inclusión de ñame	Aumento de peso (g)	Ganancia diaria (g/día)	Conversión alimenticia
Marín (1972)	0 (%)	1.550	-	2,26
	33,3 (%)	2.650	-	1,94
	43,6 (%)	2.700	-	2,26
CATIE (1986)	0	-	508	3,37
	<i>Ad libitum</i> + 1Kg AB	-	236	5,47
	<i>Ad libitum</i> + 1Kg AB	-	233	5,84
	<i>Ad libitum</i> + 1Kg AB + 1Kg SP 30%	-	575	3,25
	<i>Ad libitum</i> + 1Kg AB + 1Kg SP 40%		606	3,12

AB: alimento balanceado, SP: suplemento proteico

Además, los resultados muestran que la energía bruta y energía digestible disminuyeron con el aumento de ñame en la dieta, con diferencias significativas ($p < 0,01$) entre las dietas 33,3 y 43,6% de inclusión de ñame con respecto a la dieta basal. Con la adición del ñame a la dieta basal, no se notaron efectos adversos en el estado final de los lechones y se obtuvieron eficiencias alimenticias similares a la dieta basal (Marín 1972). Según este estudio, se puede incluir el ñame en la alimentación de cerdos, al obtener buenos resultados en la digestión del ELN, sin embargo la energía digestible disminuye, por lo que se podría tratar de incluir un porcentaje menor de éste en la dieta o balancear la dieta para alcanzar todos los requerimientos al menor costo.

También se aprecia en el cuadro 7, que las ganancias de peso fueron menores al restringir el alimento balanceado e incluir el ñame a la dieta, las cuales son significativamente menores (CATIE 1986). Esto se podría deber al menor aporte de proteína de estas dietas, ya que no cubren los requerimientos de aminoácidos de los cerdos y por tanto la eficiencia alimenticia es menor. Sin embargo al agregar un suplemento proteico, las ganancias de peso y la conversión alimenticia se mejoraron, hasta al punto de ser significativamente mayores ($p < 0,05$). Otro aspecto a considerar, es que son dietas, de menor costo al compararlo con las que contemplan alimento balanceado. Se puede observar como la conversión alimenticia fue mejor al suministrar el suplemento con una concentración del 40% de PC, por lo que se recomienda el uso de esta dieta en la alimentación de cerdos en crecimiento, con un aporte adicional de proteína cruda (CATIE 1986).

Conejos y pollo de engorde

Los conejos y los pollos de engorde son dos especies, en la cual se evaluó el uso del ñame en la alimentación. Diferentes autores (Cuadro 8), realizaron ensayos al utilizar este tubérculo como sustituto del maíz, los resultados muestran mejorías en los parámetros productivos, aunado a esto, refleja mejorías en los costos totales, al reducirlos.

Los autores Rafiu y Biobaku (2006) indican que no existe diferencia significativa en la ganancia de peso diaria de los conejos a pesar de que la dieta 50 y 100% de inclusión

de ñame muestran valores más bajos. El costo de alimento por peso (kg) ganado fue significativamente mayor conforme aumentó el nivel de inclusión del ñame, sin embargo, los autores mencionan, que esto se puede deber a que no se encontraban en periodo de cosecha del ñame durante la realización del estudio.

Cuadro 8. Uso del ñame como sustituto parcial de maíz en dietas para conejos y pollos de engorde, sobre las ganancias diarias de peso (GDP), consumo diario y costo del alimento por kilogramo de peso ganado

Referencia	Especie animal	Niveles de inclusión de ñame (%)	Materia prima sustituida	Presentación del ñame	GDP g/día	Consumo diario (g/día)	Costo alimento/Kg peso ganado (\$)
Rafiu y Biobaku (2006)	Conejos	0	Maíz	Ñame entero	17,5	55,0	0,81
		50			16,8	67,8	1,07
		100			15,5	67,5	1,22
Akinmutini et al. (2006)	Conejos	0	Maíz	Cáscaras de ñame con plátano maduro	14,7	2.533	0,91
		25			14,0	2.502	0,77
		50			13,8	2.567	0,65
		75			12,9	2.645	0,58
		100			11,5	2.634	0,48
Ekenyem et al. (2006)	Pollos engorde	0	Maíz	Harina de cáscaras de ñame	925	140	0,94
		5			912	145	0,90
		10			950	147	0,81
		15			1012	155	0,76
Akinmutimi y Onen (2008).	Pollos engorde	0	Maíz	Harina de cáscaras de ñame	29,1	119,3	1,80
		5			29,6	118,1	1,70
		10			27,2	120,4	1,83
		15			27,9	120,1	1,72

En otro caso, Akinmutini et al. (2006) no encontraron diferencias significativas en cuanto a peso vivo, ganancia de peso y velocidad de crecimiento de los conejos. Si embargo si determinaron diferencias significativas en consumo total y costo de la ración por kg de peso ganado. Los altos valores para consumo de alimento en las dietas 75 y 100% de inclusión de ñame pueden ser atribuidos al bajo contenido de energía (metabolizable) que poseen (2.337 y 2.188 kilocalorías por kilogramo respectivamente), por lo tanto los animales deben aumentar el consumo para satisfacer los requerimientos de energía (Akinmutini et al. 2006). Con respecto al costo por kilogramo, la dieta con 100% de

inclusión de ñame, se desempeña mejor que las demás, lo que podría relacionarse al bajo costo de los insumos que se utilizaron en la prueba (ñame) (Akinmutini et al. 2006). Con base al peso de los animales, el consumo de alimento y el costo por dieta, se recomienda la dieta con 50% de inclusión de ñame en la alimentación de conejos (Akinmutini et al. 2006).

En lo que respecta a pollos de engorde, Ekenyem et al. (2006) evaluaron el efecto de sustituir el maíz por harina de las cáscaras de ñames, los resultados (Cuadro 9) muestran que las aves alimentadas con 15% de ñame obtienen una ganancia diaria de peso mayor que los que se alimentaron con dietas que presentan 0,5 y 10% de inclusión de ñame, donde se obtuvo resultados superiores con la inclusión en la dieta de 15% de ñame. Además el costo de la dieta disminuyó conforme aumentó la inclusión del ñame (Ekenyem et al. 2006). Asimismo, estos mismos autores, evaluaron el impacto de la inclusión de ñame al sustituir maíz sobre las características de la canal. Los autores hacen énfasis que las características de rendimiento de canal en el peso vivo final son más altas con un nivel de inclusión del 15% de harina de cáscara de ñame que al 5% de inclusión, no así con respecto a la dieta basal (Cuadro 9).

Cuadro 9. Características de canal del pollo de engorde alimentado con 0, 5, 10 y 15% de inclusión de harina de cáscaras de ñame, en sustitución de maíz

Características del canal	% inclusión de harina ñame			
	0	5	10	15
	% Peso vivo (final)			
Peso neto total	69,70	66,76	68,66	70,23
Peso de la pechuga	12,12	11,52	11,52	11,95
Peso del muslo	6,42	5,22	5,90	5,90
Peso de las alas	6,67	5,18	5,97	5,97
Patas y cabeza	8,96	8,48	9,16	9,16

Fuente: Ekenyem et al. (2006).

Igualmente, Akinmutimi y Onen (2008) evaluaron la sustitución del maíz por harina de cáscaras de ñame en pollos de engorde, en el estudio se utilizaron dietas

isoenergéticas e isoprotéicas con valores de 2.939 Kcal/kg de energía metabolizable y 19,72% de la materia seca correspondía a proteína cruda para todas las dietas. Además, informan de conversiones alimenticias para las dietas con 5% de harina de cáscara de ñame de 3,99, valor inferior a la calculada por el tratamiento control, de 4,12, sin embargo, la diferencia no se considero significativa ($p>0,05$). Aun así, el peso final de los animales, ganancia de peso, conversión alimenticia y costo fueron favorables para la dieta con 5% de inclusión de ñame, con una mejor relación beneficio-coste (Cuadro 9) (Akinmutimi y Onen 2008).

Gallinas ponedoras

Agwunobi (1999), sustituyó el maíz de la dieta original por harina de *D. alata*, en las proporciones de 0, 10, 20, 30, 40 y 50%, que en cantidades de maíz reemplazado corresponde a 0, 20, 40, 60, 80, y 100% respectivamente. Este autor indica, que no se cuantifico diferencias significativas en el consumo de alimento, peso del huevo o conversión alimenticia entre el control y las dietas probadas. Sin embargo, hace énfasis que la producción de huevos diaria varió significativamente al aumentar la inclusión de ñame, se obtuvo una mayor producción de huevos al sustituir el maíz en 20%, en relación con 100%. Concluye que *D. alata*, puede reemplazar en 20% al maíz en las dietas para gallinas ponedoras, sin presentar problemas en indicadores de producción (Cuadro 10).

Cuadro 10. Rendimientos en conversión alimenticia, promedio productivo, peso huevo y consumo de alimento en aves ponedoras, cuando se hace sustitución de maíz por harina de ñame (*D. alata*).

<i>Dioscorea alata</i>	Nivel de sustitución de maíz (%)					
	0	20	40	60	80	100
Consumo alimento/gallina/día	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Peso promedio del huevo (g)	54	54	54	56	56	55
Conversión alimenticia	2,0	2,2	2,2	2,1	2,1	2,2
Promedio producción /gallina/día (%)	50,8	50,1	49,8	48,5	48,4	38,4

Fuente: Agwunobi (1999).

Conclusiones

El ñame presenta moderados contenidos de materia seca, posee un contenido bajo de proteínas, pero con un balance de aminoácidos esenciales, contiene fibra, vitaminas y minerales, no obstante el principal aporte es la energía, ya que presenta altos valores de extracto libre de nitrógeno. Posee factores antinutricionales, que afectan la digestibilidad de los alimentos, como es el caso de los inhibidores de tripsina y de amilasa, así como oxalatos y fitatos, que se asocian con minerales y disminuyen su absorción. En ganado de carne, cerdos, aves y conejos, el ñame se puede utilizar debido a la alta digestibilidad que presenta.

En nutrición animal existen pocos estudios realizados sobre la utilización del ñame, sin embargo, éste puede ser incluido en dietas de animales de interés zootécnico, debido a que en ciertos casos se obtuvo una buena respuesta animal, en otros casos no existieron diferencias significativas, no obstante esta alternativa contribuye a reducir costos, y generar menos dependencia de materias primas importadas, convirtiéndose en una opción más para el productor.

Literatura citada

AGWUNOBI L. 1999. *Dioscorea alata* (Water Yam) as a replacement for maize in diets for laying hens. Tropical Animal Health and Production 31(6): 391-396.

AKINMUTINI A., ODOEMELAM V., OBASIENKONG S. 2006. Effect of replacing maize with ripe plantain and yam peel in the diet of weaner rabbits. Journal of Animal and Veterinary Advances. 5(9): 737-740.

AKINMUTIMI A., ONEN G. 2008. The response of broiler finisher birds fed graded levels of yam peel meal in place of maize-based diets. International Journal of Poultry Science 7 (5): 474-479.

BAAH F.D., MAZIYA-DIXON B., ASIEDU R., ODURO I., ELLIS W.O. 2009. Nutritional and biochemical composition of *D. alata* (*Dioscorea spp.*) tubers. Journal of food, Agriculture and environment 7(2): 373-378.

BHANDARI M.J., KAWABATA J. 2006. Cooking effects on oxalate, phytate, trypsin and a-amylase inhibitors of wild yam tubers of Nepal. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 524–530.

BHANDARI M.J., KAWABATA J. 2004. Assessment of antinutritional factors and bioavailability of calcium and zinc in wild yam (*Dioscorea* spp.) tubers of Nepal. *Food Chemistry* 85: 281–87.

BHANDARI M.J., KASAI T., KAWABATA J. 2003. Nutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea* spp.) tubers of Nepal. *Food Chemistry* 82: 619–623.

BOU L., DE VIZCARRONDO C., RINCÓN A., PADILLA F. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 56(4): 375-383.

CALSAMIGLIA S., FERRET A., BACH A. 2004. Tablas FEDNA de valor nutritivo de Forrajes y Subproductos fibrosos húmedos. Fundación para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid. 70 pp.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). 1986. Observaciones preliminares sobre el uso de alimentos no tradicionales en cerdos, fincas pequeñas. Informe Técnico N° 66. Turrialba, Costa Rica. 75 p.

CHACÓN G., GÓMEZ L., TORRES S., SABORÍO F. 2005. Aclimatización de plántulas de yampí (*Dioscorea trifida*) y ñame (*D. alata*) producidas *in vitro*. *Agronomía Costarricense* 29(3): 47-58.

DELAHAYE E., TECHEIRA N. 2009. Propiedades físicas y funcionales del almidón nativo y modificado del ñame (*Dioscorea alata*). *Interciencia* 34 (4): 280-285.

DELAHAYE E., TECHEIRA N., GARCÍA A. 2008. Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantáneas a base de harina extrudida de ñame (*Dioscorea alata*). Revista Chilena de Nutrición 35(4): 452-459.

DIETER H., GÓMEZ J., LASCANO C. 2006. Segundo taller de taninos en la nutrición de rumiantes. Centro de Investigación de Agricultura Tropical. Colombia. 52p.

EKENYEM B.U., MADUBUIKE F.N., DIKE O.F. 2006. Effect of partial replacement of yam peel meal *Dioscorea spp.* for maize meal *Zea mays* on performance and carcass characteristics of finisher broiler chicks. International Journal of Poultry Science 5(10): 942-945.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 1991. Raíces, tubérculos, plátanos, y bananas en la nutrición humana. Editorial Mundi Prensa. Segunda edición. Roma. Italia. 196p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2006. Ñame (*Dioscorea trifida* L). Ficha técnica. IICA. Costa Rica. 1 p.

FULLER M.F. 2004. The encyclopedia of farm animal nutrition. CABI Publishing. Estados Unidos. 606 p.

GOHL B. 2012. Piensos Tropicales: resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO: Producción y sanidad animal 12. Roma, Italia. 550 p.

GONZÁLES M. 2012. El ñame (*Dioscorea spp.*). Características, usos y valor medicinal. Aspectos de importancia en el desarrollo de su cultivo. Cultivos tropicales 33(4): 5-15.

MARÍN H. 1972. Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del azúcar y el ñame en cerdos. Tesis de maestría. Universidad Nacional-Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia. 92 p.

MATA L. 2011. Tabla de composición de materias primas, usadas en alimentos para animales. Editorial SIEDIN. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 127p.

MCANUFF M., OMORUYI F., SOTELO-LOPEZ A., ASEMOTA H. 2005. Proximate analysis and some antinutritional factor constituents in selected varieties of jamaican yams (*Dioscorea* and *Rajana* spp.). Plant Foods for Human Nutrition 60: 93–98.

MEDOUA N.G., MBOME LAPE I., AGBOREGBE T., MBOFUNG C.M.F. 2007. Antinutritional factors changes occurring in trifoliate yam (*Dioscorea dumetorum*) tubers after harvest. Food Chemistry 102: 716–720.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. San José, Costa Rica. 560 p.

MONTALDO A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. Costa Rica. 408 p.

PIMENTEL E.A. 1993. Digestibilidad *in situ* de la materia seca de yuca (*Manihot sculenta* Crantz), tiquisque morado (*Xanthosoma violacium* Schott) y ñampí (*Dioscorea trifida* Lam) en bovinos pastoreando *Brachiaria brizantha*. Tesis de licenciatura, Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, Limón, Costa Rica. 43 p.

POLYCARP D., AFOAKWA E., BUDU A., OTOO E. 2012. Characterization of chemical composition and anti-nutritional factors in seven species within the Ghanaian yam (*Dioscorea*) germplasm. International Food Research Journal 19 (3): 985-992.

QUIROS O., AGUILAR E., ARTAVIA E., PETTER C., JIMÉNEZ A., MONGE Y. 2007. Caracterización de la agrocadena de raíces tropicales, Región Atlántica, Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. 77p.

RAFIU T.A., BIOBAKU W.O. 2006. Maize replacement value of raw sundried wateryam (*Dioscorea alata*) in rabbit diet. Journal of Animal and Veterinary Advances 5(6): 496-498.

SHAJEELA P.S., MOHAN V.R., LOUIS L., TRESINA P. 2011. Nutritional and antinutritional evaluation of wild yam (*Dioscorea spp.*). Tropical and Subtropical Agroecosystems 14: 723-730.

TECHEIRA N., BOLIVAR A., PANQUEVA S. 2010. Elaboración y evaluación de panes de queso con harina de ñame (*Dioscorea alata*). Universidad Central de Venezuela. Congreso Internacional de educación superior. Venezuela. 8p.

UDENSI E.A., OSELEBE H. O., ONOUHA A.U. 2010. Antinutritional assessment of *D. alata* varieties. Pakistan Journal of Nutrition 9(2): 179-181.

VILLALOBOS L. 2010. Comportamiento productivo del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde y el Dos de Tilarán. XIV Seminario de manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de alimentación animal. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal y Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 61-73p

YAHAYA I. A., SAIDU S.A., ACHI S.S., BONIRE J.J. 2007. Nutritional and antinutritional assesement of the peel of *Dioscorea alata* (Water yam). ChemClass Journal 4: 65-69.

YANG D.J., LIN J.T. 2008. Effects of different storage conditions on steroidal saponins in yam (*Dioscorea pseudojaponica* Yamamoto) tubers. Food Chemistry 110: 670–677.

CAPÍTULO VI

USO DE LA YUCA (*Manihot esculenta*) EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Melissa Alvarado Solano¹ , Andrea Gutiérrez Murillo¹, Marcel Quesada Arias¹
y Rodolfo WingChing-Jones¹.

Introducción

Durante los últimos años se mantiene una tendencia al alza en los precios internacionales de insumos para la alimentación animal, por aumento de la demanda de países en desarrollo, entre los cuales destacan China e India, aumento de la demanda para biocombustibles; el bajo nivel de los inventarios de granos a nivel mundial y la reducción de la oferta por condiciones climáticas que pueden afectar las cosechas en los principales países oferentes (Paz y Benavides 2008). Las proyecciones del Instituto de Investigación en Políticas Agrícolas y Alimentarias de la Universidad del Estado de Iowa, indican que, en el mediano plazo, los precios que regirán para el maíz y los aceites vegetales serán 50% más altos que los que en promedio se dieron en la década pasada; el trigo será 40% más caro; las semillas oleaginosas entre 20 y 26% más caros; por otro lado el aumento de los precios de las carnes resultaran entre 12 y 14% más altos (Paz y Benavides 2008). Ante este panorama surge la necesidad de explorar y utilizar nuevas fuentes alternativas para alimentación animal, al aprovechar subproductos o desechos de la industria alimenticia humana y además, la posibilidad de producirlas en nuestro país y no depender de importaciones. Por lo tanto, estos materiales deben ser producidos de manera eficaz bajo condiciones tropicales, es decir

¹Curso AZ-4100. Práctica Laboral y Profesional I. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 2013. Correos electrónicos: melissa-2590@hotmail.com, eagm19-89@hotmail.com, marcel_q@hotmail.com y rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

que ofrezcan altos rendimientos y que se encuentren disponibles todo el año (González et al. 1999). La yuca es un cultivo perenne originario del trópico sudamericano (MAG 1991), es cultivada en los trópicos y subtrópicos, ofrece flexibilidad para ser cosechada, lo que permite a los agricultores mantener las raíces en el suelo hasta que se necesite el cultivo, se puede producir en condiciones críticas de clima y suelo, posee tolerancia a la sequía, a suelos infértiles y es capaz de recuperarse a los ataques de enfermedades y plagas (Ceballos et al. 2006). Se caracteriza por ser una planta leñosa de 1-3 metros de altura, tiene bajos costos de producción, rendimientos altos y un amplio uso en la industria, así como la alimentación humana y animal, lo que la convierte en la raíz de mayor consumo en el país, cuya área cultivada en 1990 alcanzaba las 3.000 hectáreas (MAG 1991). En cambio, para el año 2010, la participación de la yuca dentro de las áreas sembradas con las principales actividades agrícolas era de 10.100 hectáreas y una producción anual de 130.150 toneladas métricas (SEPSA 2012).

