

CAPÍTULO 28

La Yuca en la Alimentación Animal

Jorge Luis Gil LL.* y Julián A. Buitrago A.**

Introducción

Las raíces y el follaje de la planta de yuca son un recurso nutricional importante para la alimentación animal en el trópico. En Colombia hay grandes posibilidades de incrementar la producción de las variedades industriales de yuca y con ella se podría remplazar buena parte de los cereales tradicionalmente empleados en la fabricación de alimentos 'balanceados'.

La mayor parte de las raíces cosechadas en el país (más de 2 millones de toneladas por año) se destina a la alimentación humana; sin embargo, su uso en la alimentación animal, como producto fresco en raciones para bovinos y porcinos, ha aumentado moderadamente (100 mil t por año, en la actualidad). Esta cifra se incrementará sustancialmente en el futuro próximo cuando se establezcan las nuevas tecnologías de producción y utilización de raíces y follaje, de procesamiento en poscosecha, y de industrialización de nuevas variedades.

Las investigaciones sobre selección y genética de la especie y sobre la eficiencia de los métodos de cultivo y de las prácticas de producción han logrado incrementar el rendimiento de la yuca bajo condiciones de campo. Lo prueban los resultados de ensayos regionales realizados por el Programa de Mejoramiento de Yuca del CIAT en las diferentes regiones agroecológicas del país.

El manejo económico de la producción pecuaria depende, en alto grado, del costo de la alimentación de los animales, el cual está determinado por la disponibilidad de la materia prima de los alimentos. Por tal razón, el uso de nuevos productos, como la harina de raíces de yuca, se convierte en alternativa propicia para los productores.

Hechos los ajustes nutricionales en la dieta con harina de raíces de yuca, el rendimiento animal es comparable con el obtenido empleando alimentos basados en cereales. Generalmente, el nivel de harina de yuca de estos alimentos fluctúa entre 20% y 40% de la dieta total de aves y cerdos.

El follaje de la yuca se emplea también en la alimentación animal como fuente de proteína y de xantofilas (pigmentos naturales), aunque se usa con limitaciones en las dietas de monogástricos a causa del contenido de fibra. Recientemente se demostró la importancia de usar harina de follaje, a un nivel de 5% a 6%, en la dieta total de pollos de engorde (Buitrago et al., 2001).

Se pretende, por tanto, reducir el porcentaje de cereales en las dietas balanceadas (equilibradas) para animales empleando productos derivados de la yuca; la meta final es apoyar el desarrollo del sector pecuario y yuquero del país.

Potencial Nutricional de la Yuca

La yuca es una especie eficiente en la producción por hectárea de carbohidratos comparada con los cereales. Es, por tanto, un

* Zootecnista, Uso de la Yuca en la Alimentación Animal, CLAYUCA, Cali, Colombia.
E-mail: jorgeluisgil56@hotmail.com

** Ph.D., Médico Veterinario Zootecnista, Gerente Nutricional S.A., Consultor ASA, Asesor CLAYUCA.
E-mail: jabuitrago@telesat.net

alimento energético básico en gran parte de la industria de alimentos balanceados para animales, ya sea en forma de harina, de hojuelas ('chips') o de gránulos ('pellets').

El almidón de las raíces es el principal alimento animal que ofrece la yuca. Normalmente, el contenido de M.S. de la raíz fluctúa entre 34% y 38%, y el de almidón entre 75% y 80%. De una producción de 25 t, se obtienen 9.5 de M.S. y 7 de almidón. Un pequeño porcentaje de la M.S. está constituido por proteínas (menos de 3%) y por fibra (menos de 4%) (Buitrago et al., 2001).

Buitrago (1990) reporta que tanto las raíces como el follaje de yuca (hojas, pecíolos y tallos tiernos) son productos primarios de la planta que se pueden utilizar como alimento para animales. Aunque la variedad y las condiciones del suelo y del ambiente afectan la relación porcentual de cada uno de esos órganos o partes respecto a la planta madura, esa relación es, en promedio, la siguiente: 50% son raíces, 40% son tallos y pecíolos, y 10% son hojas. Además de estos productos, los subproductos de los procesos de industrialización (el bagazo o ripio,

la cáscara o corteza y la mancha) pueden usarse como alimento animal.

En el Cuadro 28-1 se compara la yuca con otros productos agrícolas muy usados en la alimentación animal por su rendimiento de energía total y por su proteína cruda; en él se aprecia claramente la importancia de la yuca como fuente de energía.

A excepción del follaje, los productos y subproductos de la planta de yuca son esencialmente energéticos a causa de su alto contenido de almidón (60% a 80%) y de su bajo nivel de proteína (2.5%) en su composición proximal.

Un cultivo de yuca produce, normalmente, raíces aprovechables durante un período vegetativo que oscila de 8 a 14 meses, lo que depende de la variedad y de las condiciones climáticas. Al momento de cosechar las raíces, puede recolectarse también el follaje útil (el tercio superior) para procesarlo inmediatamente. El rendimiento de follaje (10% a 20% respecto al rendimiento de raíces) depende de la variedad, del clima y del manejo del cultivo (densidad de

Cuadro 28-1. Contenido de energía útil y de proteína total en diferentes productos agrícolas utilizados en la alimentación animal^a.

Producto	Materia seca, M.S. (%)	Energía (Mcal/kg)		Proteína (g/kg)
		Metabolizable	Digestible	
Raíz fresca de yuca	35	1.20	1.30	12
Raíz seca de yuca	90	3.10	3.40	34
Follaje fresco de yuca	28	0.34	0.36	65
Follaje seco de yuca	90	1.10	1.20	220
Batata fresca	30	1.03	1.05	17
Batata seca	90	3.08	3.15	51
Papa fresca	23	0.80	0.85	21
Papa seca	90	2.90	3.30	82
Banano fresco	20	0.65	0.75	10
Banano seco	90	2.85	3.30	45
Sorgo	90	3.25	3.30	87
Maíz	90	3.40	3.45	95
Arroz	90	3.15	3.40	80
Frijol	90	3.45	4.02	380

a. Cifras estimadas según valores fijos de M.S.

FUENTE: Buitrago, 1990.

siembra). Sin embargo, es posible orientar el cultivo de yuca para que produzca principalmente follaje; se desarrolla así un programa mixto con lotes para producción de raíces y lotes para producción de follaje (Buitrago et al., 2001).

Composición nutricional de los productos

De los procesos de industrialización y transformación de la yuca se obtienen productos y subproductos que se destinan a programas de alimentación animal, según su valor nutricional y su costo de oportunidad; además, su composición nutricional varía mucho porque

provienen de numerosos y variados procesos de transformación.

Los resultados del análisis nutricional del producto **raíces** de la yuca (frescas o secas) son, por lo regular, muy constantes. Hay cambios menores asociados con la variedad de yuca, la edad de la planta a la cosecha y las condiciones ambientales (Cuadro 28-2).

El mayor porcentaje de proteína, grasa, fibra y minerales (cenizas) se registra en la corteza de la yuca, mientras que el de carbohidratos se localiza en la pulpa. Las diferencias nutricionales entre ambas partes de la raíz se aprecian en el Cuadro 28-3.

Cuadro 28-2. Contenido de nutrientes principales de la raíz de yuca.