La raíz es la parte más conocida en el mundo, sin embargo el follaje fresco también se utiliza en muchas regiones del mundo para el consumo de los animales y/o los humanos (Ceballos et al. 2006). Las raíces son una fuente importante de carbohidratos, mientras que las hojas lo son de proteínas, minerales y vitaminas, en particular de carotenos y vitamina C (Ospina y Ceballos 2002).

En Costa Rica, el cultivo de la yuca se adapta desde el nivel del mar en la costa del Atlántico y el Pacífico hasta la zona montañosa del Valle Central, los suelos óptimos son francos, ricos en potasio, sin embargo, crece bien en aquellos de fertilidad media y baja, y con buen drenaje interno cuyo pH se encuentre entre 5,2 a 6,5 (MAG 1991). Las zonas de mayor producción son la Zona Norte en el cantón de San Carlos, la Zona Atlántica en Guácimo y Pococí, y Alajuela en Grecia, Atenas, San Ramón y Palmares; cualquier zona que se encuentre a menos de 1.000 msnm es apta para la siembra de yuca (MAG 1991). Las variedades utilizadas en Costa Rica tienen un rendimiento aproximado de 20 t/ha (MAG 1991), pero se dice que en condiciones experimentales puede alcanzar hasta las 80 t/ha (Ospina y Ceballos 2002).

Productos y subproductos de la yuca destinados a la alimentación animal

La producción de la yuca en el trópico está orientada al consumo humano, pero una vez satisfechas las necesidades alimenticias primarias, los rastrojos y desechos quedan disponibles como materia prima para la alimentación animal o para desarrollo de tipo industrial (Buitrago 1990). Su importancia se basa en el alto nivel de almidón presente en la raíz y el forraje como recurso fibroso-proteico de buena calidad dada la digestibilidad de sus componentes (Quiñónez et al. 2007).

El forraje es un recurso que se aprovecha finalizado el ciclo de producción, ya que es un subproducto de la yuca, donde la prioridad es la raíz, por lo que el forraje durante la cosecha se desecha en grandes cantidades, ya que no es utilizado de forma directa para consumo humano, lo que garantiza su destino a las dietas para animales (González et al. 1999). Según Preston et al. (2005), con una densidad de siembra de 53.000 plantas por hectárea, se obtuvo un rendimiento de follaje de 10.861 kg de materia seca por hectárea.

Un subproducto obtenido de la yuca, es la cáscara, la cual representa entre el 15 al 20% del peso total de la raíz, contiene mayor proporción de proteína, grasa, fibra y minerales que la pulpa (Rosales y Paúcar 1996). El nivel de energía digerible (superior a 2.000 kcal/kg en base seca) y fibra (menor a 15% base seca) permiten incluirlos después de un proceso en raciones para aves ponedoras, cerdos de engorde y rumiantes (Marmolejo et al. 2008). Otros subproductos obtenidos, son el afrecho y la mancha, los cuales se caracterizan por ser energéticos y digeribles, pero con bajo nivel de proteína, minerales y vitaminas. Su valor energético facilita que se aproveche en la alimentación de ganado bovino, porcino y aviar, pero debido a su bajo contenido de proteína es conveniente utilizarlos como suplementos alimenticios (Marmolejo et al. 2008).

El factor que más influye en la composición nutricional de estos residuos es la forma de procesamiento de la yuca; en sistemas rudimentarios o no industrializados, presentan un mayor contenido de almidón, siendo ideal su uso como insumos energéticos, sin

embargo, el aprovechamiento de este contenido energético dependerá de la especie y etapa de crecimiento del animal (Marmolejo et al. 2008).

Factores antinutricionales presentes en la yuca

Los factores antinutricionales presentes en las raíces de yuca son los taninos y los cianoglucósidos, en el caso de los taninos estos se relacionan con el deterioro post cosecha de la yuca y que reducen la disponibilidad de metionina (Ly 1998). Por su parte, los cianoglucósidos por medio de hidrólisis ácida o enzimática, libera ácido cianhídrico, el cual se caracteriza por ser un poderoso inhibidor de la respiración mitocondrial, en este grupo se menciona a la linamarina (93%) y lotaustralina (7%), la estructura química orgánica de estos cianoglucósidos se puede observar en la figura 1 (Ly 1998).

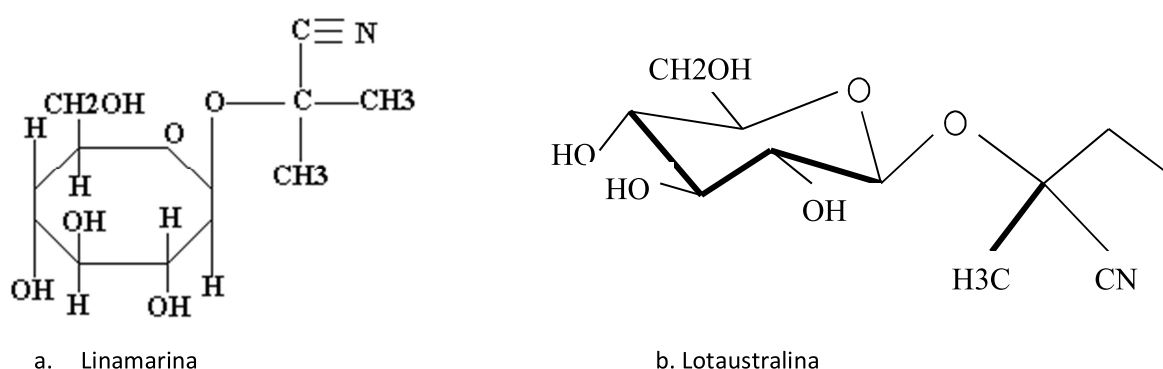


Figura 1. Estructura química orgánica de la linamarina (a) y de la lotaustralina (b)

Adaptado de Cereda y Mattos (1996) y McMurry (2011)

Existen variedades de yuca, que se consideran “dulces” debido a que presentan bajos niveles de glucósidos (<50 mg de ácido cianhídrico (HCN) equivalente por kg) mientras que las variedades que presentan niveles altos, se consideran “amargas” (presentan de 50 hasta 350 mg de HCN equivalente por kg) (Valente et al. 2003). En variedades dulces, la mayor proporción de ácido cianogénico se puede encontrar en la cáscara, mientras que en las variedades amargas el ácido se distribuye de forma uniforme en la cáscara y el parénquima (Buitrago et al. 2002).

Los casos agudos de envenamamiento con cianuro terminan en la muerte inmediata, y en casos menos severos pueden conducir a trastornos gastrointestinales o a la disminución del crecimiento. Para la mayoría de los animales la dosis letal media es de 2 a 2,3 mg HCN/kg de peso vivo (Valente et al. 2003). El rango normal de cianógenos se encuentra de 75 a 350 mg/kg, pero se informan de 10 hasta 2.000 mg/kg (Ly 1998). Por otra parte, en estudios realizados cuando se somete la raíz y el forraje de yuca a diversas temperaturas, se determinó, que conforme ésta aumenta se evidencia la pérdida de HCN total (Quiñónez et al. 2007).

Composición nutricional de los diferentes productos y subproductos de la yuca

Existen productos y subproductos de la yuca, que se originan de la raíz o del follaje, los cuales se pueden suministrar en fresco o después de haber recibido algún proceso de secado y/o molienda, por lo que la composición nutricional será distinta para cada uno de ellos como se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición nutricional de diferentes productos y subproductos de la yuca (*Manihot esculenta*)

Parte de la planta	MS*	PC	EE	FC	ELN	FDN	FDA	Cenizas	Lignina	Celulosa	Almidón	MO	Ca	P	NDT	(Mcal/kg)				Fuente
Raíces de yuca frescas	37,0	2,2	0,7	3,6	88,7	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ly (1998)
	35,9	3,5	4,0	2,7	86,6	-	-	3,2	-	-	-	-	0,02	0,09	-	-	-	-	-	Mata (2011)
	46,3	2,8	-	-	-	7,7	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Magdaleine et al. (2010)
Follaje de yuca fresco	20,4	20,8	-	-	-	41,9	30,6	6,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hue et al. (2010)
	18,4	20,2	-	-	-	-	-	6,6	-	-	-	-	-	-	-	-	2,70	-	-	Hue et al. (2008)
Follaje de yuca somagado	36,2	13,9	-	-	-	11,6	11,8	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Phengvichith y Ledin (2007)
	37,2	20,5	-	-	-	41,7	30,2	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hue et al. (2010)
Ensilaje de yuca marchito	7,7	7,4	3,7	29,2	-	50,3	44,7	-	11,7	49,4	-	-	-	-	49,20	-	-	-	-	Zambello et al. (2004)
Ensilaje de yuca no marchito	25,0	8,0	3,5	29,5	-	50,3	43,7	-	13,0	49,7	-	-	-	-	49,38	-	-	-	-	Zambello et al. (2004)
Raíces de yuca secas	87,0	2,8	1,2	3,2	-	-	-	2,9	-	-	-	-	0,30	0,40	-	-	-	-	-	Buitrago et al. (2002)
	88,7	2,4	2,2	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Tien et al. (2005)

*Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE), Fibra cruda (FC), Extracto libre de nitrógeno (ELN), Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), Materia orgánica (MO), Calcio (Ca), Fósforo (P), Nutrientes digestibles totales (NDT), Energía digestible (ED), Energía metabólica (EM), Energía bruta (EB).

Continuación Cuadro 1. Composición nutricional de diferentes productos y subproductos de la yuca (*Manihot esculenta*)

Parte de la planta	MS*	PC	EE	FC	ELN	FDN	FDA	Cenizas	Lignina	Celulosa	Almidón	MO	Ca	P	NDT	ED	EM	EB	Fuente
																			(Mcal/kg)
	88,7	3,6	-	-	-	8,5	5,7	3,6	-	-	82,5	96,4	-	-	-	-	-	4,0	Prado et al. (1999)
Yuca rayada	88,7	3,6	-	-	-	8,5	5,7	3,6	-	-	82,5	96,4	-	-	-	-	-	4,0	Marques et al. (2000)
	93,2	2,6	1,2	-	-	-	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Rodríguez et al. (2012)
Hojas secas	90,1	20,8	7,0	-	51,5	61,3	48,0	-	-	22,6	-	93,5	-	-	-	-	2,9	-	Oni et al. (2010)
Follaje de yuca seco	87,0	21,0	5,9	15,0	-	-	-	5,6	-	-	-	-	1,7	0,3	-	-	1,4	-	Buitrago et al. (2002)
	92,4	-	9,8	-	-	39,5	29,7	10,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Tien et al. (2005)
	95,3	17,6	-	-	-	53,9	34,2	7,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hue et al. (2010)
Harina de follaje de yuca	91,5	30,1	3,7	-	-	41,5	-	-	-	-	-	80,4	-	-	-	-	-	4,6	González et al. (1999)
	92,4	17,0	-	-	-	47,4	24,3	17,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Trómpiz et al. (2000)
	-	20,2	5,3	15,2	-	-	-	8,5	-	-	-	-	1,7	1,1	-	-	-	-	Buitrago et al. (2002)
	92,3	24,4	4,6	15,2	-	-	-	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Trómpiz et al. (2007)

*Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE), Fibra cruda (FC), Extracto libre de nitrógeno (ELN), Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), Materia orgánica (MO), Calcio (Ca), Fósforo (P), Nutrientes digestibles totales (NDT), Energía digestible (ED), Energía metabólica (EM), Energía bruta (EB).

Continuación Cuadro 1. Composición nutricional de diferentes productos y subproductos de la yuca (*Manihot esculenta*)

Parte de la planta	MS*	PC	EE	FC	ELN	FDN	FDA	Cenizas	Lignina (%)	Celulosa	Almidón	MO	Ca	P	NDT	ED	EM	EB	Fuente
Harina de cáscara de yuca	89,2	3,7	-	-	-	28,6	20,4	2,2	-	-	48,0	97,8	-	-	-	-	-	3,9	Marques et al. (2000)
	89,2	3,7	-	-	-	28,6	20,4	2,2	-	-	48,0	97,7	-	-	-	-	-	3,9	Prado et al. (1999)
	88,7	3,4	-	-	-	28,6	20,4	-	-	-	58,1	96,0	0,5	0,1	-	-	-	4,0	Martins et al. (2000)
	-	5,3	-	14,0	-	33,2	-	-	-	-	-	-	-	0,9	0,3	-	2,2	-	Rosales y Paúcar (1996)
	86,7	3,6	-	-	-	-	-	11,6	-	33,2	58,5	-	-	-	-	-	-	-	Caldas et al. (2000)
Harina de raíz con cáscara	89,4	2,6	0,7	2,4	85,0	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mata (2011)
	100	2,9	1,0	5,1	-	5,8	4,7	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	-	Buitrago et al. (2002)
Harina de raíz sin cáscara	90,4	3,2	0,9	2,0	89,3	28,8	-	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mata (2011)
	100	1,4	0,8	2,8	-	3,2	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,5	-	Buitrago et al. (2002)
Harina de yuca integral	86,1	5,4	1,3	-	-	-	-	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,2	Vásquez et al. (2010)

*Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE), Fibra cruda (FC), Extracto libre de nitrógeno (ELN), Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), Materia orgánica (MO), Calcio (Ca), Fósforo (P), Nutrientes digestibles totales (NDT), Energía digestible (ED), Energía metabólica (EM), Energía bruta (EB).

Continuación Cuadro 1. Composición nutricional de diferentes productos y subproductos de la yuca (*Manihot esculenta*)

Parte de la planta	MS*	PC	EE	FC	ELN	FDN	FDA	Cenizas	Lignina	Celulosa	Almidón	MO	Ca	P	NDT	ED	EM	EB	Fuente
																			(Mcal/kg)
	91,1	2,0	-	-	-	8,7	-	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Caldas et al. (2000)
Harina de residuos de yuca	91,3	1,2	-	-	-	7,3	5,5	1,3	-	-	84,8	98,7	-	-	-	-	-	4,0	Prado et al. (1999)
	91,3	1,2	-	-	-	7,3	5,5	1,3	-	-	84,8	98,7	-	-	-	-	-	4,0	Marques et al. (2000)
	88,3	1,8	-	16,5	-	45,6	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	2,1	-	Len et al. (2006)
	90,6	7,9	-	4,4	-	-	-	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Aderemi et al. (2011)
	88,3	3,3	-	-	-	-	-	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Caldas et al. (2000)
Harina de yuca entera	83,0	3,5	-	2,9	86,0	-	-	7,0	-	-	-	-	-	-	57,8	-	-	-	Rojas et al. (2005)
	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	-	Reese et al. (1990)
	88,8	2,4	-	-	-	-	-	6,6	-	-	-	-	-	-	83,9	-	-	-	Carvalho (2010)
Hojuelas de yuca comercial	86,5	1,9	0,4	3,0	-	5,0	-	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Wu (1991)
Hojuelas de yuca pelada	89,8	2,0	1,2	2,5	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lokaew-manee et al. (2011)

*Materia seca (MS), Proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE), Fibra cruda (FC), Extracto libre de nitrógeno (ELN), Fibra detergente neutro (FDN), Fibra detergente ácido (FDA), Materia orgánica (MO), Calcio (Ca), Fósforo (P), Nutrientes digestibles totales (NDT), Energía digestible (ED), Energía metabólica (EM), Energía bruta (EB)

Continuación Cuadro 1. Composición nutricional de diferentes productos y subproductos de la yuca (*Manihot esculenta*)

Parte de la planta	MS*	PC	EE	FC	ELN	FDA	Cenizas	Lignina	Celulosa	Almidón	MO	Ca	P	NDT	ED	EM	EB	Fuente
(%)																		
(Mcal/kg)																		
Hojuelas de yuca fermentadas con levaduras	89,1	29,1	-	-	-	25,7	6,1	-	-	-	89,5	-	-	79,0	-	3,3	-	Khampa et al. (2009)
Hojuelas de yuca lavada con cáscara	89,8	2,0	1,2	3,9	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lokaewma -nee et al. (2011)
Hojuelas de yuca no lavada con cáscara	89,8	2,0	1,2	5,2	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lokaewma -nee et al. (2011)
Hojuelas de yuca	96,8	2,2	-	-	-	3,2	6,3	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hue et al. (2010)
Almidón de yuca	88,8	2,0	1,2	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	3,9	3,7	-	Lokaewma -nee et al. (2011)
Heno de follaje de yuca	90,9	7,9	3,9	30,5	-	54,5	47,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Zambello et al. (2004)
	92,0	18,9	5,0	-	-	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Rodríguez et al. (2012)
	91,4	18,5	-	-	-	63,8	47,9	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Granum et al. (2007)

*Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Extracto Etéreo (EE), Fibra Cruda (FC), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN), Fibra Detergente Neutro (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Materia Orgánica (MO), Calcio (Ca), Fósforo (P), Total de Nutrientes Digestibles (TND), Energía Digestible (ED), Energía Metabólica (EM), Energía Bruta (EB).

Utilización de productos y subproductos de la yuca en la alimentación animal

Bovinos de carne

La utilización de los distintos subproductos o partes de la yuca en la alimentación de bovinos de carne podría presentar beneficios debido a la calidad y cantidad de nutrimentos presentes tanto proteicos como energéticos, la yuca es una fuente que puede abaratar los costos de alimentación y disminuir la dependencia de fuentes importadas. La utilización de la yuca en bovinos de carne, define una tendencia variada en su respuesta, la cual depende del producto o subproducto a utilizar, la cantidad suministrada, los ingredientes del alimento a reemplazar y los requerimientos de los animales (Cuadro 2). La respuesta en ganancia de peso de los semovientes suplementados con yuca, fluctúa entre -200 a 481 gramos por animal por día, con respecto a los animales que fueron alimentados con una dieta basal que no contiene yuca o sus subproductos.

Cuadro 2. Utilización de yuca en alimentación, cantidad ofrecida y su respectiva ganancia en bovinos de carne

Parte de la planta	Cantidad ofrecida g/día	Ganancia diaria con respecto al control (g)	Fuente
Harina (extraída la fécula)	1.053	+100	Marques et al. (2005)
follaje seco	1.000	+320	Granum et al. (2007)
Harina de raíz	1.445	+481	Holzer et al. (1997)
Cáscara	2.448	-100	
Harina de cáscara y puntas	3.569	-200	Marques et al. (2000)
Yuca rayada	4.231	-100	
Harina de raíz y follaje seco	800-200	+344	
Harina de raíz y follaje seco	200-1200	+308	Thang et al. (2010)
Harina de raíz y follaje seco	1000-1400	+400	
Harina de raíz y follaje seco	900-1100	+577	

La utilización de la yuca y sus subproductos, permite en bovinos de carne, superar a los animales que no son suplementados en 213 gramos por día en promedio. Al ser la yuca un alimento de bajo costo, permite a estos sistemas de producción, la reducción en costos de alimentación, lo que se traduce en un aumento en la eficiencia. Por ejemplo, Holzer (1997) indica que la yuca puede reemplazar en 30% la materia seca consumida en bovinos en crecimiento-engorde sin afectar el desempeño productivo de estos. El uso de esta alternativa en la alimentación de rumiantes, presenta consideraciones importantes, ya que debido a que es un subproducto de bajo precio y una alta concentración de nutrimentos, se podría ofrecer en cantidades elevadas, lo cual genera efectos sobre el pH ruminal, la digestibilidad y el aporte de nitrógeno microbial (Cuadro 3), por lo tanto se debe tener presente en que niveles de inclusión en la dieta se presenta mejor relación entre cantidad utilizada y eficiencia ruminal.

Cuadro 3. Efecto de distintos niveles de suplementación de alimento balanceado a base de hojuelas de yuca (80%), según el peso corporal sobre la digestibilidad de la materia seca, pH ruminal y aporte de nitrógeno microbial

Variable	Porcentaje del peso vivo del animal			
	0	1	2	3
Digestibilidad aparente de la M.S.	51,4 ^a	64,6 ^b	66,3 ^b	68,7 ^b
pH ruminal	6,7 ^a	6,6 ^a	6,3 ^b	5,7 ^c
Aporte de nitrógeno microbial g N/d	98,9 ^a	156,4 ^b	186,6 ^c	89,2 ^d

Adaptado de Wanapat y Khampa (2007)

En este caso Wanapat y Khampa (2007), muestran que los mejores resultados se obtienen al utilizar un máximo de 2% del peso vivo del subproducto de yuca (en este caso hojuelas de yuca), en donde no se alcanza una caída del pH ruminal que afecte la degradabilidad de la fibra y se obtiene un mejor aporte de nitrógeno microbial, por

encima de esta relación de consumo, se desarrolla en el animal un cuadro de acidosis y baja en rendimientos. En el cuadro 4, se presentan distintos niveles de utilización de subproductos de yuca en la dieta y la respectiva digestibilidad aparente de la materia seca, en donde se concluye que la digestibilidad es afectada por el subproducto a utilizar y la cantidad suministrada.

Cuadro 4. Digestibilidad aparente de la materia seca al utilizar yuca en la dieta de bovinos de engorde en crecimiento

Parte de la planta	Cantidad ofrecida % de la dieta	Digestibilidad aparente de la materia seca (%)	Fuente
Cáscara deshidratada	21,0	62,8	Caldas et al. (2000)
Raíz entera	39,7	70,2	
Harina de yuca	39,0	65,5	
Cáscara de yuca	31,8	66,2	Martins et al. (2000)
Cáscara de yuca	22,1	60,9	
Cáscara	24,0	63,1	Prado et al. (1999)
Harina de cáscara y puntas	43,0	63,1	
Raspado de raíz	46,5	73,2	
Harina de raíz	36,3	68,6	Holzer et al. (1997)
Hojuelas fermentadas con levaduras	38,5	67,1	Khampa et al. (2009)

Según menciona Prado (1999), la transformación de macromoléculas en sustancias más simples para su absorción ocurre en el rumen a través de los microorganismos, de esta forma, Martins (2000) indica que la digestibilidad del alimento se verá reflejada en su aprovechamiento por los microorganismos y su capacidad a utilizarla. Se observa la alta digestibilidad que presenta las distintas dietas con subproductos de yuca, si es importante considerar el proceso y tipo de subproducto, debido a que aumenta la superficie de contacto, lo que mejora el aprovechamiento por los animales.

Bovinos de leche

Al utilizar la yuca en la dieta se presentan aportes de nutrimentos los cuales van a tener un efecto sobre la producción de leche, ya que estos van a estar presentes para el organismo gracias a la digestibilidad que presentan, además de un efecto sobre la producción de leche y su composición. Variación que esta influenciada por la cantidad a utilizar, el subproducto a utilizar y el producto a reemplazar en la dieta.

Cuadro 5. Utilización de la yuca en vacas lactantes y su efecto sobre la producción y la composición láctea

Parte de la planta	% de reemplazo	Producto a reemplazar	Leche producida con respecto al control (kg)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	SG (%)	ST (%)	Fuente
Heno de follaje	10	Alimento balanceado	+1,41	+0,09	- 0,06	+0,18	+0,06	-0,38	Wanapat et al. (2000)
	27		+0,72	+0,55	+0,1	-0,02	+0,07	+0,2	
Heno de follaje	15	Harina de soya	-0,8	+0,2	+0,2	-0,1	-0,3	-0,1	Wanapat et al. (2007)
	20		-0,8	+0,5	-0,2	-0,2	-0,7	-0,2	
	33		+1	+0,1	+0,1	+0,1	+0,2	+0,4	
Chips de yuca	67	Harina de soya	+2,2	+0,5	+0,2	+0,1	+0,2	+0,5	Wanapat et al. (2011)
proteínado fermentado con levadura	100		+3,4	+0,7	+0,3	+0,2	+0,3	+0,7	
Ensilaje de follaje de yuca	20	Forraje	-0,35	-0,1	+0,8	-0,7	-	+0,1	Modesto et al. (2009)
	40		-0,77	+0,5	-0,1	+0,8	-	+0,6	
	60		-1,59	+0,5	0,0	-0,2	-	+0,5	

Se nota que la respuesta en producción, al reemplazo con subproductos de yuca supera en 442 g de leche en promedio, a los animales no suplementados, además de aumentar en 0,35% en el nivel de grasa, 0,13% el nivel de proteína y 0,23% el nivel de sólidos totales, al tiempo que se reducen costos y se aumenta la eficiencia. Esta respuesta, depende entre otras cosas, al insumo a reemplazar y a la cantidad

suministrada. Se observan ganancias de hasta 1,4 kg de leche y bajas de hasta 1,59 kg. La conveniencia de utilizar los chips u hojuelas de yuca proteinado y fermentado con levadura y la raíz de yuca, como fuentes de carbohidratos fermentables en el rumen y fuentes de nitrógeno no proteico como la urea, optimiza la respuesta en producción en rumiantes, debido a que se da un adecuado acoplamiento de sustrato energía/nitrógeno (Wanapat et al. 2011). En el caso del uso de follaje de yuca según Wanapat et al. (2007), podría considerarse una opción viable y económica, como fuente proteica debido a los incrementos en los precios de la soya y los alimentos balanceados comerciales.

Ovinos

En el cuadro 6, se muestra el efecto de la sustitución de diferentes productos o subproductos de la yuca sobre la ganancia de peso de los animales. Además de su contenido proteico y energético del forraje, se presenta como una buena alternativa para la alimentación en ovinos al reducir los costos.

Cuadro 6. Respuesta a la suplementación con diferentes partes de la planta de yuca en corderos, según cantidad ofrecida y su respectiva respuesta en ganancia de peso

Parte de la planta	Cantidad ofrecida (g)	Ganancia diaria (g)	Ganancia del control	Alimento a sustituir	Diferencia de ganancia respecto al control	Fuente
Harina de raíz	846	283	276	Maíz	+7 g	Duarte y Pelcastre (1998)
Harina de raíz	75	35,0	76,4	Alimento balanceado	-41,4	Rojas et al. (2005)
Follaje somagado	650	120,8	163,5	Pellets de alfalfa	-42,7	Magdeleine (2010)
Follaje fresco	345	77,7	73,3	Alimento balanceado	+4,4	Hue et al. (2008)

Se observa que la suplementación ofrecida a los animales, varía desde 75 hasta 846 g/día y la respuesta en ganancia de peso, con respecto al control fluctúa entre - 42,7 hasta +7 g/día, por lo tanto, aunque las ganancias son menores a las dietas con alimento balanceado, estas últimas son de un costo elevado, lo que permite obtener un beneficio en la disminución del costo de la suplementación. En el caso del follaje de yuca, una opción de manejo, es la deshidratación, debido a que se podría ofrecer seco y el remanente se podría almacenar. En el cuadro 7, se muestra la relación entre la cantidad ofrecida y la respectiva ganancia de peso diaria que presentaron los animales suplementados, con follaje deshidratado de yuca.

Cuadro 7. Respuesta en el crecimiento de ovinos a la suplementación de follaje seco de yuca

Parte de la planta	Cantidad ofrecida (g)	Ganancia diaria(g)	Fuente
Follaje seco de yuca	141,5	44,4	Fasae et al. (2011)
Follaje seco de yuca	290,5	46,3	
Follaje seco de yuca	453	47,9	
Follaje seco de yuca	544	41,6	
Raíz	54	53,1	Tien et al. (2005)
Raíz + follaje seco	56+47	69,0	
Raíz + follaje seco	55+89	62,4	
Raíz + follaje seco	55+121	48,9	
Raíz + follaje seco	56+165	39,4	

En el estudio de Fasae et al. (2011), se nota que la cantidad máxima a utilizar para obtener la mayor ganancia de peso por día, rondan los 450 g de follaje seco, mientras que, Tien et al. (2005) obtiene el mejor rendimiento de los animales, cuando suministra 55 g de raíz seca con 50 g de follaje seco, variación que se podría relacionar al aporte en nutrimentos de ambas dietas. En cambio, al utilizar el follaje de forma somagado, fresco o seco en corderos en crecimiento alimentados con forraje de guinea y hojuelas de yuca, Hue et al. (2010) informan que obtuvo las mayores conversiones y mayores ganancias diarias de peso en ovinos con 8,9 y 76,7 g respectivamente cuando ofreció el forraje somagado, seguido del follaje seco con 8,3 y 75,6 g respectivamente. Por

último, el forraje fresco con 8,1 y 73,1 g, lo cual se asocia en parte al efecto del HCN en el follaje fresco.

En un estudio realizado por Reese et al. (1990), se demuestra el uso de la harina de yuca en ovejas reproductoras, y su impacto sobre variables de eficiencia reproductiva, en una dieta isoproteica (Cuadro 8). Se obtiene que la mayor cantidad de corderos nacidos, mayor tamaño de camada y mayor cantidad de kg de corderos destetados, se alcanza con un nivel de suplementación de harina de yuca de 97 g.

Cuadro 8. Respuesta en la eficiencia reproductiva de ovejas a tres niveles de suplementación con harina de yuca

Variable	0	50 g	97 g
Corderos nacidos	41	32	52
Tamaño de camada	1,32	1,19	1,49
Peso promedio de corderos(kg)	1,4	1,7	1,5
Porcentaje de mortalidad en corderos	12	3	12
Ganancia de peso de los corderos (g)	74	80	73
Peso total de corderos destetados (kg)	295	277	371
Tasa interna de retorno	2%	-38%	20%

Adaptado de Reese et al. (1990)

Además de su potencial como fuente de proteína, el follaje de yuca presenta factores antinutricionales como los taninos, que tienen acción desparasitante, sobre *Haemonchus contortus*, cestodos y coccidias. En el cuadro 9, se muestra el efecto de la adición de follaje de yuca sobre las cargas parasitarias en ovinos. Como se observa, se requiere suministrar mayor cantidad de follaje fresco, que deshidratado, lo cual se relaciona a la concentración de taninos, los cuales tiene un efecto bactericida y bacteriostático sobre microorganismos patógenos (Tien et al. 2005), se nota que al ofrecer el follaje, las cargas parasitarias se disminuyen en distinto grado según la cantidad ofrecida y el tipo de parásito.

Cuadro 9. Respuesta a la adición follaje de yuca en la dieta sobre la carga parasitaria de *Haemonchus contortus*, diferencia respecto al control, tras 60 días de tratamiento

Parte de la planta	Cantidad ofrecida	Conteo de huevos en heces de <i>H. contortus</i>	Número total de parásitos <i>H. contortus</i>	Porcentaje de desarrollo de huevos <i>H. contortus</i>	Fuente
Follaje fresco	650 g	-49%	-51,05%	-60%	Magdeleine et al. (2010)
		Nematodo huevos/g heces	Cestodo huevos/g heces	Coccidia oocitos/ g heces	
	0	+70%	+67,9%	+151%	
	47	+37%	+50,8%	+47,8%	
Follaje henificado	89	+3,2%	+56,0%	-22,8%	Tien et al. (2005)
	121	-6,0%	+30,7%	-30,4%	
	165	-1,2 %	+1,8%	-70,8%	

Caprinos

Un estudio realizado por Phengvichith y Ledin (2007) en cabras, informan de un aumento en la digestibilidad de la materia seca del forraje consumido, debido a un mayor aporte de proteína cruda, lo cual permitió obtener un aumento en las ganancias de peso. Además mencionan, que el consumo del forraje base se mantuvo constante, por lo que el follaje de yuca funcionó como un suplemento y no como sustituto (Cuadro 10). En otro estudio realizado por Oni et al. (2010), se muestra que, conforme se aumenta la cantidad de hojas secas molidas en el alimento balanceado, en sustitución de granos secos de cervecera, se observa una disminución en la digestibilidad, sin embargo, se registro un aumento en las ganancias de peso, comportamiento que se podría explicar por la presencia de taninos, los cuales presentan baja digestibilidad ruminal pero aumentan la cantidad de proteína que sobrepasa el rumen.

Según lo descrito en el cuadro 10, la utilización de la yuca y sus subproductos en cabras en crecimiento podría generar aumentos de peso promedio de 17,5 g por

encima de los animales no suplementados y digestibilidades promedio de la materia seca de 66,17 %, lo que se traduce en la disminución en los costos de alimentación.

Cuadro 10. Utilización de follaje de yuca sobre la ganancia de peso y la digestibilidad en dietas suministradas a caprinos

Parte de la planta	Cantidad ofrecida %	Componente de la dieta a sustituir	Ganancia de peso respecto al control (g)	Digestibilidad aparente de la materia seca (%)	Fuente
Follaje somagado	16,3	<i>Andropogon gayanus</i>	13,7	68	Phengvichith y Ledin (2007)
	21,7		23,1	72	
	23,8		26,1	74	
Hojas secas	20	Granos secos de cervecería	8,9	65	Oni et al. (2010)
molidas	40	(en alimento balanceado)	14,1	61	
	60		19,1	57	

Porcinos

El alto contenido de fibra cruda presente en el follaje de yuca limita su uso en la alimentación de cerdos, ya que dietas altas en fibra incrementan la tasa de pasaje por el tracto digestivo, lo cual disminuye la digestibilidad de los nutrimentos (González et al. 1999), esto se puede observar en el cuadro 11, donde la digestibilidad disminuye conforme se incrementa la inclusión de forraje de yuca amarga. Similar resultado, obtiene Lokaewmanee et al. (2011), al aumentar el valor de fibra cruda en diferentes procesos de hojuelas de yuca, se disminuye la digestibilidad de materia seca, por lo que es recomendable utilizar yuca sin cáscara para la elaboración de hojuelas de yuca para la alimentación de cerdos.

Cuadro 11. Contenido de materia seca, fibra y porcentaje de digestibilidad en subproductos de la yuca

Parte de la planta	Inclusión (%)	FC* (%)	Digestibilidad (%)						Fuente
			MS	FDN	EE	N	MO	Energía	
Harina de follaje de yuca	0	-	90,5	83,8	80,9	89,0	91,1	90,4	González et al. (1999)
	15	-	84,3	74,2	69,1	79,5	85,1	82,7	
	30	-	76,1	63,4	64,0	69,1	77,0	73,1	
Hojuelas de yuca sin cáscara	-	2,5	89,1	-	-	-	-	-	Lokaewmanee et al. (2011)
Hojuelas de yuca lavada con cáscara	-	3,9	80,6	-	-	-	-	-	
Hojuelas de yuca no lavada con cáscara	-	5,2	76,1	-	-	-	-	-	

*FC=Fibra cruda, FDN=Fibra detergente neutro; EE= Extracto etéreo; N= Nitrógeno, MO=Materia orgánica

En el cuadro 12, se presentan diferentes valores de conversión alimenticia de cerdos alimentados *ad libitum* y de forma restringida con subproductos de yuca, Garbati et al. (2002) obtiene una mejor conversión alimenticia en animales que no consumieron yuca fresca y harina de yuca, debido al bajo consumo de alimento por la presencia de ácido cianhídrico en la ración. También los días requeridos para alcanzar los 90 kg de peso es menor en cerdos que se les suministra dieta control; los que recibieron harina de yuca *ad libitum* necesitaron menor tiempo que los restringidos debido a que la restricción en el suministro de energía en la etapa de finalización afecta la tasa de crecimiento, y los que recibieron yuca fresca fueron los que duraron más tiempo debido a la presencia de ácido cianhídrico (Garbati et al. 2002).

Sin embargo, en un estudio realizado por Rosales y Paúcar (1996) muestran que no se determinaron diferencias significativas en el nivel de inclusión de la yuca en las dietas con respecto a la conversión alimenticia, pero si se genera beneficios económicos

mayores a 4,6% con respecto a las dietas comerciales, los mismos beneficios son destacados por Trómpiz et al. (2000). Por su parte, Jiménez et al. (2005), al elaborar dietas a base de diferentes partes de yuca y compararlas con una dieta control, no determino diferencias significativas en la conversión alimenticia, pero se observa, que dietas fibrosas acompañadas de *Trichantera gigantea* presentan conversiones altas, por lo que el nivel de inclusión recomendable en este caso es de 40% de harina de yuca con 20% de forraje de yuca y *Trichantera gigantea*.

Cuadro 12. Comportamiento de cerdos alimentados con dietas que incluyen harina y forraje de yuca, en combinación con *Trichantera gigantea*

Tipo de alimentación o inclusión (%)		Consumo total (kg MS)	Conversión alimenticia	Días para 90 kg	Rendimiento de canal (%)	Fuente
Control		245,5	2,3	38,9	-	Garbati et al. (2002)
H. de yuca	<i>Ad libitum</i>	260,8	2,7	43,6	-	
Yuca fresca		184,7	3,1	69,3	-	
H. de yuca	<i>Restringida</i>	180,6	2,7	62,1	-	
Yuca fresca		171,6	3,1	74,2	-	
Control	100	-	3,7	-	74,4	Jiménez et al. (2005)
Harina de yuca+ forraje de yuca y <i>Trichantera gigantea</i>	0+20	-	3,9	-	77,5	
	20+20	-	3,8	-	78,8	
	40+20	-	3,6	-	77,9	
Harina de cáscara de yuca	0	-	2,9	-	-	Rosales y Paúcar (1996)
	15	-	2,9	-	-	
	30	-	3,4	-	-	
Harina de forraje de yuca	0	-	4,3	-	-	Trómpiz et al. (2000)
	15	-	4,9	-	-	

El uso de productos o subproductos de yuca en cerdos es una alternativa para disminuir los costos de producción, pero es importante tomar en cuenta el nivel de fibra que se incluye en la dieta, ya que ésta tiene efectos en la digestibilidad de los nutrientes y en la conversión alimenticia. También se debe tomar en cuenta si es necesario dar un tratamiento previo al suministro de la yuca en la dieta, esto debido a la presencia de factores antinutricionales.