Nutriente ^a	En Buitrago (1990)		En van Poppel ^b	En CIAT ^c
	Base fresca (%)	Base seca (%)	Base seca (%)	Base seca (%)
Humedad	65.00	12.00	10.60	12.00
M.S.	35.00	88.00	89.40	88.00
Proteína total	1.10	2.70	—	3.19
Fibra	1.20	2.80	4.10	3.08
Cenizas	0.70	1.70	3.70	3.38
E. met. aves	1.20	3.10	—	—
E. met. cerdos	1.30	3.30	—	—
E. dig. cerdos	1.40	3.42	—	—
E. dig. bovinos	1.30	3.31	—	—
Lisina	0.02	0.07	—	—
Metionina	0.01	0.03	—	—
Metionina + cistina	0.02	0.05	—	—
Treonina	0.01	0.03	—	—
Triptofano	—	0.29	—	—
Arginina	0.01	—	—	—
Isoleucina	0.01	0.03	—	—
Fenilalanina + tirosina	0.01	0.05	—	—
Histidina	0.02	0.07	—	—
Valina	0.01	0.04	—	—
Calcio	0.11	0.30	0.15	—
Fósforo (disponible)	0.15	0.20	0.11	—
Sodio	0.01	0.03	0.02	—
Cloro	0.02	0.08	—	—
Potasio	0.25	0.52	0.96	—
Magnesio	0.03	0.08	6.00	—

- a. M.S. = materia seca; E. met. = energía metabolizable; E. dig. = energía digestible. Tirosina es la hidratación de la fenilalanina. La combinación de aminoácidos en pares indica que el primero es precursor de la síntesis del segundo.
- b. Frans van Poppel, febrero de 2001, Analyseuitslagen kb, Grondstoffen, Cehave Landbouwbelang Voeders bv. Veghel, Holanda (comunicación personal).
- c. Gil et al., 2001. (Laboratorio de Servicios Analíticos del CIAT).

Cuadro 28-3. Contenido de nutrientes en la corteza o cáscara y en la pulpa o cilindro central de la raíz de yuca (base húmeda y base seca).

Componentes	Contenido (%)			
	En corteza		En pulpa (cilindro central)	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Materia seca	28	100	41	100
Proteína cruda	1.5	5.4	1.0	2.4
Carbohidratos	21.7	77.5	37.5	91
Extracto etéreo	0.6	2.1	0.4	1.0
Fibra cruda	2.5	9.0	1.1	2.7
Ceniza	1.7	6.1	1.2	2.9

FUENTE: Buitrago, 1990.

La composición nutricional del producto **follaje** de la yuca varía mucho en cuanto a su calidad y cantidad, por causa de la variedad de yuca y de otros factores. Influyen, por ejemplo, la edad de la planta y la relación proporcional entre hojas y tallos, así: a mayor edad de la planta, menor será su contenido de proteína y mayor el de fibra y M.S.; a mayor cantidad de hojas en relación con los tallos y los peciolo, mayor será el contenido de proteína de aquéllas y menor el de fibra y M.S.

La proteína y la fibra determinan, en gran parte, la calidad del producto final cuando se trata de alimentación de animales, especialmente de monogástricos. Generalmente, las hojas contienen más del doble de proteína que los tallos y más caroteno, calcio y fósforo que ellos.

Principios nutricionales

El Cuadro 28-4 indica la concentración de algunos componentes nutricionales de la yuca seca convertida en harina.

Proteína. Las raíces de yuca se caracterizan por su bajo contenido de proteína cruda y de aminoácidos; es notable, por ejemplo, su deficiencia de los aminoácidos esenciales metionina, cistina y triptofano. En cambio, contienen, en exceso, arginina, ácido aspártico y ácido glutámico, en comparación con los aminoácidos restantes.

Aproximadamente, 50% de la proteína cruda de la raíz corresponde a proteína verdadera (o sea, nitrógeno proteico), mientras que el otro 50% (o más) está constituido por aminoácidos libres (ácidos aspártico y glutámico) y por componentes no proteicos, principalmente nitritos, nitratos y compuestos cianogénicos.

Se observan, además, diferencias notables en la concentración de los principios nitrogenados de una u otra variedad analizada. La mayoría de las variedades comerciales muestran contenidos de proteína que fluctúan entre el 2% y el 4% (en base seca); sin embargo, este rango es amplio porque se han encontrado variedades con niveles mayores que 10%.

Es importante anotar que las raíces cuyo nivel de proteína es alto, generalmente, las que han sido cosechadas muy temprano o corresponden a variedades de rendimiento total muy bajo; por tales razones, no se consideran variedades comercialmente promisorias.