Avicultura

La harina de yuca es un producto bastante polvoriento, muy volátil, que causa problemas de manejo cuando se mezcla con otros productos harinosos de la dieta; esta limitación es evidente durante la fabricación y cuando el producto se suministra al animal en su forma harinosa. Para contrarrestar esta situación, el nivel máximo de inclusión de harina de yuca en aves de corral es alrededor de 25 a 30% o se puede añadir aceite o melaza de caña para reducir la polvosidad en la dieta (Aderemi et al. 2011).

Buitrago et al. (2002), informan que los grupos de animales que consumieron harina de yuca y soya integral presentaron una ganancia de peso y conversión alimenticia similar o superior a la del grupo control, los cuales se alimentó con maíz y soya integral. El consumo de alimento balanceado no se afectó en los tratamientos que incluían altos niveles de harina de yuca. En pollos de engorde y ponedoras, la harina de raíz y la harina de follaje de yuca son una fuente de energía, proteína y de pigmentos (Buitrago 2002). En el cuadro 13, se resume la respuesta al suministro de diferentes subproductos de la yuca en la alimentación de aves de engorde y de postura.

Cuadro 13. Utilización de diferentes productos y subproductos de yuca en la alimentación de aves ponedoras y pollos de engorde

Parte o proceso de la planta	Producción animal	Cantidad ofrecida	Respuesta	Fuente
Hoja	Engorde	10%	Carne más amarilla	Faria et al. (2012)
Harina de raíz y follaje	Engorde	4,72%	Conversión alimenticia de 2,24 en aves mayores a 42 días	Buitrago et al. (2002)
Harina de follaje	Engorde	Hasta 7,5%	No afecta parámetros productivos. Ahorro en costo total de alimentación	Trompiz et al. (2007)
Harina de yuca entera	Ponedoras	Hasta 25%	No afecta características de rendimiento y parámetros de calidad de huevo. Reduce costos de producción	Aderemi et al. (2011)
Harina de raíz integral + aceite de palma africana	Ponedoras	25%	No afecta parámetros de producción ni calidad de huevo. Reduce costos de alimentación	Zacarias et al. (2012)
Harina de raíz integral + aceite de palma africana	Ponedoras	100% sustitución de maíz	Disminuye pigmentación de la yema del huevo	Zacarias et al. (2012)
Harina de follaje	Engorde	5%	Aumenta rendimiento de muslo con o sin cadera	Trompiz et al. (2010)

Especies acuícolas

En la producción acuícola, se evaluó el uso de la harina de yuca como aglutinante en dietas para etapas de postlarvas de camarón. Se observó un mejor aumento de peso de los animales alimentados con dietas que contienen este aglutinante comparado con otros tales como harinas o melaza. Esta mejora en el desempeño podría relacionarse a una menor lixiviación de nutrimentos en la dieta que contenía harina de yuca (Rogério et al. 2002). El uso de la yuca en la alimentación de camarones de agua dulce fue

evaluado por Zacarias y González (1997), donde analizaron el efecto del procesamiento térmico en la digestibilidad de la yuca. Tal proceso no mejoró la energía digestible de la misma. Tanto la yuca seca como la tostada presentaron bajos coeficientes de digestibilidad de las fracciones de materia seca, proteína bruta y energía bruta.

Experiencias en alimentación de tilapias del Nilo, descritas por Rogério et al. (2002), indican que la harina de yuca no influyó en la conversión alimenticia de los animales, lo que demuestra que este alimento no presenta problemas de palatabilidad y su inclusión no dio lugar a un desequilibrio nutricional en las dietas evaluadas (Rogério et al. 2002). El rendimiento de la canal y el índice hepatosomático, no se afectaron por los diferentes niveles inclusión de harina de yuca (Rogério *et al.* 2002). Para esta especie, estos investigadores recomiendan la inclusión de 24% en etapa de alevín, debido a que en la investigación, se logro sustituir el aporte de energía proporcionada por el maíz sin que se dé una reducción en el rendimiento del animal (Rogério et al. 2002).

Conejos

Los conejos alimentados con un alimento balanceado con 20% de harina de yuca sin cáscara, consumieron más que los que fueron alimentados con alimento balanceado sin harina de yuca; este aumento en el consumo de alimento podría ser debido a la necesidad de satisfacer sus necesidades de energía (Oso et al. 2010). En el mismo estudio, se indica que no se registró mortalidad en toda la duración del estudio, período de 70 días. Por lo tanto, la inclusión de 200 g/kg genera un mejor rendimiento sin ningún efecto perjudicial sobre el crecimiento, la utilización de nutrimentos y componentes de la sangre (Oso et al. 2010). En otro estudio, realizado por Anya et al. (2011); la ganancia diaria de peso de los conejos aumentó de forma progresiva hasta el nivel de 20% de inclusión de jícamo africano junto con la harina de cáscara de yuca; por lo tanto, es probable que la presencia de factores antinutricionales en este tubérculo podría afectar la utilización de la harina de yuca a niveles de inclusión más altos (por encima de 20%). En el cuadro 14, se resume la respuesta de conejos de engorde a la suplementación con yuca en diferentes proporciones.

Cuadro 14. Utilización de productos y subproductos de yuca en la alimentación de conejos de engorde

Parte de la planta	Cantidad ofrecida	Respuesta	Fuente
Harina del tubérculo sin cáscara	200 g/kg	Mayor ingesta de alimento. El promedio de peso vivo final, ganancia de peso y la conversión alimenticia no fueron afectados. La glucosa en sangre se incrementó significativamente.	Oso et al. (2010)
Harina de cáscara	37%	No presenta ninguna diferencia significativa en las características de la canal	Ekpo et al. (2009)
Tubérculo sin cáscara	37%	No presenta ninguna diferencia significativa en las características de la canal	Ekpo et al. (2009)
Harina de tubérculo entero	37%	Disminuye costos por un mayor aumento de peso.	Ekpo et al. (2009)
Harina de cáscara	200 g/kg	Relación carne/hueso significativamente positiva. Disminuye costo de la dieta	Olafadehan (2011)
Cáscara ensilada	200 g/kg	Los pesos vivo, al sacrificio y de la canal, el rendimiento canal, carne/hueso, y los porcentajes sobre la canal de piel, lomo, espalda y pierna fueron menores.	Olafadehan (2011)
Harina de cáscara de yuca + jícamo africano	Hasta 20%	Aumento en ganancia diaria de peso. No hubo ningún efecto adverso sobre el crecimiento y conversión alimenticia.	Anyia et al. (2011)

Perros

En un estudio realizado por Kamalu (1991), un conjunto de perros en crecimiento se alimentaron con una dieta a base de arroz, una dieta en la que la yuca se utilizó como fuente de carbohidrato y otra dieta a base de arroz con cianuro equivalente a la presente en la yuca. Se obtuvo un aumento en la actividad de la lipasa en los animales

que consumen harina de yuca, mientras que ésta se deprimió en la dieta a base de arroz y arroz más cianuro. La concentración de tiocianato en el plasma permaneció indetectable durante todo el período del experimento en los animales que consumieron solo arroz, mientras que en las otras dietas se presentaron concentraciones más elevadas. Por otra parte, la concentración de alanina se redujo en los perros alimentados con la yuca y los perros alimentados con arroz más cianuro. La alanina es utilizada en los perros alimentados con yuca a un grado mayor que en los otros grupos. Las concentraciones de leucina, isoleucina y valina en los perros alimentados con arroz más cianuro aumentó por encima de las de los perros alimentados solo con arroz, mientras que en los perros alimentados con yuca, las concentraciones de leucina, isoleucina y valina disminuyeron (Kamalu 1991). El páncreas de los perros alimentados con yuca mostró hemorragia, necrosis, fibrosis y atrofia del tejido acinar. Lesiones similares, presentaron los animales alimentados con arroz más cianuro, sin embargo, la hemorragia no era prominente y la fibrosis fue más marcada (Kamalu 1991).

En otro estudio realizado por el mismo autor, se determinó que la digestibilidad aparente de la materia seca, proteína y grasa no fueron significativamente diferentes en las dietas a base de arroz, harina de yuca y arroz más cianuro, pero la digestibilidad de la fibra de la yuca fue significativamente menor que la digestibilidad de la fibra de arroz (Kamalu 1990). El análisis proximal de las heces mostraron que el grupo de los perros alimentados con la dieta de yuca presentaron un contenido de humedad significativamente mayor que las heces de los otras dietas. No hubo diferencias significativas en el aumento de peso corporal y el crecimiento óseo entre los grupos alimentados con yuca y la dieta a base de arroz, pero estas variables fueron significativamente inferiores en los perros alimentados con la dieta de arroz más cianuro. En el caso de la actividad de la fosfatasa alcalina en plasma no fue diferente entre los animales alimentados con la dieta a base de arroz y el grupo alimentado con yuca, pero fue inferior en el grupo de arroz + cianuro (Kamalu 1990). Experiencia que indica los inconvenientes del uso de subproductos de yuca en la alimentación de perros, debido al contenido de cianuro.

Literatura consultada

ADEREMI F., ADENOWO T., OGUNTUNJI A. 2011. Effect of whole cassava meal on performance and egg quality characteristics of layers. *Journal of Agricultural Science*. 4 (2): 195-200.

ANYA M., AYUK A., UMOREN E., AKPOJOVWO V., UBUA J. 2011. Performance of weaned rabbit fed graded levels of african yambean in cassava peel meal based diets. *Continental J. Agricultural Science* 5 (2): 25–30

BITRAGO A. 1990. La yuca en la alimentación animal. CIAT. Cali, Colombia. 446p.

BITRAGO J., GIL J., OSPINA B. 2002. Cassava in Poultry Nutrition. Latin American and Caribbean Consortium to Support Cassava Research and Development, CLAYUCA. Cali, Colombia. 44p.

CALDAS S., ZEOULA L., FERRIANI A., NUNES I., TADEU G., FREGADOLLI F., KASSIES M., DALPONTE A. 2000. Mandioca e resíduos das farinhas na alimentação de ruminantes: Digestibilidade total e parcial. *Revista Brasileira Zootecnia*. 29(6):2099-2108.

CARVALHO J., PIRES A., VELOSO C., SILVA F., REIS R., CARVALHO G. 2010. Digestibilidade aparente da dieta com capim-elefante ensilado com diferentes aditivos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 62(4): 889-897

CEBALLOS H., SÁNCHEZ T., CHÁVEZ A., IGLESIAS C., DEBOUCK D., MAFLA G., TOHME J. 2006. Variation in crude protein content (*Manihot esculenta* Crantz) in cassava roots. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 589-593.

CEREDA M., MATTOS M. 1996. Linamarin the toxic compound of cassava. *Journal of Venomous Animals and Toxins* 2(1): 6-12.

DUARTE F., PELCASTRE A. 1998. La yuca (*Manihot esculenta*) como fuente energetica en dietas integrales para engorda de borregos pelibuey y su cruza con Hampshire. Campo experimental Tizimin Mexico. Revista Técnica Pecuaria en México 36(2): 173-178.

EKPO J., SOLOMON I., ISAAC L., EKPO K., LEO O. 2009. Carcass characteristics and economic benefits of weaner rabbits fed cassava tuber meals. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances 4 (4): 214-218

FARIA P., VIEIRA J., SOUZA X., ROCHA M., PEREIRA A. 2012. Quality of broiler meat of the free-range type submitted to diets containing alternative feedstuffs. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 64 (2): 389-396

FASAE O., ADU I., AINA A., DIPEOLU M., 2011. Growth performance, carcass characteristics and meat sensory evaluation of West African dwarf sheep fed varying levels of maize and cassava hay. Tropical Animal Health Production. 2011 (43):503–510

GARBATI E., GONZÁLEZ C., DÍAZ I., TEPPER R., HURTADO E. 2002. Rasgos de comportamiento y canal en cerdos en finalización alimentados con dietas de raíz y follaje de yuca. Revista Computarizada de Producción Porcina 9(1): 15-23.

GONZÁLEZ D., GONZÁLEZ I., LY J., VECCHIONACCE H. 1999. Determinación de la digestibilidad de nutrientes de dietas de follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta* Crantz) y aceite de palma (*Elaeis guineensis* Jacq) en cerdos. Revista Computarizada de Producción Porcina 6 (1): 37-45.

GRANUM G., WANAPAT M., PAKDEE P., WACHIRAPAKORN C., TOBURAN W. 2007. A comparative study on the effect of cassava hay supplementation in swamp Buffaloes (*Bubalus bubalis*) and Cattle (*Bos indicus*) Asian-Aust. Journal of Animal Science. 20(9): 1389–1396

HOLZER Z., AHARONI Y., LUBIMOV V., BROSH A. 1997. The feasibility of replacement of grain by tapioca in diets for growing-fattening cattle. *Animal Feed Science Technology* 64, 133- 141.

HUE K., THANH D., LEDIN I. 2008. Effect of supplementing urea treated rice straw and molasses with different forage species on the performance of lambs. *Small Ruminant Research* 78, 134–143.

HUE K., THANH D., LEDIN I., SPÖRNDLY E., WREDLE E. 2010. Effect of feeding fresh, wilted and sun-dried foliage from cassava (*Manihot esculenta Crantz*) on the performance of lambs and their intake of hydrogen cyanide. *Livestock Science* 131: 155–161.

JIMÉNEZ R., GONZÁLEZ C., OJEDA A., VECCHLONACCE H., LY J. 2005. Performance traits of finishing pigs fed graded levels of cassava roots and a mixed foliage meal of cassava and trichanthera leaves. *Livestock Research for Rural Development* 17:2.

KAMALU B. 1990. Digestibility of a nutritionally-balanced cassava (*Manihot esculenta Crantz*) diet and its effect on growth in young male dogs. *British Journal of Nutrition* 66: 199-208

KAMALU B. 1991. The effect of a nutritionally-balanced cassava (*Manihot esculenta Crantz*) diet on endocrine function using the dog as a model 1. Pancreas. *British Journal of Nutrition* 65: 365- 372

KHAMPA S., CHAOWARAT P., SIHGHALERT R., WANAPAT M. 2009. Supplementation of yest fermented cassava chip as a replacement concentrate on rumen fermentation effieciency and digestibility of nutrients in cattle. *Asian Journal of Animal Sciences* 3(1): 18-24.

LEN N., LINDBERG J., OGLE B. 2006. Digestibility and nitrogen retention of diets containing different levels of fiber in local (Mong Cai), F1 (Mong Cai x Yorkshire) and exotic (Landrace x Yorkshire) growing pigs in Vietnam. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 91:297-303.

LOKAEWMANEE K., KANTO U., JUTTUPORNONG S., YAMAUCHI K. 2011. Digestibility and metabolizable energy values of processed cassava chips for growing and finishing pigs. *Tropical Animal Health Production* 43:377-381.

LY J. 1998. Raíces de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para cerdos, una reseña corta sobre el contenido de nutrientes. *Revista Computarizada de Producción Porcina*. 5(2): 1-6.

LY J. 1998b. Uso de raíces de yuca para cerdos: factores antinutricionales. *Revista computarizada de producción porcina*. 5(3): 2-29.

MAG. 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. MAG. San José, Costa Rica. 560p.

MAGDELEINE C., MAHIEU M., PHILIBERT L., DESPOIS P., ARCHIMÈDE H. 2010. Effect of cassava (*Manihot esculenta*) foliage on nutrition, parasite infection and growth of lambs. *Small Ruminant Research* 93: 10–18.

MARMOLEJO L., PEREZ A., TORRES P., CAJIGAS A., CRUZ C. 2008. Aprovechamiento de los residuos sólidos generados en pequeñas industrias de almidón agro de yuca. Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia. *Livestock Research for Rural Development* 20 (7): 1-16

MARQUES J., MAGGIONI D., DA SILVA R., DO PRADO N., CAVALIERE F., FERREIRA S., ZAWADZKI F. 2005. Substituição parcial do milho pela massa de fecularia seca sobre o desempenho e características da carcaça de novilhas em confinamento. *Archivo Latinoamericano de Produccion Animal* 13 (3): 103-108

MARQUES J., NUNES I., ZEOULA L., ALCALDE C., GONÇALVES W. 2000. Avaliação da mandioca e seus resíduos industriais em substituição ao milho no desempenho de novilhas confinadas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29(5):1528-1536.

MARTINS A., NUNES I., ZEOULA L., FERRIANI A., GONÇALVES W. 2000. Digestibilidade aparente de dietas contendo milho ou casca de mandioca como fonte energética e farelo de algodão ou levedura como fonte protéica em novilhas, *Revista Brasileira Zootecnia* 29(1):269-277.

MATA L. 2011. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. CINA, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 127p.

MCMURRY J. 2011. Fundamentals of organic chemistry. 6° Edición. Cengage Learning. Estados Unidos. 672p.

MODESTO E., SANTOS G., DAMASCENO J., CECATO U., VILELA D., SILVA D., SOUZA N., MATSUSHITA M. 2009. Inclusão de silagem de rama de mandioca em substituição à pastagem na alimentação de vacas em lactação: produção, qualidade do leite e da gordura. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 61(1):174-181

OLAFADEHAN O. 2011. Carcass quality and cost-benefit of rabbits fed cassava peel meal. *Archivos de Zootecnia* 6 (231): 757-765

ONI A., ARIGBEDE O., ONI O., ONWUKA C., ANELE U., ODUGUWA B., YUSUF K., 2010. Effects of feeding different levels of dried cassava leaves (*Manihot esculenta*, Crantz) based concentrates with *Panicum máximum* basal on the performance of growing West African Dwarf goats. *Livestock Science* 129 (2010): 24–30

OSO O., BAMGBOSE A., ERUVBETINE D. 2010. Utilization of unpeeled cassava (*Manihot esculenta*) root meal in diets of weaner rabbits. *Livestock Science* 127: 192–196

OSPINA B., CEBALLOS H. 2002. Yuca en el tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT. Cali, Colombia. 586 p.

PAZ J., BENAVIDES H. 2008. Evolución de los precios de productos agrícolas: Posible impacto en la agricultura de Latino América y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. 21p.

PHENGVICHITH V., LEDIN I. 2007. Effect of feeding different levels of wilted cassava foliage (*Manihot esculenta*, Crantz) on the performance of growing goats Small Ruminant Research 71 (2007): 109–116

PRADO I., MARQUES J., FERRIANI A., ZEOULA L., CALDAS S. 1999. Avaliação da substituição do milho pela mandioca e seus resíduos na digestibilidade aparente em novilhas confinadas. *Acta Scientiarum* 21(3):677-682.

PRESTON T., RODRÍGUEZ L., VAN LAI N., HA CHAU L. 2005. El follaje de la yuca (*Manihot esculenta* Cranz) como fuente de proteína para la producción animal en sistemas agroforestales. *In* Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica”. Vietnam. 395-406.

QUINÓNEZ R., GONZÁLEZ C., POLANCO D., PERDOMO B., ARAQUE H. 2007. Evaluación de diferentes tipos de deshidratación de raíz y follaje de yuca amarga (*Manihot esculenta*) sobre su composición química. *Zootecnia tropical* 25(1):37-41.

REESE A., HANDAYANI S., GINTING S., SINULINGGA W., REESE G., JOHNSON W. 1990. Effects of energy supplementation on lamb production of Javanese thin-tail ewes. *Journal of animal science*. 68:1827-1840.