En contraste con las raíces, el contenido de proteína del follaje de yuca tiene un potencial muy importante, tanto cuantitativa como cualitativamente; ese contenido varía mucho según la variedad, la edad de la planta, el suelo en que se desarrolla, la época de la cosecha y la relación proporcional de hojas y tallos.

En el Cuadro 28-5 se aprecia la diferente concentración de la proteína y de otros nutrientes en la harina obtenida con diferentes

Cuadro 28-4. Análisis proximal de la harina de yuca destinada al consumo animal.

Variedad	Humedad (%)	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	Cenizas (%)	Extracto etéreo (%)	Cianuro ^a (ppm)
CM 340-30	11	2.67	3.93	3.32	0.77	62
MVEN 25	13	2.64	3.94	3.39	0.73	60

a. CN⁻, en compuestos cianógenos.

FUENTE: Laboratorio de Servicios Analíticos del CIAT, 2001 (comunicación personal).

Cuadro 28-5. Análisis proximal de la harina obtenida del follaje de la yuca.

Componentes	Unidad	Lámina foliar	Lámina + peciolo	Lámina + peciolo + tallo
Proteína	%	22.70	21.60	20.20
Ceniza	%	10.90	9.80	8.50
Grasa	%	6.30	6.30	5.30
Fibra	%	11.00	11.60	15.20
P	%	0.29	0.24	0.28
Ca	%	1.68	1.70	1.68
Na	%	0.02	0.03	< 0.01
Cu	mg/kg	7.00	6.00	7.00
Fe	mg/kg	1545	1254	427
Mn	mg/kg	92.00	90.00	121
Zn	mg/kg	90.00	55.00	65
K	%	0.69	0.60	1.09
Mg	%	0.84	0.88	0.57
Humedad	%	7.80	9.00	7.60

FUENTE: Frans van Poppel, marzo de 2001, comunicación personal (Analyseuitslagen kb, Grondstoffen, Cehave Landbouwbelaang Voeders bv. Veghel, Holanda).

partes del follaje de la yuca. La calidad de esta proteína de yuca es comparable con la proteína foliar de otras especies usada en nutrición animal, por ejemplo, la harina de alfalfa. Como en la raíz, los aminoácidos azufrados (metionina y cistina) del follaje son factores limitativos de la proteína.

Extracto no nitrogenado. Los componentes principales del extracto no nitrogenado de la raíz de yuca son los carbohidratos solubles constituidos por almidones y azúcares. El almidón constituye el 80% de dicho extracto. En los carbohidratos del follaje domina también el almidón, cuyo contenido de amilosa varía entre 19% y 24%.

Fibra. El nivel de fibra cruda en la yuca presenta pequeñas variaciones según la variedad de yuca y la edad de la raíz; normalmente, su valor no pasa de 1.5% en la raíz fresca y de 4% en la harina. En el follaje, el nivel de fibra es, generalmente, inferior al que se observa en otros forrajes tropicales utilizados como fuente de proteína.

Extracto etéreo. Los nutrientes grasos se encuentran en concentración mínima en la raíz de yuca; están constituidos, principalmente, por galactosil-diglicéridos y ácidos grasos saturados. Este extracto es mayor en la corteza que en la pulpa.

Los principios grasos y otros principios solubles en grasas (xantofilas, clorofilas, resinas, etc.) están más concentrados en el follaje que en la raíz; sin embargo, algunos de ellos (ácidos grasos volátiles, clorofila y resinas) no aportan energía a las raciones. Por tanto, el valor energético relativo del extracto etéreo es menor en el follaje que en la raíz.

Calcio y fósforo. Normalmente, la concentración de fósforo es mayor en la raíz de la yuca, y la de calcio es mayor en el follaje. En la raíz, el nivel de calcio presenta mayor variación y su concentración es mayor en la corteza que en la pulpa; el nivel de fósforo (entre 0.10% y 0.15%) es más constante, pero su disponibilidad nutricional fluctúa. En las hojas, la disponibilidad del fósforo también fluctúa (entre 30% y 50%).