RODRIGUES J., DENA L., DA SILVA L., OLIVEIRA O., MEURER F. 2012. Digestibilidad aparente de ingredientes del Noreste semiárido para tilapia del Nilo. *Ciencia Rural* 42 (5): 900-903.

ROGÉRIO W., HAYASHI C., MEURER F. 2002. Farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus* L.). *Revista Brasileira Zootecnia*. 31 (2): 546-551.

ROJAS H., CORONADO L., HURTADO E. 2005. Evaluación de la suplementación proteica durante el crecimiento postdestete de corderos a pastoreo. *Zootecnia Tropical* 23 (3):

ROSALES J., PAÚCAR R. 1996. Uso de la cáscara de yuca en raciones para cerdos en crecimiento. *Folia Amazónica* 8(2):105-118.

SEPSA. 2012. Boletín Estadístico Agropecuario. 22 Ed. SEPSA. San José, Costa Rica. 186p.

THANG C., LEDIN I., BERTILSSON J. 2010. Effect of using cassava products to vary the level of energy and protein in the diet on growth and digestibility in cattle. *Livestock Science* 128:166–172.

TIEN N., THI N., LEDIN I. 2005. Effect of replacing a commercial concentrate with cassava hay (*Manihot esculenta* Crantz) on the performance of growing goats. *Animal Feed Science and Technology* 119:271–281.

TROMPIZ J., GÓMEZ A., RINCÓN H., VENTURA M., BOHÓRQUEZ N., GARCÍA 2007. Efecto de raciones con harina de follaje de yuca sobre el comportamiento productivo en pollos de engorde. *Revista Científica. FCV-LUZ* 18(2): 143-149.

TRÓMPIZ J., VENTURA M., ESPARZA D., VILLAR A., AGUIRRE J. 2000. Utilización de la harina de follaje de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en cerdos en crecimiento. *Revista Científica FCV-LUZ*. 10(4):315-320.

TRÓMPIZ J., VILLAMIDE M., FERRER A., ARENAS L., JEREZ N., SANDOVAL L. 2010. Dietas con follaje de yuca y su efecto sobre las características al sacrificio y rendimiento en canal y en cortes de pollos de engorde. Venezuela. *FCV-LUZ*. 20 (3): 293 – 299.

VALENTE A., RAMOS A., MARRERO E., MAYET D., SANREGRES Y. 2003. Muerte de cerdos por consumo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) fresca y cruda. *Revista Salud Animal* 25(1):59-61.

VÁSQUEZ W., YOSSA M., HERNÁNDEZ G., GUTIÉRREZ M. 2010. Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (*Oreochromis sp.*). *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias* 23:207-216.

WANAPAT M., KHAMPA S. 2007. Effect of levels of supplementation of concentrate containing high levels of cassava chip on rumen ecology, microbial N supply and digestibility of nutrients in beef cattle. *Asian-Australian. Journal of Animal Science*. 20 (1): 75–81

WANAPAT M., PETLUM A., PIMPA O. 2000. Supplementation of cassava hay to replace concentrate use in lactating holstein friesian crossbreds. Asian-Australian Journal of Animal Science. 13 (5): 600-604

WANAPAT M., POLYORACH S., CHANTHAKHOUN V., SORNSONGNERN N. 2011 Yeast-fermented cassava chip protein (YEFECAP) concentrate for lactating dairy cows fed on urea–lime treated rice straw. Livestock Science 139: 258–263

WANAPAT M., PROMKOT C., KHAMPA S. 2007. Supplementation of cassava hay as a protein replacement for soybean meal in concentrate supplement for dairy cows. Pakistan Journal of Nutrition 6 (1): 68-7.

WU J. 1991. Energy value of cassava for young swine. Journal Animal Science. 69:1349-1353.

ZACARIAS J., VALDIVIÉ M., BICUDO S. 2012. Substitution of corn and soybean oil by cassava meal and African palm tree oil in diets of laying hens. Journal of Agricultural Science. 46 (2): 175-180.

ZACARIAS S., GONZÁLEZ M. 1997. Digestibilidade aparente da mandioca (*Manihot esculenta*) pelo camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*). Revista Brasileira Zootecnia. 26 (5): 858-862.

ZAMBELLO E., COSTA C., BENI M., SILVEIRA A., PADOVANI C., ZAMBELLO S. 2004. Fermentation and nutritive value of silage and hay made from the aerial part of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Scientia agricola 61(4):364-370.

CAPÍTULO VII

USO DE LA ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) EN ALIMENTACIÓN ANIMAL

Joyce Carazo-Chanto¹ , Luis Alejandro Rodríguez-Campos¹ y Rodolfo WingChing-Jones¹

Introducción

La zanahoria (*Daucus carota*) es una hortaliza de la familia de las umbelíferas, originaria de la región de Afganistán (Bolaños 1998). Su cultivo se desarrolló en climas templados de Europa, mientras que, en este momento se cultiva incluso en zonas tórridas, primero en las zonas altas, aunque luego se desarrollaron cultivares adaptados a las condiciones de bajuras tropicales (Bolaños 1998).

Es una planta bianual, que durante el primer año desarrolla sus hojas y raíces, y en el segundo, sus inflorescencias (Villeneuve 2002). Su cosecha se da en una etapa juvenil del desarrollo (4-5 meses post-siembra) (Bolaños 1998). Prefiere suelos livianos, profundos, poco pedregosos y bien arados, con un pH entre 5,7 y 7,5 (Villeneuve 2002). Se consume por ser fuente de vitamina A, carotenoides y otros antioxidantes, por lo cual su selección enfatiza poco en factores como grados brix, textura, productividad o germinación (Bolaños 1998). La mejora genética se orienta a la producción de variedades de zanahoria que aporten compuestos bioactivos diferentes, por ejemplo, se desarrollaron variedades rojas, anaranjadas y blancas a partir de las zanahorias amarillas y púrpuras originales. Tales variedades difieren en contenidos de α -caroteno, β -caroteno, luteína, licopenos y antocianinas (Arscott y Tanumihardjo 2010).

¹Curso AZ-4100. Práctica Laboral y Profesional I. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 2013. Correos electrónicos. joycecarazo@gmail.com, luisalejandro.rodriguez@ucr.ac.cr y rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

En Costa Rica, la producción durante el año 2010 fue de 46.067 toneladas métricas, en 1.123 hectáreas de cultivo, para un rendimiento de 41 t/ha (SEPSA 2012). El cultivo de zanahorias se realiza en las zonas altas de la provincia de Cartago y Alajuela. Aunque en un pasado se introdujeron cultivares tropicalizados con buenos resultados en zonas como La Garita de Alajuela y Upala, su práctica no se extendió más allá de proyectos de investigación (Bolaños 1998). Los principales productores a nivel mundial son China y Rusia, con más de 840 y 170 miles de toneladas de raíces, respectivamente (Arscott y Tanumihardjo 2010).

El consumo en fresco es su principal uso, pero a partir de su procesamiento se generan jugos, alimentos enlatados, conserva, harinas, entre otros (Sharma et al. 2012). Del cultivo y procesamiento de la zanahoria se generan residuos que pueden ser aprovechados en la alimentación animal, como los tallos y hojas (parte aérea), pulpa (35% del peso de una zanahoria (Gazalli et al. 2013)), cáscaras y zanahorias que no cumplen con estándares de calidad, entre otros. Con base en lo anterior, se recopiló la información científica disponible acerca del uso de la zanahoria y sus subproductos como fuente de alimento para animales, con el fin de evaluar su composición nutricional y la respuesta productiva cuando se utilizan.

Composición nutricional

La raíz de la zanahoria fresca, su harina, la pulpa que queda después de la extracción del jugo, las cáscaras que recubren la raíz, la raíz sin cáscara y otras presentaciones; pueden catalogarse como alimentos energéticos, ya que sus contenidos de fibra cruda y proteína son menores al 18 y 20% respectivamente (Cuadros 1, 2, 3 y 4). Mientras tanto, las hojas y tallos dados frescos, o deshidratados también se consideran como energéticos, a pesar de ser forrajes, con base en los mismos criterios sobre contenidos de fibra y proteína, y el producto se cosecha a una edad mayor a los 80 días (Cuadro 5).

Cuadro 1. Resultados del análisis proximal y de fraccionamiento de la fibra de raíz fresca de zanahoria con cáscara

Referencia	MS	PC	EE	FC	Cenizas	ELN	FDN	FDA	Lignina	CSDN
	(%)	(% MS)								
Brokner et al. (2012)	10,9	7,4	2,8	7,3	7,4	75,1	9,0	8,8	0,8	73,4
Juchem et al. (2012)	11,0	8,4	1,8	-	9,0	-	12,9	12,8	<1	67,9
Gruber et al. (2011)	10,6	9,4	1,2	8,9	4,6	75,9	-	-	-	-
Mantovani y Bailoni (2011)	9,8	7,6	2,0	9,2	-	-	14,7	13,5	-	-
Tirador (2011)	9,4	8,5	2,4	3,0	17,1	69,0	-	-	-	-
Tobías-Marino et al. (2010)	9,9	5,7	0,3	-	7,1	-	11,9	-	-	75,1
Steenfeltd et al. (2007)	10,4	6,9	-	-	5,9	-	-	-	3,3	-
Marguerison (2004)	12,0	9,4	1,6	-	7,3	-	20,5	-	-	61,3
Singh et al. (2001)	4,6	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-
Losada et al. (1992)	9,0	7,7	-	12,1	-	-	-	-	-	-
Gopalan et al. (1991)	14,0	6,4	1,4	8,6	7,9	75,7	-	-	-	-
Holland et al. (1991)	11,2	6,3	4,5	21,4	-	-	-	-	-	-
Rust (1991)	12,0	9,9	1,4	-	8,2	-	-	-	-	-
Göhl (1982)	13,4	12,7	2,3	16,7	8,2	67,2	-	-	-	-
Ensminger y Olentine (1978)	13,0	9,5	1,6	9,6	8,1	71,2	-	-	-	-
Máximo	14,0	12,7	4,5	21,4	17,1	75,9	20,5	13,5	3,3	75,1
Mínimo	4,6	5,7	0,3	3,0	4,6	67,2	9,0	8,8	0,8	61,3
Promedio	10,7	8,4	1,9	10,8	8,2	72,4	13,8	11,7	2,0	69,4

MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FC: Fibra cruda, ELN: Extracto libre de nitrógeno, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, CSDN: Carbohidratos solubles en detergente neutro

Cuadro 2. Resultados del análisis proximal de harinas de zanahoria con cáscara

Autor	MS	PC	EE	FC	Cenizas	ELN
	(%)	(% MS)				
Wassef et al. (2010)	-	9,0	1,9	9,8	9,9	69,2
Gazalli et al. (2013)	91,2	6,2	2,4	24,7 ^a	5,0	61,7
Pitchiah (2004)	95,1	6,4	1,6	6,9	4,2	80,8
Nicolle et al. (2003)	-	7,0	2,0	-	3,0	-
Ensminger y Olentine (1978)	90,0	10,3	1,4	9,0	9,7	69,6
Máximo	95,1	10,3	2,4	9,8	9,9	80,8
Mínimo	90,0	6,5	1,4	6,9	3,0	61,7
Promedio	92,1	7,8	1,9	8,6	6,4	70,3

a Valor excluido del promedio

MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FC: Fibra cruda, ELN: Extracto libre de nitrógeno

Cuadro 3. Resultados del análisis proximal y de fraccionamiento de la fibra en pulpas de zanahoria deshidratadas

Autor	MS (%)	PC	EE	FC	Cenizas	ELN	FS	FDN	FDA	Lignina	CSDN
(% MS)											
Enishi et al. (2004)	90,3	7,7	0,9	-	7,0	-	23,6	31,0	28,0	1,3	53,4
Kohajdová et al. (2012)	90,9	6,7	2,1	-	1,4	-	-	-	-	-	-
Swanson et al. (2001)	91,6	11,3	3,8	-	17,7 ^a	-	19,3	35,9	-	-	31,3
Wassef et al. (2010)	-	9,0	1,9	9,8	9,9	69,2	-	-	-	-	-
Gazalli et al. (2013)	91,2	6,2	2,4	24,7 ^a	5,1	61,7	-	-	-	-	-
Pitchiah (2004)	95,1	6,4	1,6	6,9	4,2	80,8	-	-	-	-	-
Máximo	95,1	11,3	3,8	9,8	9,9	80,8	23,6	35,9	28,0	1,3	53,4
Mínimo	90,3	6,2	0,9	6,9	1,4	61,7	19,3	31,0	28,0	1,3	31,3
Promedio	91,8	7,9	2,1	8,4	5,5	70,6	21,5	33,5	28,0	1,3	42,4

^a Valor no incluido en el promedio

MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FC: Fibra cruda, ELN: Extracto libre de nitrógeno, FS: Fibra soluble, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, CSDN: Carbohidratos solubles en detergente neutro

Cuadro 4. Análisis nutricional de otras materias alimenticias derivadas del cultivo de la zanahoria

Producto	Autor	MS* (%)	PC	Cenizas	EE	FC	ELN	FDT	FS	FDN	FDA	Lignina	CSDN
(% MS)													
Planta entera	Klebaniuk et al. (2008)	13,1	10,3	10,0	-	9,1	-	-	-	-	-	-	-
	Goby y Gidenne (2008)	-	13,0	21,0	-	-	-	-	-	-	14,0	-	-
Pulpa fresca	Swanepoel et al. (2010)	12,5	7,3	6,5	2,3	-	-	-	-	26,5	24,7	1,3	51,5
	Shyamala y Jamuna (2010)	15,8	6,2	5,8	3,8	-	-	45,5	13,5	32,0	-	-	42,2
Parte aérea fresca	Göhl (1982)	16,4	12,1	18,2	2,3	16,7	50,7	-	-	-	-	-	-
	Ensminger y Olentine (1978)	16,0	13,1	15,0	3,8	18,1	50,0	-	-	-	-	-	-
Cáscaras	Negesse et al. (2009)	19,3	4,8	10,8	1,0	-	-	-	-	16,2	16,0	3,4	67,2
Ensilaje (1)	Lafflame (1992)	27,1	13,8	8,1	-	-	-	-	-	56,2	40,9	-	-
Raíz fresca sin cáscara	Jørgensen et al. (2012)	-	-	-	1,1	-	-	21,5	-	-	8,0	0,8	-
Harina de raíz sin cáscara	Singh et al. (2003)	96,3	9,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1): 75% zanahoria de rechazo + 25% heno

*MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FC: Fibra cruda, ELN: Extracto libre de nitrógeno, FDT: Fibra dietética total, FS: Fibra soluble, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácido, CSDN: Carbohidratos solubles en detergente neutro

Cuadro 5. Análisis proximales de parte aérea deshidratada de zanahoria

Autor	Edad (días)	MS* (%)	PC	EE	FC	Cenizas	ELN
			(% MS)				
Leite et al. (2011)	40	94,9	24,0	4,8	-	13,8	-
Leite et al. (2011)	80	94,9	24,5	5,0	-	13,9	-
Leite et al. (2011)	100	94,3	18,2	4,7	-	15,3	-
Abdu et al. (2012)	-	95,5	18,1	0,9	16,8	13,0	51,3
Ngoshe et al. (2013)	-	97,2	12,0	1,3	14,8	7,6	64,2
Máximo	-	97,2	24,5	5,0	16,8	15,3	64,2
Mínimo	-	94,3	12,0	0,7	14,8	7,6	51,3
Promedio	-	95,4	19,4	3,3	15,8	12,7	57,8

*MS: Materia seca, PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FC: Fibra cruda, ELN: Extracto libre de nitrógeno.

En promedio, la raíz fresca de zanahoria con cáscara, la pulpa deshidratada y la harina de zanahoria presentan contenidos similares de proteína cruda (~8%) y de extracto etéreo (~2%); la fibra cruda es de 11% en la zanahoria fresca y 8-9% en la harina y la pulpa de zanahoria; la proporción de cenizas corresponde al 5,5% en la pulpa, 6,4% en la harina y 8,2% en la raíz fresca. Debe considerarse que en los tres productos se presentaron resultados de fibra cruda de más de 20%, que aunque no fueron incluidos en los promedios, parecen ser parte de la variabilidad esperada en la composición nutricional. Herrera (2002) indicó valores similares de proteína cruda (6,9%) y extracto etéreo (1,7%), pero menores de cenizas (3%) para la pulpa fresca de cítricos. Por su parte, Licandro y Odio (2002) comunicaron valores de 6% de proteína, 3% de extracto etéreo y 12% de fibra cruda en pulpa de cítricos deshidratada, lo cual indica una composición similar entre ambas materias.

Los valores de proteína cruda de la cáscara de zanahoria (4,8%), la harina de raíz sin cáscara (9,7%) y la harina de raíz con cáscara (7,8%), indican que la mayoría del nitrógeno de la raíz de zanahoria es almacenada en el interior de la raíz y coinciden con Negesse et al. (2009), en que las cáscaras constituyen el 30% del peso fresco de las raíces. Las cáscaras de zanahoria presentan contenidos de FDN y FDA mayores que los encontrados en las raíces frescas (16,2 y 16 contra 14 y 12% respectivamente).

El contenido de proteína en las zanahorias frescas y su pulpa se encuentra entre 5 y 10%, rango similar al informado por Herrera (2002) para el valor de PC en la cáscara de banana maduro y la pulpa de cítricos fresca (6,89 y 8,16% respectivamente) o el palmiste de palma africana (9,1%) y la harina de pejibaye (6,4%) (Mata 2011). Con relación al ELN el valor obtenido, es similar al que se informa para el acemite de trigo (64,6%), maíz (74,4%), el sorgo (70%) y la pulpa de cítricos deshidratada (67,6%) (Cuadro 3), pero debe considerarse que la composición del ELN es diferente a las otras materias primas mencionadas. Perfil nutricional, que podría permitir su uso en la sustitución de estas materias primas en la alimentación de animales rumiantes.

En el caso de la concentración de CSDN, se obtiene un valor mayor en la raíz fresca que en la pulpa de zanahoria, ya que en estas, una parte de los carbohidratos solubles son extraídos para la elaboración del jugo de zanahoria, lo que provoca, a su vez, que la proporción de paredes celulares sea mayor (Sharma et al. 2012). Herrera (2002) indica que la pulpa fresca de cítricos tiene 70,12% de CSDN, mientras que Costa et al. (2011) describe 9,36% para el melón de rechazo, valores similares a lo encontrado en el presente trabajo para la raíz fresca y la pulpa de raíz de zanahoria.

El concepto de CSDN es utilizado en el presente trabajo debido a los niveles de fibra soluble presentes en la pulpa de zanahoria (Cuadro 3), lo cual provoca que utilizar el nombre de carbohidratos no fibrosos sea erróneo, aunque el método de cálculo sea idéntico ($100 - PC - EE - FDN_{PC} - \text{Cenizas}$) (Herrera 2012). Los principales componentes de esta fracción son pectinas (Sharma et al. 2012), carbohidrato de rápida degradación ruminal, pero cuyo producto de fermentación es el acetato, por lo cual no reduce el pH y favorece el aprovechamiento de los forrajes de la dieta (Kordi et al. 2010). En monogástricos no es aprovechable pero favorece el tránsito rápido y la producción de ácidos grasos de cadena corta en el colon, en especial butirato, lo que disminuye la susceptibilidad al desarrollo de cáncer de colon (Swanson et al. 2001) y potencia la función de la barrera epitelial del intestino ante el ataque de patógenos (Corr et al. 2009). Tal y como se observa en los cuadros 1 y 3, el principal componente de la fibra de los subproductos de la raíz de naranja es la celulosa, mientras que los niveles de hemicelulosa son bajos. Esto concuerda con la información recopilada por Sharma et

al. (2012), que indica que la celulosa abarca el 80,97% de la fibra dietética total en la raíz fresca y 51,6% en la pulpa, mientras que la hemicelulosa alcanza niveles de 9,14% y 12,3% respectivamente.