Los valores de la concentración de calcio, fósforo y demás minerales en la raíz pueden alterarse porque ésta se contamina con el suelo y con materiales extraños durante la recolección y el procesamiento.

Aminoácidos. El Cuadro 28-6 informa sobre los aminoácidos contenidos en la raíz y en el follaje de la planta de yuca. Siendo éste más rico en proteína, tendrá por ello valores más altos de aminoácidos.

Cuadro 28-6. Aminoácidos contenidos en las raíces y en el follaje de la planta de yuca respecto al peso (húmedo y seco) de ambas partes de la planta y al contenido total de proteína.

Aminoácido	Contenido (%) en las raíces:			Contenido (%) en el follaje:		
	Por peso húmedo	Por peso seco	Por proteína	Por peso húmedo	Por peso seco	Por proteína
Arginina	0.10	0.29	11.0	0.30	1.48	5.30
Histidina	0.02	0.07	2.60	0.13	0.66	2.30
Isoleucina	0.01	0.03	1.00	0.33	1.67	5.90
Leucina	0.11	0.31	11.70	0.54	2.72	9.70
Lisina	0.02	0.07	2.60	0.37	1.87	6.70
Metionina	0.01	0.03	1.00	0.07	0.36	1.30
Fenilalanina	0.01	0.03	1.00	0.18	0.92	3.30
Treonina	0.01	0.03	1.00	0.27	1.35	4.80
Triptofano	—	—	0.50	0.05	0.24	0.80
Valina	0.01	0.04	1.50	0.20	0.99	3.50
Alanina	0.05	0.15	5.70	0.34	1.70	6.10
Acido aspártico	0.04	0.13	4.90	0.49	2.44	8.70
Cistina	0.003	0.01	0.40	0.04	0.21	0.70
Acido glutámico	0.05	0.15	5.70	0.40	1.99	7.10
Glicina	0.003	0.01	0.40	0.35	1.73	6.20
Prolina	0.01	0.03	1.00	0.18	0.88	3.10
Serina	0.01	0.04	1.50	0.34	1.68	6.00
Tirosina	0.003	0.01	0.40	0.18	0.89	3.20

FUENTE: Hutagalung, 1977 (citado por Buitrago, 1990).

Los aminoácidos azufrados metionina y cistina tienen un nivel bajo en las raíces y en el follaje de la yuca y limitan, por tanto, la nutrición de los monogástricos. Por consiguiente, cuando se dan a estos animales cantidades apreciables de raíces o de follaje de yuca, es necesario incluir en la ración productos con un alto contenido de metionina o bien pequeñas cantidades (0.1% a 0.3%) de metionina sintética. Esta práctica tiene, además, un efecto positivo en los mecanismos que impiden la intoxicación con cianuros: los grupos sulfhidrilos (SH⁻) del aminoácido reaccionan con el ion cianuro (CN⁻) de los cianógenos de la raíz para formar tiocianato (SCN⁻), que es inocuo

para el organismo y se excreta normalmente por la orina.

Componentes energéticos. Como complemento del aporte energético general de la yuca, el Cuadro 28-7 compara los valores de energía metabolizable de las raíces y del follaje en las principales especies de animales domésticos.

El alto contenido de humedad de las raíces y del follaje de yuca diluye la energía metabolizable en los productos frescos, no así en los secos; por esta razón, en casi todos los animales monogástricos el uso de los productos

Cuadro 28-7. Energía metabolizable de las raíces y del follaje de la yuca (fresca y seca) en cuatro especies de animales domésticos.

Parte de la planta	Energía metabolizable (Mcal/kg) en:				
	Base	Aves	Porcinos	Bovinos	Ovinos
Raíces	Húmeda	1.25-1.40	1.35-1.50	1.20	1.26
	Seca	3.23-3.65	3.55-3.80	3.25	3.07
Follaje	Húmeda	0.345	0.365	—	—
	Seca	1.59	1.68	—	—

FUENTE: Hutagalung, 1977 (citado por Buitrago, 1990).

frescos está limitado. Por otra parte, la diferente energía metabolizable de las raíces y del follaje se debe al alto contenido de fibra cruda del follaje.