La fracción no aprovechable de la proteína cruda, según Swanepoel et al. (2010) es de 8,12% para la pulpa de zanahoria, mientras que, Juchem et al. (2012) indican un valor de 5,6% PC en la raíz entera de zanahoria y Lafflame (1992) informa que 1,96% de la PC está ligada a la fibra detergente ácido en un ensilaje de zanahoria. Esto indica, que por cada kilogramo de zanahoria entera o pulpa de zanahoria agregado a una ración se suple de 100 a 120 gramos de materia seca, con 80-96 g de proteína cruda de la cual entre 74 y 88 gramos serán aprovechables para el animal.

En el cuadro 4 se describen otros subproductos del cultivo de zanahoria como lo son las cáscaras, las cuales presentan niveles bajos en fibra, grasa y proteína, pero con alto nivel de cenizas y CSDN; y el ensilaje, que se asemeja en su composición nutricional al ensilaje de maíz descrito por López et al. (2010), pero con una mayor concentración de proteína cruda.

Con respecto al follaje de zanahoria (Cuadro 5), este presenta un tenor de proteína similar a los forrajes de uso en sistemas de producción. Este valor, se correlaciona de forma negativa con la edad de la planta (Leite et al. 2011). La proteína cruda (12-24,5%) es similar a la encontrada por Sánchez et al. (1986) en pasto Kikuyo (*Kikuyochloa clandestina*), Candelario (*Pennisetum purpureum*), Estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) e Imperial (*Axonopus scoparius*) (11,5-18,6%) (Sánchez et al. 1986), pero mayor que lo informado para pasto Estrella africana, San Juan (*Setaria anceps*), Ruzi (*Brachiaria ruzziziensis*), Pará (*Brachiaria mutica*), Guinea (*Panicum maximum*), y King grass (*Pennisetum purpureum*) de la zona norte del país (7,6-12,8%) (Sánchez y Quesada 1998).

Sin embargo, sus niveles de fibra son bajos al compararlos con los pastos Pará, Guinea, Estrella y Elefante (*Pennisetum purpureum*), según lo informado por González (1970). Esto lleva a pensar que no es una fuente apropiada de fibra para rumiantes,

pero si una alternativa adecuada de alimentación para otras especies como los conejos, que requieren de 16-18% PC y 12-18% de fibra cruda (Brenes 2013*).

En el cuadro 6, se observan los contenidos de minerales que aportan diferentes subproductos del cultivo de la zanahoria analizados. Los mismos varían según el tipo de material y entre el mismo material. La edad de cosecha, tipo de suelo, el nivel de fertilización, entre otros factores, pueden afectar dichos valores (Bertsch 1998). Niveles similares de cobre, manganeso y zinc, pero mayores en hierro fueron encontrados por Sánchez et al. (1998) en pastos de la zona central de Costa Rica, lo que potencia la utilización de este material, en la alimentación de animales rumiantes.

Cuadro 6. Contenido de macro y microminerales de diferentes de subproductos del cultivo de la zanahoria.

Presentación	Autor	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Cu	Zn	Mn
		(% MS)					(mg/kg MS)			
Harina de raíz con cáscara	Ensminger y Olentine (1978)	0,37	0,32	0,17	1,00	2,50	110	11,10	-	31,50
Harina de raíz sin cáscara	Singh et al. (2003)	-	-	-	-	-	77	-	-	-
Planta entera	Klebaniuk et al. (2008)	0,38	0,35	0,21	0,98	3,98	6	0,52	2,23	1,29
Pulpa fresca	Shyamala y Jamuna (2010)	0,29	0,29	-	-	-	117	-	-	-
Raíces frescas	Singh et al. (2001)	-	-	-	-	-	77	8,00	32,00	18,00
	Gopalan et al. (1991)	0,08	0,05	-	-	-	22	-	-	-
	Holland et al. (1991)	0,03	0,03	0,01	0,03	0,02	4	0,20	2,00	-
	Rust (1991)	0,40	1,35	-	-	2,80	-	-	-	-
	Ensminger y Olentine (1978)	0,37	0,32	0,17	1,00	2,50	110	11,10	-	31,50
	Morrison (1943)	-	0,50	-	-	3,36	-	-	-	-

Con respecto a los factores antinutricionales, presentes en los subproductos del cultivo de la zanahoria, se describe para la pulpa fresca un valor de oxalatos de 0,39 mg/kg de materia seca, oxalatos hidrosolubles de 0,19 mg/kg, taninos de 0,32% en base seca y

*Brenes A. 2013. Curso Especies No tradicionales. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica.

un valor de fitatos de 615,3 mg/kg de materia seca (Shymala y Jamuna 2010). En cambio, el contenido de vitaminas en los subproductos de zanahoria, se resume en el cuadro 7, el aporte que presenta, según el tratamiento aplicado y la parte del cultivo analizado. En este sentido, Ensminger y Olentine (1978) indican que las hojas de zanahoria poseen 0,6% de colina, 4 mg/kg de ácido fólico y 92 mg/kg de ácido pantoténico. Mientras que, las raíces presentan 30 mg/kg de α -tocoferoles (vitamina E) (Arscott y Tanumihardjo 2010). Según la información recopilada, la parte área de la zanahoria tienen mayores concentraciones de betacarotenos que cualquier subproducto obtenido de la raíz. Lo anterior se debe a que dichas vitaminas se disminuyen por procesos de calentamiento (por ejemplo la deshidratación) y por almacenamiento (Figura 1 y 2). En el caso de las vitaminas del complejo B presentan una similitud entre investigadores, en cambio los valores informados para los carotenoides y la vitamina C presentan alta variabilidad.

Cuadro 7. Niveles de carotenoides totales (CT), β -caroteno (BC), ácido ascórbico (Vit C), piridoxina (B6), riboflavina (B2), tiamina (B1) y equivalentes de retinol (Vit A) informados en la literatura para diversos subproductos del cultivo de la zanahoria

Subproducto	Referencia	CT	BC	Vit C	B ₆	B ₂	B ₁	Vit A
		(mg/kg de MS)						(UI/g)
Harina de raíz	Ensminger y Olentine (1978)	-	-	-	51	4,2	5,1	932
	Wasef et al. (2010)	6,5	-	-	-	-	-	-
Harina de raíz sin cáscara	Singh et al. (2003)	-	418	146	-	-	-	697
Parte aérea	Ensminger y Olentine (1978)	-	663	-	12,4	4,1	4,1	1.105
Pulpa fresca	Shyamala y Jamuna (2010)	40	39	-	-	-	-	65
Raíz fresca	Arscott y Tanumihardjo (2010)	-	-	268	-	2,7	3,2	38
	Ensminger y Olentine (1978)	-	-	-	51	4,2	5,1	-
	Holland et al. (1991)	53,3	-	-	-	-	-	-
	Singh et al. (2001)	-	22	49	-	-	-	37
	Unigunde et al. (2012)	138,9	-	-	-	-	-	-

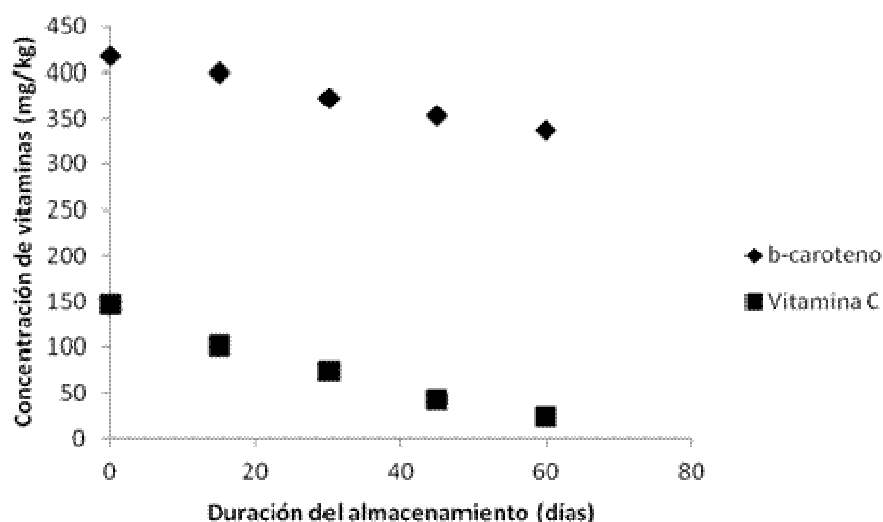


Figura 1. Evolución en el contenido de β -carotenos y vitamina C en función del tiempo de almacenamiento en harinas de zanahoria sin cáscara (Singh et al. 2003).

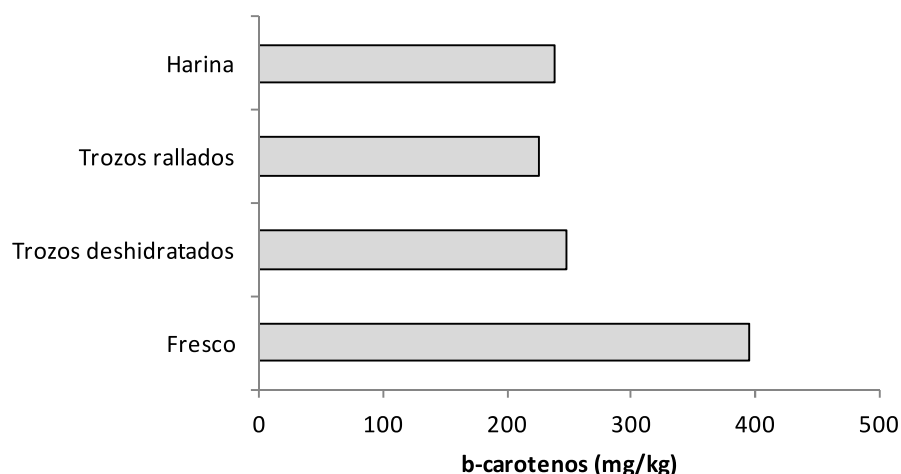


Figura 2. Nivel de β -carotenos en diferentes presentaciones deshidratadas de la raíz de zanahoria en comparación con el nivel de la zanahoria fresca (Sharma et al. 2012).

Dado que fueron pocos los valores de energía que se encontraron para subproductos del cultivo de la zanahoria, y entre los encontrados, una gran mayoría sobreestiman el valor nutritivo de estos alimentos, se procedió a calcular dichos valores a partir de los valores de composición nutricional encontrados en la literatura, por medio del uso de ecuaciones de predicción (Cuadro 8). Se conservaron los datos de la literatura más

coherentes y se complementaron con los resultados de las ecuaciones de predicción cuando fue posible, tal y como se observa en el cuadro 9.

Cuadro 8. Ecuaciones usadas para la predicción de los valores energéticos de subproductos del cultivo de la zanahoria

Especie	Ecuación	Referencia	Número
Aves	$EMAn = -2487 - 153,53 FC + 89,45 EE + 74,14 ELN$	Mata (2011)	1
Bovinos	$NDT = 40,26 + 0,1969 PC + 0,4228 ELN + 1,190 EE - 0,1379 FC$	Mata (2011)	2
	$NDT = PC (e^{-0,0012 ADIN}) + 0,98 CSDN + 0,94 (2,7 EE) + 0,75 (FDN - Lignina) (1 - (FDN / Lignina)^{0,667}) - 7$	NRC (2001)	3
	$ED = 44,09 NDT$	Mata (2011)	4
	$EM = 1,01 ED - 450$	Mata (2011)	5
	$EN_i = 0,703 EM - 0,19$	NRC (2001)	6
	$EN_m = 1,37 EM - 0,138 EM^2 + 0,0105 EM^3 - 1,12$	NRC (1996)	7
	$EN_g = 1,42 EM - 0,174 EM^2 + 0,0122 EM^3 - 1,65$	NRC (1996)	8
Cerdos	$NDT = 8,792 - 4,464 FC + 4,243 EE + 0,866 ELN + 0,388 PC + 0,0005 FC^2 + 0,122 EE + 0,063 FC (ELN) - 0,073 EE (ELN) + 0,182 EE (PC) - 0,011 EE^2 (PC)$	Mata (2011)	9
	$NDT = (18,41 - 0,46 FC - 0,18 Cenizas) / 94,8968$	Mata (2011)	10
	$ED = 44,09 NDT$	Mata (2011)	11
	$EM = 0,096 - 0,00202 PC (ED)$	Mata (2011)	12
	$ED = 3330 - 46,8 FC$	Sauvant et al. (2004)	13
Ovejas	$NDT = 22,822 - 1,440 FC - 2,875 EE + 0,655 ELN + 0,863 PC + 0,02 FC (ELN) + 0,018 EE (ELN) + 0,045 EE (ELN) - 0,085 EE (PC) - 0,0008 EE^2 (PC)$	Vargas (1984)	14

La energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno fecal ($EMAn$) para aves encontrada en la raíz fresca y la harina de raíz de zanahoria es similar al valor indicado por Mata (2011) para el acemite de trigo (2.204 kcal/kg MS). Por su parte las hojas y tallos deshidratados de zanahoria ofrecen un valor energético congruente con el de un forraje o alfalfa deshidratada (824 y 776 kcal/kg MS) con valores de proteína entre 14 y 16% (EFBWPA 1989). Los valores de energía digestible y energía metabolizable para cerdos de la harina de raíz y las raíces frescas son similares a los que indica (Rostagno et al. 2005) para sorgo alto en taninos ($ED=3.081$ kcal/kg, $EM=2.984$ kcal/kg) y bajo en taninos ($ED=3.348$ kcal/kg, $EM=3.289$ kcal/kg). Los tallos y hojas tienen un contenido energético similar a la harina de algodón ($ED=2.222$ kcal/kg, $EM=1.996$ kcal/kg)

(Rostagno et al. 2005). Concordancias, que potencian el uso de los subproductos en la alimentación animal.

Cuadro 9. Valores de energía digestible para diferentes animales, de los subproductos del cultivo de la zanahoria

Producto	Animal	ED (Mcal/kg MS)	EM (Mcal/kg MS)	EN _m (Mcal/kg MS)	EN _i (Mcal/kg MS)	EN _g (Mcal/kg MS)	Referencia
Raíz fresca	Aves	-	2,2	-	-	-	Ecuación 1
	Bovinos	3,0 ^b	2,6 ^c	2,0 ^b	2,0 ^a	1,4 ^b	^a Ensminger y Olentine (1978), ^b Rust (1991), ^c Ecuación 5
	Caballos	3,2					Mantovani y Bailoni (2011)
	Cerdos	3,3	3,1				Ensminger y Olentine (1978)
	Conejos	3,3					Ecuación 13
	Ovinos	3,4	2,9				Ecuación 14
Harina de raíz	Aves	-	2,1	-	-	-	Ecuación 1
	Bovinos	3,2	2,8	1,8	1,9	1,2	Ecuaciones 2, 4, 5, 6, 7, 8
	Caballos	3,1					Ensminger y Olentine (1978)
	Caprinos	3,7 ^a	3,4 ^a		1,5 ^b		^a Enishi et al. (2004), ^b Klebaniuk et al. (2008)
	Cerdos	3,2	2,9				Ecuaciones 9, 11, 12
	Conejos	3,3					Ecuación 13
	Ovinos	3,4	2,9				Ecuación 14
Parte aérea	Aves		813				Ecuación 1
	Bovinos	2,9	2,5	1,6	1,7	1,0	Ecuaciones 2,4, 5, 6, 7, 8
	Caballos	2,8					Ensminger y Olentine (1978)
	Cerdos	2,1	1,9				Ecuaciones 10, 11, 12
	Conejos	3,3 ^a	2,8 ^b				^a Ecuación 13, ^b Ngoshe et al. (2013)
	Ovino	2,8 ^a	2,4 ^b				^a Ecuación 14, ^b Göhl (1982)
Planta Entera	Conejos	2,2					Goby y Guidenne (2008)
Pulpa	Bovinos	3,0	2,6	1,7	1,9	1,1	Ecuaciones 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable, EN_m: Energía neta de mantenimiento, EN_i: Energía neta de lactancia, EN_g: Energía neta de ganancia.

La energía digestible y metabolizable para bovinos en el caso de la zanahoria fresca entera y su harina son similares a lo encontrado por Mata (2011) para el acemite de trigo (ED=3.175 kcal/kg MS, EM=2.756 kcal/kg MS). La parte aérea ofrece una energía digestible de 2,92 Mcal/kg y una energía metabolizable de 2,50 Mcal/kg, y la pulpa de zanahoria 3,08 kcal de ED/kg MS y 2,66 kcal de ED/kg MS, mientras que el pasto Rye grass en la zona del volcán Irazú tiene contenidos de 2,92 y 2,45 Mcal/kg de energía digestible y energía metabolizable, respectivamente (Villalobos y Sánchez 2010),

contenido que permiten considerar estos subproductos como insumos en la alimentación animal.

Con respecto a la energía neta de mantenimiento, los valores encontrados para los diferentes subproductos fluctúan entre 1,6 y 2,1 Mcal/kg, valores que superan al banano verde de rechazo, cáscara de banano maduro, cáscara de piña, melón y pulpa de cítricos fresca (1,57; 1,17; 1,15; 1,65 y 1,49 Mcal/kg, respectivamente) (Herrera 2002) pero similares al grano de cebada rolado (2,02 Mcal/kg) o ensilajes de maíz (1,57 Mcal/kg) (NRC 2001). La energía neta de lactancia está entre 1,7 y 2,0 Mcal/kg, comparable con el grano de maíz molido y el gluten de maíz (2,01 y 1,73 Mcal/kg) (NRC 2001). La energía neta de ganancia se encuentra en valores de 1,0 a 1,4 Mcal/kg, mientras que el banano verde de rechazo tiene 1,17 Mcal/kg, el melón de rechazo 1,2 Mcal/kg y la pulpa de cítricos fresca 1,18 Mcal/kg (Herrera 2002).

Repuesta animal a la suplementación con subproductos del cultivo de la zanahoria

Dinámica ruminal

La zanahoria es un producto alto en carbohidratos solubles, por lo cual su desaparición en el rumen podría ser veloz, pero su pared celular con alto contenido de celulosa hace que se disminuya la degradación. Enishi et al. (2004), analizaron la degradación ruminal de la materia seca de la pulpa o residuo de la producción de jugo de zanahoria, usando el modelo exponencial $d = a + b(1 - e^{-ct})$ y encontraron una tasa (c) de 7,57%/h, una fracción soluble (a) de 31,5% y una fracción potencialmente degradable (b) de 67,5% de la materia seca. En comparación, en el mismo estudio se obtuvo valores de a=13,1%, b=86% y c=5,02%/h para la pulpa de remolacha, e Hío (1996) describe para el pasto Estrella Africana valores para las constantes de a=20,2%, b=39,43% y c=5,55%/h. En conclusión, la materia seca de la pulpa de zanahoria presenta una fracción de degradabilidad inmediata y una tasa de degradación mayor que las de la pulpa de remolacha y el pasto Estrella, con una fracción potencialmente degradable intermedia entre ambas. Esto conlleva a que la pulpa de zanahoria sea alterada a nivel ruminal (72,2%, contra 56,2% y 40,9% para la pulpa de remolacha y el

pasto Estrella, respectivamente), siendo buena fuente de energía para la síntesis de proteína microbial. Este valor de degradabilidad es similar a los valores de digestibilidad *in vitro* indicados en el cuadro 10 por otros autores.