Vitaminas y minerales. En general, el contenido de vitaminas y minerales de las raíces de yuca es mínimo (hay sólo trazas). El Cuadro 28-8 trae información sobre las vitaminas y minerales menores más importantes.

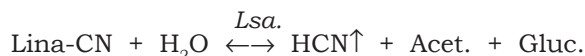
Hay diferencias importantes entre el follaje tierno y el maduro, principalmente en los valores de la vitamina A y del complejo B. El contenido de minerales (cenizas) se puede alterar si se emplean determinados tipos de secado. En los patios de cemento se contaminan los trozos de yuca, no así en un sistema de secado artificial.

Pigmentantes. En los planes de alimentación para aves es de suma importancia la adecuada pigmentación de la piel de los pollos que van al matadero y de la yema del huevo en las aves de postura. Esta pigmentación es efecto de principios pigmentantes naturales (xantofilas) que se encuentran en mayor cantidad en las hojas (605 mg/kg de xantofilas totales y 508 mg/kg de xantofilas pigmentantes) que en la raíz. Estos principios son más efectivos que los de algunas materias primas usadas tradicionalmente en la elaboración de alimentos balanceados, como el maíz (25 mg/kg, de xantofilas).

Principios o factores antinutricionales

Ion cianuro (CN⁻) y cianógenos. Son compuestos responsables de los efectos tóxicos causados por las variedades amargas de yuca. Los principales son los glucósidos cianogénicos (linamarina y lotaustralina).

La raíz y el follaje de la yuca contienen cantidades variables de estos glucósidos los cuales, al hidrolizarse por acción de la enzima linamarasa, liberan el radical CN⁻ que, en medio ácido (jugo gástrico del animal), genera el ácido cianhídrico (HCN). Este ácido es tóxico para el organismo animal en concentraciones que superen el nivel de seguridad. La reacción es la siguiente:



Lina = Linamarina; Lsa. = Linamarasa;
Acet. = Acetona; Gluc. = Glucosa

Según el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), el contenido máximo de cianuro total (CN⁻) permitido en la yuca seca y en los subproductos destinados a la alimentación animal es de 100 ppm (Norma NTC 3258, primera actualización 2001).

Cuadro 28-8. Principales vitaminas y minerales menores en las raíces y en las hojas de la planta yuca.

Vitaminas y minerales	Unidad	Contenido/ 100 g			
		En raíces		En follaje	
		Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Vitamina A	UI	19.50	55.00	20,000	70,000
Tiamina (B ₁)	mg	0.05	0.16	0.13	0.46
Riboflavina (B ₂)	mg	0.03	0.08	0.26	0.91
Niacina	mg	0.06	0.17	1.60	5.70
Acido ascórbico	mg	30.00	86.00	290.00	980.00
Potasio	%	0.25	0.72	0.35	1.23
Magnesio	%	0.03	0.08	0.12	0.42
Hierro	ppm	17.00	48.00	246.00	859.00
Cobre	ppm	2.00	6.00	3.00	12.00
Zinc	ppm	14.00	41.00	71.00	249.00
Manganeso	ppm	3.00	10.00	72.00	252.00
Sodio	ppm	76.00	213.00	51.00	177.00

FUENTES: Adaptado de Buitrago, 1990; Terra, 1964; Ravindran et al., 1983.

En las variedades dulces, el CN⁻ (de cianógenos) se encuentra casi todo en la corteza de la raíz. La mayor parte del cianuro de la pulpa de la yuca se solubiliza en los subproductos acuosos resultantes del lavado, por ejemplo, en el proceso de extracción del almidón (Cuadro 28-9).

Cuadro 28-9. Concentración de cianuro en la raíz y en subproductos del almidón extraído en una variedad de yuca dulce.