Cuadro 10. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y de la materia orgánica (DIVMO) en diferentes alimentos derivados del cultivo de la zanahoria

Producto	DIVMS (%)	DIVMO (%)	Referencia
Raíz fresca	66,8	71,9	Tobías-Marino et al. (2010)
Cáscaras	67,9	76,1	Negesse et al. (2009)
Ensilaje con heno	63,0	68,6	Lafflame (1992)

Enishi et al. (2004), también encontraron que la degradación de la proteína cruda de la pulpa de zanahoria obtuvo valores de $a=37,9\%$, $b=62,1\%$ y $c=4,82\%/h$. Lo anterior hace ver que la proteína de la pulpa de zanahoria se encuentra disponible de manera rápida para la síntesis de proteína microbial, con un máximo de degradación ruminal hasta $68,4\%$, o sea, por cada 100 g de materia seca de zanahoria que se agrega a la dieta de un rumiante se espera que 5,5 g de proteína sean degradados a nivel ruminal y 2,5 g lleguen al intestino. Swanepoel et al. (2010) encontraron que la fracción soluble (a) de la proteína para la pulpa de zanahoria fresca corresponde a $54,33\%$, (valor mayor al informado por Enishi et al. 2004), mientras que Negesse et al. (2009) indican de un valor de $70,8\%$ de la PC en las cáscaras de zanahoria. La proporción de cáscara y raíz en las pulpas analizadas puede ser la causa de las diferencias en los valores, así como diferencias de cultivar, metodología de medición, entre otras.

De la fibra dietética total, el $18,5\%$ es soluble y $80,7\%$ puede ser degradado a una tasa de $7,28\%/h$. Esto concuerda con el aporte de fibra soluble que la pulpa de zanahoria hace al animal, convirtiéndose en una fuente de energía de rápida disponibilidad para la síntesis de proteína microbial (Enishi et al. 2004). De la fibra detergente neutro $2,7\%$ es soluble, $96,9\%$ es potencialmente degradable y desaparece a una tasa de $6,19\%/h$, dando lugar a un valor de desaparición a 30 horas de $84,5\%$ (Enishi et al. 2004) coincidente con el encontrado *in vitro* por Swanepoel et al. (2010) de $85,2\%$.

En el cuadro 11, se resume la producción en volumen de gas producto a la fermentación de la zanahoria (Cuadro 11). No hay gran diferencia entre las cáscaras y

las raíces de zanahoria en la producción de gas *in vitro* a las 24 horas de fermentación (~28,6 ml/mg de materia seca), sin embargo, si hay variaciones importantes en la medición por la fuente del inóculo que se utilizó. Por ejemplo, en una tasa de producción de 4,6 g/100 ml de gas (Ávila et al. 2011), se producirían, por cada kilogramo de materia seca de zanahoria (9,3 kg de raíces frescas o 5,2 kg de cáscaras), 1,32 g de metano, mientras que un heno de alfalfa produciría 1,61 g por cada kg de materia seca consumido (Bezerra et al. 2005). Lo que determina, una menor producción de metano producido, cuando se consume un kilogramo de materia seca de zanahoria.

Cuadro 11. Producción de gas *in vitro* (ml/100 mg MS) de raíz fresca y cáscaras de zanahoria con diferentes inóculos

Producto	Fuente de inóculo	3	10	24	48	72	Referencia
		horas de fermentación					
Raíz Fresca	Oveja	5,1	18,7	26,7	29,3	30,6	Tobías-Marino et al. (2010)
	Buey	1,6	19,1	23,1	24,7	24,9	Bezerra et al. (2005)
	Búfalo	7,1	27,1	28,6	30,0	30,3	Bezerra et al. (2005)
	Cabra	3,1	29,6	31,8	33,3	33,4	Bezerra et al. (2005)
	Oveja	3,4	10,9	15,3	16,6	16,7	Bezerra et al. (2005)
	Elande	2,6	17,2	21,6	22,9	22,9	Bezerra et al. (2005)
	Audade	14,1	29,9	32,6	33,5	33,5	Bezerra et al. (2005)
	Ciervo	9,7	46,1	48,6	49,8	49,9	Bezerra et al. (2005)
	Promedio	5,0	26,4	28,7	30,1	30,2	Bezerra et al. (2005)
Cáscaras	Vaca	-	-	29,1	-	-	Negesse et al. (2009)

Bovinos

En el cuadro 12, se resumen los resultados obtenidos al suplementar con zanahorias a vacas en producción sobre la composición de la leche vaca. No se informan de diferencias significativas en la producción de leche o los niveles de grasa y proteína de la misma por parte de los autores citados, sino que se obtuvo un aumento en los niveles de β -caroteno, vitamina A y vitamina E en la leche de vacas suplementadas, lo cual se considera un beneficio para el consumidor de esta leche y genera un color más deseable de la leche (Schreiner y Windisch 2006). También, se determinó un aumento de las proporciones de ácidos grasos saturados, en detrimento de los ácidos grasos insaturados y el ácido linoléico conjugado, lo cual acarrea que derivados como la

mantequilla sean más duros (menor untabilidad) y según Schreiner y Windisch (2006) sería nocivo para la salud humana. Se recomienda que al ofrecer zanahoria se agregue a un nivel del 2% del peso del animal, de un aceite alto en grasa insaturada a la dieta ofrecida, lo cual disminuirá dichos problemas sin afectar la producción (Schreiner y Windisch 2006).

Cuadro 12. Cambios en la composición de la leche de bovinos suplementados con zanahoria en diferentes niveles

Referencia	Inclusión (kg)	Duración (días)	Antioxidantes (µg/L)			Ácidos grasos (% lípidos totales)			
			β-Car	Vit A	Vit E	Satur	Mono	Poli	ALC
Nalecz-Tarwacka et al. (2003)	5	80	+60	+141*	+79 ^{ns}	+2,55**	- 1,04**	-0,80**	-0,18**
Schreiner y Windisch (2006)	10	14	+144*	-	-	+9,10**	- 8,30**	-0,70**	-0,30**
Schreiner y Windisch (2006)	10	28	+113*	-	-	+8,50**	- 8,20**	-0,70**	-0,10 ^{ns}
Antone et al. (2011a)	7	42	0 ^{ns}	-110 ^{ns}	+450*	-	-	-0,19 ^{ns}	-
Antone et al. (2011b)	-	-	+91**	+7 ^{ns}	+13*	-	-	-	-
Promedio	-	-	+81,6	+12,67	+180	+6,72	-5,85	-0,60	-0,19
Máximo	-	-	+144	+141	+450	+ 9,10	-1,04	-0,19	-0,10
Mínimo	-	-	0	-110	+13	+2,55	-8,30	-0,80	-0,30

β-Car = β-Caroteno, Vit A = Vitamina A, Vit E = Vitamina E, Satur = Ácidos grasos saturados, Mono = Ácidos grasos monoinsaturados, Poli = Ácidos grasos poliinsaturados, ALC = Ácido linoléico conjugado

*Diferencia significativa (p<0,05), **Diferencia significativa (p<0,01), ^{ns}Diferencia no significativa

Trabajo de investigación, que relacionen el uso de la zanahoria como alimento para bovinos de carne y la respuesta en producción son escasos. Lafflamme (1992) informo que no encontró diferencia en las ganancias diarias de peso ni en los consumos de materia seca al alimentar novillos Charolais con ensilaje de zanahoria *ad libitum* en comparación con un ensilaje de pasto y alfalfa.

Caprinos

Estudios de la digestión de la zanahoria por las cabras indican que la materia seca (MS) se degrada en 72,2% en el rumen, la proteína cruda (PC) en 68,4% y la FDN en 56,9. Lo que permite alcanzar digestibilidades de la MS de 93,5%, de la PC de 61% y de la FDN de 91,5%, (Enishi et al. 2004). Dicha degradabilidad no afecta el pH ruminal o abomasal de las cabras según el nivel de zanahoria suministrada por día (Dace y Edite

2008). Por otro lado, Klebaniuk et al. (2008) suplementaron con 2 kg de planta entera de zanahoria, sin afectar de manera significativa los niveles de lactosa, proteína, sólidos totales, grasa y cenizas de la leche de cabras, sin embargo, aumentó la producción de leche en 530 g por día. A su vez Klebaniuk et al. (2008), en el mismo estudio, encontraron que el perfil lipídico varió, al aumentar la razón de ácidos grasos poliinsaturados a saturados de 0,06 a 0,07 y la excreción de fósforo en la leche; pero disminuyó a la mitad el contenido de hierro.

Ovinos

Molenat et al. (1999) indican que no hubo diferencias en el peso vivo y condición corporal de ovejas gestantes y lactantes al ser alimentadas con 3,3 kg de zanahorias frescas por día, al compararlas con ovejas alimentadas con pulpa de remolacha. Los corderos nacidos de ambos grupos de animales no presentaron diferencias en las ganancias diarias promedio de peso. Lo cual se podría relacionar, en que, se suplen las necesidades nutricionales de los animales en ambas investigaciones.

Porcinos

La utilización de la zanahoria en la alimentación de cerdos en crecimiento y en engorde, no produce diferencias significativas entre los tratamientos (7, 14, 21 y 28% de inclusión) para peso final, pero incrementa la edad a sacrificio (Carvajal 1990). En cuanto a la inclusión de zanahoria (17%) en ensilajes para cerdas de reemplazo un mes antes de su inseminación mejoró las ganancias de peso en 8%, aumentó el tamaño de camada en 1,5 lechones y mejoró en 1,8 kg el peso al destete excepto al control (solo alimento balanceado). En otro estudio, Yushkova y Kertieva (2010) al incluir 12% de zanahoria en la dieta, obtuvo un aumento de tres lechones por camada, las producciones de leche se incrementaron, se mejoró la supervivencia parto-destete en 11,8 puntos porcentuales y se aumentó el peso al destete en 4,1 kg.

Peces ornamentales

Con relación a la producción de peces ornamentales, Ramamoorthy et al. (2010), Imués et al. (2012) y Mirzaee et al. (2012) valoraron la inclusión de zanahoria como fuente de carotenoides en la dieta para mejorar color. En este mismo sentido, se determinó que

el color y las concentraciones de carotenoides de la piel de peces guppys (*Poecilia reticulata*) no difieren si son alimentados con extracto de achiote (*Bixa orellana*), astaxantina sintética, harina de pétalos de marigold (*Tagetes erecta*), siendo mayores que al usar harina de pétalos de rosa (*Rosa chinensis*), rosa china (*Hibiscus rosasinensis*). Por su parte, Wassef et al. (2010) indican que al comparar dietas con 99 mg/kg de carotenoides, provenientes de zanahoria o chile, la primera provocó ganancias de peso y tasas de crecimiento menores de 30 y 27%, respectivamente, así como un contenido de carotenoides en la piel 0,45 µg/g menor, en *Sparus aurata*. Además, se observa que los intentos de apareamiento y los desplazamientos sigmoidales (comportamiento de cortejo), estos mejoran en 12 y 8% respectivamente, a base de harinas de zanahoria y de camarón, en contraposición a un alimento comercial sin zanahoria (Mobarak 2010).

Conejos

En el cuadro 13, se resumen los resultados de cinco investigaciones, donde se utiliza la zanahoria y sus subproductos en la alimentación de conejos en estado de crecimiento; se concluye que esta raíz no produce cambios en el comportamiento productivo del animal, a nivel de rendimiento en canal, peso a sacrificio o ganancias diarias, sin embargo, si produce cambios significativos en el sistema inmunológico de los conejos al incrementar los niveles de hemoglobina.

Gallinas ponedoras

En el cuadro 14, se describe la respuesta que presentaron gallinas ponedoras alimentadas con zanahoria. Se presentan cambios en la pigmentación de la yema, por efecto de los carotenoides aportados por la zanahoria (Hammershoj et al. 2010), por otro lado, según varios estudios, el peso del huevo presenta un aumento significativo en comparación a los tratamientos sin adición de zanahoria (Hammershoj et al. 2010). Así mismo, debido a la ingesta de zanahorias se determinan cambios en el pH de la molleja.

Cuadro 13. Utilización de la zanahoria en diferentes proporciones en la alimentación de conejos en crecimiento

Referencia	Dieta	Duración	Inclusión (%)	Respuesta animal
Ngoshe et al. (2013)	Harina de hojas	70	30	Aumento en volumen de células empaquetadas, hemoglobina y los glóbulos rojos Disminuye volumen corpuscular medio Sin diferencias en canal o ganancia de peso Consumo aumenta 9,4 g/día
Abdu et al. (2012)	Harina de hojas	56	15	Sin diferencias en conversión, ganancia diaria de peso o rendimiento en canal. Mayores niveles afectan producción.
El-Medany et al. (2008)	Pulpa seca	42	50	Mejora peso a mercado y ganancia diaria Mejora digestibilidad de nutrientes No afecta parámetros sanguíneos
Ibrahim (2000).	Parte aérea		33,3	Con la incorporación hubo un crecimiento promedio de 39,0 g/d Sin diferencia significativa en ganancia de peso, digestibilidad de nutrientes, peso vivo y características de canal.
Ibrahim (2005)	Parte aérea		1	Aumenta conversión alimenticia, y rendimiento en canal Disminuye colesterol y lípidos totales

Cuadro 14. Utilización de la zanahoria en la alimentación de gallinas ponedoras, según el consumo diario

Referencia	Dieta	Duración (semanas)	Inclusión (g)	Respuesta animal
Hammershoj et al. (2010)	Raíz fresca	4	70	Reduce consumo de alimento El peso de la yema por día aumentó Hubo una mayor conversión del alimento, mejora composición del huevo , color de la yema y contenido de carotenoides
Hammershoj y Kidmose (2006)	Raíz fresca	4	70	Mayor tasa de postura Menor peso del huevo
Steenfeldt et al. (2007)	Forraje	54	107,6	Mayor producción de huevo La mortalidad se redujo Aumenta consumo y conversión alimenticia Sin diferencias en peso de huevo

Mascotas

En estudios realizados por Swanson et al. (2001) y Zentek y Meyer (1993), en perros adultos (más de dos años de edad) se observa que la utilización de zanahoria produce mejoras en la digestión de los animales, al aumentar la capacidad de fermentar los alimentos con mayor facilidad, así mismo la utilización de zanahoria en el sistema digestivo de los perros produce un cambio en el pH fecal de hasta 0,8 unidades.

Animales de laboratorio

Una de las principales razones para suplementar zanahorias en la dieta de animales de interés zootécnico es el ofrecer una adecuada cantidad de vitamina A y de carotenos. Sin embargo, como se menciona en el cuadro 16, según Baracaldo et al. (2002), no se puede esperar aumentos en la acumulación de retinol en el hígado, mientras que los betacaroteno sí aumentará; ya que es una consecuencia lógica dado que niveles altos de retinol en el hígado pueden ser tóxicos, mientras que acumular β -caroteno no lo es, por lo cual el hígado regula la actividad de la enzima 15,15-dioxigenasa, la cual regula la transformación de β -caroteno en vitamina A. Así mismo, en el cuadro 16 se muestra, que el único estudio que se sale de dicha tendencia es el de White et al. (1993), quien indica que la biodisponibilidad de los carotenoides se ve reducida por la gran cantidad de fibra dietética.

Cuadro 15. Utilización de la zanahoria en diferentes proporciones en la alimentación de perros adultos

Referencia	Dieta	Niveles de inclusión	Respuesta animal
Swanson et al. (2001)	Pulpa de zanahoria		Pulpa de manzana, pulpa de zanahoria, y la linaza tuvieron la mayor capacidad de fermentación según la evaluación de materia orgánica desaparición. Pulpa de zanahoria produjo las mayores cantidades de gas
Zentek y Meyer (1993)	Harina	30 % a la mezcla del alimento	Las pérdidas de agua fecales se incrementaron después de alimentar con zanahorias. pH fecal paso de 6,9 a 6,1 Las excreciones renales de fenol y nitrógeno se redujo significativamente después de la suplementación

Cuadro 16. Diferencia en la acumulación ($\mu\text{g/g}$) de β -caroteno (BC) y retinol (vit A) en el hígado de animales suplementados con zanahoria contra animales no suplementados

Referencia	Dieta	Animal	Duración (días)	BC	Vit A
Sulaeman et al. (2002)	7,4% chips de zanahoria frita	Jerbo mongol	14	+1.031*	-86 ^{ns}
Sulaeman et al. (2002)	7,4% chips de zanahoria frita	Jerbo mongol	28	+438*	0 ^{ns}
Nicolle et al. (2003)	15% raíz entera liofilizada	Rata	21	+57*	-
Nicolle et al. (2004)	20% raíz entera liofilizada	Ratón	28	+0,22 ^{ns}	-
Baracaldo et al. (2002)	Zanahoria liofilizada (60 mg de ER/día)	Rata	28	+0,85*	+7 ^{ns}
White et al. (1993)	85 ml de jugo de zanahoria	Hurón	10	-6,34*	-

* diferencia significativa ($p < 0,05$), ^{ns} diferencia no significativa

ER: Equivalentes de retinol

En los roedores la suplementación con zanahoria aumentó de manera significativa los niveles de acetato (+170%), propionato (+69%) y el total de ácidos grasos de cadena corta a nivel de ciego de ratas (Nicolle et al. 2003). Nyman et al. (1990) informan que al comparar la zanahoria con otros vegetales, como la col de bruselas, los guisantes y la vainica, los animales suplementados con zanahoria presentaron una menor digestibilidad de los nutrimentos, así como una mayor excreción (tanto en materia seca como en materia fresca) por lo cual provocó un abultamiento fecal (excreción de materia seca) tres veces mayor que la dieta control baja en fibra. También Jørgensen et al. (2012) describen un abultamiento fecal mayor debido a la suplementación con zanahoria, en comparación con los guisantes, la manzana o la papa. Los altos niveles de celulosa de la zanahoria podrían ser los causantes de dicho fenómeno.

Por otro lado, Majumder et al. (1997) informan que los extractos de semillas de zanahoria presentaron un efecto atiesteroideogénico en ratones, ya que disminuyó el peso del ovario, aumentaron las concentraciones de ácido ascórbico y colesterol (indicativo de no producción de hormonas esteroideas) y las actividades de las hormonas D 5,3- β -hidroxiesteroide deshidrogenasa y glucosa-6-phosphate deshidrogenasa que participan en la producción de esteroides ováricos). Lo anterior contrasta con el efecto que tienen los mismos extractos en la reproducción de los machos, ya que aumenta las

reservas espermáticas en la cola del epidídimo, la motilidad espermática y la producción de LH y testosterona, incluso protege al sistema reproductor de la degeneración provocada por el tratamiento con gentamicina (Nouri et al. 2009).

Literatura consultada

ABDU S.B., JOKTHAN G.E., HASSAN M.R., ADAMU H.Y., YASHIM S.M., IKANI E. 2012. Effects of inclusion levels of carrot (*Daucus carota*) leaf meal on performance of growing rabbits. World Journal of Life Science and Medical Research 2(2):65-70.

ANTONE U., JEMEĻJANOVŠ A., OŠMANE B., ŠTERN V. 2011a. Lopbarībā esošo karotinoīdu raksturojums un loma piena ieguvē. LLU Raksti 26 (321): 60-68.

ANTONE U., ŠTERNA V., ZAGORSKA J. 2011b. The influence of cow feed enriched with carrots on milk quality and nutritional value. Pp. 80-86. In: Antone U.; Šterna V.; Zagorska J. (eds) Research for Rural Development - International Scientific Conference Vol. 1. Latvia University of Agriculture, Letonia.

ARSCOTT S.A., TANUMIHARDJO S.A. 2010. Carrots of many colors provide basic nutrition and bioavailable phytochemicals acting as a functional food. Comprehensive reviews in food science and food safety 9:223-239.

AVILA J.S., CHAVES A.V., HERNANDEZ-CALVA M., BEAUCHEMIN K.A., MCGINN S.M., WANG Y., HARSTAD O.M., MCALLISTER T.A. 2011. Effects of replacing barley grain in feedlot diets with increasing levels of glycerol on in vitro fermentation and methane production. Animal Feed Science and Technology 166-167:265– 268

BARACALDO C.M., ROZO C., CASTRO DE NAVARRO L. 2002. Estudio comparativo de la utilización biológica de β-caroteno sintético y de fuentes naturales en ratas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 52(4):355-361.

BERTSCH F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 157 p.

BEZERRA A.R.G.F, MALAFAIA P., MANCINI M.C., BEZERRA E.S., VIEIRA R.A.M. 2005. Parâmetros cinéticos da degradação *in vitro* de alimentos incubados com inóculo microbiano de diferentes espécies de ruminantes. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 57(4): 494-501.

BOLAÑOS A. 1998. Introducción a la olericultura. EUNED, San José, Costa Rica. 380 p.

BRØKNER C., BACH-KNUDSEN K.E., KARAMAN I., EYBYE K.L., TAUSON A.H. 2012. Chemical and physicochemical characterisation of various horse feed ingredients. Animal Feed Science and Technology 177: 86– 97.

CARVAJAL R. 1990. Utilización del zanahoria amarilla (*Daucus Carota*) en la alimentación de cerdos mestizos en el periodo de crecimiento y engorde. Tesis de licenciatura. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Ecuador. 70 p.

CORR S.C., HILL C., GAHAN C.G.M. 2009. Understanding the mechanisms by which probiotics inhibit gastrointestinal pathogens, pp. 1-15. In: Taylor G. (ed). Advances in food and nutrition research. Vol. 56. Elsevier, Amsterdam, Holanda.

COSTA F., BAETA L., SARAIVA D., VERISSIMO M., RAMOS F. 2011. Evolution of mineral contents in tomato fruits during the ripening process after harvest. Food and method 4:410-415.

DACE K, EDĪTE B. 2008. pH rādītāji spureklī un glumeniekā dažāda vecuma kazām ziemas periodā, pp: 79-84 In: Proceedings of the International Scientific Conference: Animals, Health. and Food Hygiene. 14 de Noviembre, 2008, Jelgava, Letonia

EL-MEDANY N. M., HASHEM N. A., ABDEL-AZEEM F. 2008. Effect of incorporating dried carrot processing waste in growing rabbit diets. Egyptian Journal of Nutrition and Feeds 11(1): 25-37.

ENISHI O., YOSHIOKA T., NAKASHIMA K., SAEKI M., KAWASHIMA T. 2004. Analysis of *in situ* ruminal digestive characteristics and nutritive value of pumpkin and carrot juice residue for ruminant feeds. Grassland Science 50:360-365.

ENSMINGER M.E., OLENTINE C.G. 1978. Feeds and nutrition. 1 ed. Ensminger Publishing Company, California, Estados Unidos. 306 p.

EFBWPA (European Federation of Branches of the World's Poultry Science Association). 1989. European table of energy values for poultry feedstuffs. Beekbegen, Holanda. 14 p.

GAZALLI H., MALIK A.H., JALAL H., AFSHAN S., MIR A. 2013. Proximate composition of carrot powder and apple pomace powder. International Journal of Food Nutrition and Safety 3(1):25-28.

GOBY J., GIDENNE T. 2008. Nutritive value of carrot (whole plant), dried at low temperature, for the growing rabbit,. *In*: Xiccato G., Trocino A., Lukefahr S.D. (eds). Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, Verona , Italy. 209 p

GÖHL B. 1982. Piensos tropicales: resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. FAO, Roma, Italia. 506 p.

GONZÁLEZ E. 1970. Ecuaciones de predicción del valor nutritivo de los forrajes. Agronomía Tropical 20(6):405-412.

GOPALAN C., RAMASASTRY B.V., BALASUBRAMANIAN S.C. 1991. Nutritive value of Indian foods. National Institute of Nutrition, Hyderabad, India. 47 p.

GRUBER A., POP I., DASARIN D., ALBA A. 2011. Nutritional evaluation of raw materials entering the structure to mixed fodder for the specie *Poecilia raticulata* (Guppy). Animal Science and Biotechnology 44(1):51-54.

HAMMERSHOJ M, KIDMOSE U & STEENFELDT S. 2010. Deposition of carotenoids in egg yolk by short-term supplement of coloured carrot. Department of food science, Faculty of Agricultural Sciences. Aarhus University. Journal of the Science of Food and Agriculture. 90(7):1163-1171.

HAMMERSHØJ M., KIDMOSE U. 2006. Coloured carrot varieties as forage material for egg layers. *In: Proceedings of the 12th European Poultry Conference*, 10-14 Septiembre, Verona, Italia. 114 p.

HERRERA C. 2002. Evaluación del valor nutricional de los residuos agroindustriales energéticos altos en humedad utilizados para la alimentación del ganado bovino en Costa Rica. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 130 p.

HIO S. 1996. Efecto de la adición del ensilaje de fruto de pejibaye sobre la dinámica ruminal, en novillos consumiendo forraje Estrella Africana. Tesis de maestría. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 46 p.

HOLLAND B., UNWIN I., BUSS D. 1991. Vegetables, herbs and spices. Royal Society of Chemistry, Cambridge UK.

IBRAHIM M. 2000. Efficiency of using peanut hay and carrot-tops hay for feeding growing rabbits. *Egyptian Journal of Rabbit Science* 10 (1):147-156.

IBRAHIM S. 2005. Effect of some medicinal plants as feed additives on growth and some metabolic changes in rabbits. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds* 8(2): 207-219.

IMUÉS M.A., BURGOS A.J., BELTRÁN D.M., BENAVIDES L.A., CASANOVA D.Y. 2012. Evaluación de extractos de achiote (*Bixa orellana*) y de zanahoria (*Daucus carota*) incorporados en la dieta, sobre la coloración externa en guppys (*Poecilia reticulata*). *Revista Investigación Pecuaria* 1(2): 94-107.

JØRGENSEN H., BACH-KNUDSEN K.E., LAURIDSEN C. 2012. Influence of different cultivation methods on carbohydrate and lipid compositions and digestibility of energy of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 2876–2882.

JUCHEM S.O., ROBINSON P.H. EVANS E. 2012. A fat based rumen protection technology post-rationally delivers a B vitamin complex to impact performance of multiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology* 174: 68– 78.

KLEBANIUK R, KOWALCZUK E, KOCHMAN G, PATKOWSKI K & ŁECHTAŃSKA M. 2008. Effect of goats nutrition on milk yield, its chemical composition and fatty acid profile of fat. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska-Lublin-Polonia, Sectio EE*. 24 (4):1-9.

KOHAJDOVÁ Z., KAROVIČOVÁ J., JURASOVÁ M. 2012. Influence of carrot pomace powder on the rheological characteristics of wheat flour dough and on wheat rolls quality. *Acta Scientiarum. Polonorum, Technologia Alimentaria* 11(4), 381-387.

KORDI M., NASERIAN A.A., VALIZADHE R., TAHMASBI A.M. 2010. Effect of different sources of pectin feedstuffs on milk yield and composition of early lactating Holstein cows. *In: Advances in Animal Biosciences. Proceedings of the annual conference of the British Society of Animal Science and the Agricultural Research Forum*. 12-14 abril 2010, Belfast, Irlanda. 295 p.

LAFLAMME L.F. 1992. Carrot/grass silage as cattle feed. *Canadian Journal of Animal Science* 72: 441-443.

LEITE C.W., BOROSKI M., BOEING J.S., AGUIAR A.C., FRANÇA P.B., DE SOUZA N.E., VISENTAINER J.V. 2011. Chemical characterization of leaves of organically grown carrot (*Dacus carota* L.) in various stages of development for use as food. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(3): 735-738.

LICANDRO G., ODIO C.E. 2002. Citrus by-products. *In: Dugo G., Di Giacomo A (eds). The genus citrus*. Taylor and Francis, Londres, Inglaterra.

LÓPEZ F.C.F., DORNELAS R.A.C., PORTUGAL J.A.B., CARNEIRO J.C., VERNEQUE R.S., SILVA J., ARCURI P.B., DUQUE A.C.A. 2010. Digestibilidade da matéria seca de silagens de milho e de suplementos concentrados determinada por procedimentos in vitro. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 62(5):1167-1173.

LOSADA H., CORTÉS J., GRANDE D. 1992. El uso de hortalizas en la producción de leche en sistemas sub-urbanos. *Livestock Research for Rural Development* 4(3):1-4.

MAJUMDER P.K., DASGUPTA S., MUKHOPADHAYA R.K., MAZUMDAR U.K., GUPTA M. 1997. Anti-steroidogenic activity of the petroleum ether extract and fraction 5 (fatty acids) of carrot (*Daucus carota* L.) seeds in mouse ovary. Journal of Ethnopharmacology 57:209 – 212.

MANTOVANI R., BAILONI L. 2011. Energy and protein allowances and requirements in stallions during the breeding season, comparing different nutritional systems. Journal of Animal Science 89:2113–2122.

MARGUERISON J.K. 2004. Carrot. *In*: Fuller, M. F. (ed) Encyclopedia of Farm Animal Nutrition. CABI Publishing, Wallingford, Inglaterra. 620 p

MATA L. 2011. Tablas de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. SIEDIN-UCR, San José, Costa Rica. 132 p.

MIRZAEI S., SHABANI A., REZAEI S., HOSSEINZADEH M. 2012. The effect of synthetic and natural pigments on the color of the guppy fish (*Poecilia reticulata*). Global Veterinaria (2): 171-174.

MOBARAK Y. 2010. Food restriction and food type, incomplete light obstruction and coloured objects affect mating attempts of adult guppy fish (*Poecilia reticulata*). World Journal of Zoology 5(1): 33-40.

MOLENAT G., FABRE D., INESTA M., GAUBERT J.L. 1999. Les carottes dans des rations pour brebis p. 168. *In*: Sixièmes Rencontres autour les Recherches sur les Ruminants. INRA, Paris, Francia.

MORRISON F.B. 1943. Alimentos y alimentación. 20 ed. Corporación de fomento de la producción, Santiago, Chile. 12-13 p.

NEGESSE T., MAKKAR H.P.S., BECKER K. 2009. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an *in vitro* gas method. Animal Feed Science and Technology 154: 204–217.

NGOSHE A, IGWEBUIKE J., ADAMU S. 2013. Efectos de la zanahoria (*Daucus carota* alimentación *L*) harina de hojas de Hematología, Química sanguínea y Carcass Características de conejos en crecimiento en un Ambiente semiárido del Estado de Borno, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition* 12 (1): 12-19.

NICOLLE C., CARDINAULT N., APRIKIAN O., BUSSEROLLES J., GROLIER P., ROCK E., DEMIGNÉ C., MAZUR A., SCALBERT A., AMOUROUX P., RÉMÉSY C. 2003. Effect of carrot intake on cholesterol metabolism and on antioxidant status in cholesterol-fed rat. *European Journal of Nutrition* 42:254-261.

NICOLLE C., GUEUX E., LAB C., JAFFRELO L., ROCK E., MAZUR A., AMOUROUX P., RÉMÉSY C. 2004. Lyophilized carrot ingestion lowers lipemia and beneficially affects cholesterol metabolism in cholesterol-fed C57BL/6J mice. *European Journal of Nutrition* 43:237–245.

NOURI M., KHAKI A., AZAR F.F., RASHIDI M.R. 2009. The protective effects of carrot seed extract on spermatogenesis and cauda epididymal sperm reserves in gentamicin treated rats. *Yakhteh Medical Journal* 11(3):327-333.

NRC (National Research Council).1996. Nutrient requirements of beef cattle. Sétima edición Revisada. Washington, DC. National Academy Press. 272 p.

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. Sétima edición revisada. Washington, DC. National Academy Press. 408 p.

NYMAN M., SCHWEIZER T.E., TYRÉN S., REIMANN S., ASP N.G. 1990. Fermentation of vegetable fiber in the intestinal tract of rats and effects on fecal bulking and bile acid excretion. *Journal of Nutrition* 120:459-466.

PARVEEN N., AKHTAR M.S., ABBAS N., ABID A.R. 2000. Effects of carrot residue fibre on body weight gain and serum lipid fractions. *International Journal of Agriculture and Biology* 2(1-2):125-128.

PITCHIAH S. 2004. Development and evaluation of carrot powder as a food ingredient. Tesis de maestría. Texas Tech University. Estados Unidos. 75 p.

RAMAMOORTHY K., BHUVANESWARI S., SANKAR G., SAKKARAVARTHI K. 2010. Proximate composition and carotenoid content of natural carotenoid sources and its colour enhancement on marine ornamental fish *Amphiprion ocellaris* (Cuveir 1880). World Journal of Fish and Marine Sciences 2(6): 545-550.

ROSTAGNO H.S., ALBINO L.F.T., DONZELE J.L., GOMEZ P.C., OLIVEIRA R.F., LOPES D.C., FERREIRA A.S., BARRETO S.L.T. 2005. Tablas brasileñas para aves y credos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. Departamento de Zootecnia, Universidad de Viçosa, Brasil. 186 p.

RUST S.R. 1991. Feeding food industry by-products to ruminants. *In*: Proceedings of the 52nd Minnesota Nutrition Conference. University of Minnesota, EEUU. 139-153 p.

SÁNCHEZ J.M., CAMPABADAL C., VARGAS E., FONSECA H. 1986. Contenido proteico y mineral en los forrajes de la zona montañosa central de Costa Rica. II. Efecto de la especie. Agronomía Costarricense 10(1/2):191-197.

SANCHEZ J.M., QUESADA G. 1998. Calidad nutricional de los forrajes en una zona con potencial alto para la producción de leche, en el trópico húmedo de la zona norte de Costa Rica. Agronomía Costarricense 22(1): 61-68.

SAUVANT D., PEREZ J.M., TRAN G. 2004. Tables of composition and nutritive value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish. INRA, Versailles, Francia. 304 p.

SCHREINER M., WINDISCH W. 2006. Supplementation of cow diet with rapeseed and carrots: Influence on fatty acid composition and carotene content of the butter fat. Journal of Food Lipids 13:434-444.

SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2012. Boletín Estadístico Agropecuario N°22. San José, Costa Rica. 187 p.

SHARMA K.D., KARKI S., SINGH N. ATTRI S. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot a review. Journal of Food Science and Technology 49(1):22-32.

SHYAMALA B.N., JAMUNA P. 2010. Nutritional content and antioxidant properties of pulp waste from *Daucus carota* and *Beta vulgaris*. Malayan Journal of Nutrition 16(3):397- 408.

SINGH G., KAWATRA A., SEHGAL S. 2001. Nutritional composition of selected green leafy vegetables, herbs and carrots. Plant Foods for Human Nutrition 56: 359–364.

SINGH G., KAWATRA A., SEHGAL S., PRAGATI S. 2003. Effect of storage on nutritional composition of selected dehydrated green leafy vegetable, herb and carrot powders. Plant Foods for Human Nutrition 58:1–9.

STEENFELDT S, KJAER J., ENGBERG R. 2007. Effect of feeding silages or carrots as supplements to laying hens on production performance, nutrient digestibility, gut structure, gut microflora and feather pecking behaviour. British Poultry Science 48 (4):454-68

SULAEMAN A., GIRAUD D.W., NASLUND M.M., DRISKEL J.M. 2002. Mongolian gerbils can utilize provitamin-a carotenoids in deep-fried carrot chips. Journal of Nutrition 132:211–217.

SWANEPOEL N., ROBINSON P., ERASMUS L. 2010. Amino acid needs of lacting dairy cow. Predicting limiting amino acid in contemporary rations fed to high producing dairy cattle in California using metabolic models. Animal Feed Science and Technology 161 (3-4):103-120.

SWANSON K., GRIESHOP C., BADAJO G., ESCUDOS R., BELAY T., MERCHEN N., FAHEY G. 2001. Frutas y fermentación de la fibra vegetal de la microflora intestinal de los caninos. Journal of Animal Science 79(4):919-26.

TIRADOR M. 2011. Caracterización del contenido de nitratos y la composición nutricional en zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivada con diferentes dosis de fertilización NP. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. 61 p.

TOBIAS-MARINO C., HECTOR B., MAZZA-RODRIGUES P.H., OLIVEIRA-BORGATTI L.M., MARQUES-MEYER P., ALVES DA SILVA E.J., ØRSKOV E.R. 2010. Characterization of vegetables and fruits potential as ruminant feed by *in vitro* gas production technique. *Livestock Research for Rural Development* 22 (9):1-8.

UNIGUNDE A., STERNA V., ZAGORSKA J. 2012. Investigation in to the enhancement of cow milk oxidative stability, pp: 164-170. In: *Research for rural development Annual 18th International Scientific Conference Proceedings*.

VARGAS E. 1984. *Tablas de composición de alimentos para animales de Costa Rica*. Editorial Universidad de Costa Rica. 111 p.

VILLALOBOS L., SÁNCHEZ J.M. 2010. Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass Perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de costa rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense* 34(1): 43-52.

VILLENEUVE F. 2002. La zanahoria. Pp 47-64. In: Tirilly Y, Bourgeois C.M. (eds). *Tecnología de las hortalizas*. Acribia, Zaragoza, España.

WASSEF E.A., CHATZIFOTIS S., SAKR E., SALEH N.E. 2010. Effect of two natural carotenoid sources in diets for gilthead seabream, *Sparus aurata*, on growth and skin coloration. *Journal of Applied Aquaculture* 22:216–229.

WEISS W.P. 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds, pp. 176-185. In: *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference*, Cornell University, Nueva York, Estados Unidos.

WHITE W.S., PECK K.M., ULMAN E.A., ERDMAN J.W. 1993. The ferret as a model for evaluation of the bioavailabilities of All-Trans- β -Carotene and its isomers. *Journal of Nutrition* 123:1129-1139.

YUSHKOVA L. G., KERTIEVA N. M. 2010. Utilization of locally available feedstuffs in the production and rearing of young pigs. *Svinovodstvo* 1:29-30.

ZENTEK J., MEYER H. 1993. Granulated carrots (*Daucus carota*) in dog nutrition. Schweizer Archiv Fur Tierheilkunde 135(1): 22-28.