Raíz o subproducto	Humedad (%)	Contenido de CN ⁻ (mg/100 g de M.S.)	Cianuro libre (% del CN ⁻ total)
Raíz fresca	61.0	40.9	14
Raíz picada	72.8	35.4	81
Residuo (bagazo)	85.3	13.2	87
Agua de lavado	93.8	229.4	100
Almidón fresco	44.7	1.4	96
Almidón seco	8.6	0.4	59

FUENTE: Arguedas y Cooke, 1982 (citados por Buitrago, 1990).

Composición nutricional de los subproductos

Los procesos de industrialización y transformación de la yuca arrojan varios subproductos que pueden destinarse a programas de alimentación animal cuando su valor nutricional y su costo de oportunidad lo permiten.

La composición nutricional de estos materiales varía mucho porque son numerosos los subproductos obtenidos. No se dará, por tanto, información nutricional detallada sobre todos los subproductos de la yuca sino sólo de los de más importancia por su volumen, por sus características nutricionales, y por su composición química más homogénea.

Los procesos industriales a que se someten las raíces de yuca con más frecuencia son los siguientes: producción de harina, de 'raspas' o trocitos, de almidón, de tapioca, de alcohol, ácido láctico, glucosa, dextrinas y gomas. La extracción de almidón permite obtener más subproductos importantes para la alimentación animal. Algunos de ellos se conocen con diversas denominaciones según la región: bagazo, ripio o

afrecho, mancha o cachaza, almidón no refinado y otros.

La gran cantidad de agua que se utiliza durante la extracción del almidón da a todos los subproductos mencionados, especialmente en su forma original, un alto contenido de humedad (generalmente, más de 80%); esto dificulta el uso inmediato de estos subproductos porque impone condiciones especiales de manejo. Por tanto, la información nutricional sobre ellos se refiere a análisis en fresco o en base seca (a veces, sólo este último). Estos análisis se presentan en los Cuadros 28-10 y 28-11; en ellos se comparan los componentes proximales de los principales productos y de los subproductos de la elaboración del almidón de yuca, tanto en húmedo como en seco.

Energía. La energía útil para la alimentación animal concentrada en los subproductos de la yuca está influida por el nivel de humedad de éstos. Las raíces frescas contienen sólo 30% a 35% de M.S. y proporcionan menos de 1500 kcal de energía metabolizable por kilogramo; por eso la yuca fresca (como se dijo antes) no es buen alimento de aves y cerdos en las etapas iniciales de su desarrollo. Al deshidratar las raíces, la energía metabolizable se concentra hasta un rango de 3200 a 3600 kcal/kg, que ya resulta adecuado para las especies mencionadas en todas las edades.

Algo similar ocurre en el follaje de la yuca, aunque aquí el contenido de fibra bruta disminuye más el nivel de energía. Las hojas frescas contienen menos de 500 kcal/kg de energía metabolizable, mientras que la harina de hojas contiene de 1600 a 1700 kcal/kg. Dadas las dos limitaciones mencionadas (humedad y fibra), las hojas de yuca son más adecuadas para alimentar rumiantes.

El Cuadro 28-12 indica el contenido energético y los niveles de humedad y de fibra cruda de los principales subproductos de la yuca.

Proteína y aminoácidos esenciales. Los productos derivados de la raíz (almidón, ripio o bagazo) tienen un nivel bajo de proteína cruda. Los aminoácidos más limitativos son, en orden de importancia, la metionina, la cistina y el triptofano. Cuando una ración animal tiene una

Cuadro 28-10. Contenido de materia seca (M.S.) y de nutrientes mayores de los principales subproductos del procesamiento de las raíces de yuca (análisis en base fresca, con la humedad original del subproducto).

Subproducto ^a	M.S. (%)	Componentes (%)				
		Proteína cruda	ENN ^b	Extracto etéreo	Fibra cruda	Ceniza
Almidón	90.00	0.50	99.00	0.20	0.50	0.30
Cáscara	28.00	1.60	21.70	0.60	3.40	1.80
Bagazo	10.00	0.25	8.10	0.08	1.30	0.50
Cachaza	5.00	0.20	4.60	0.05	—	0.07

a. Cáscara = corteza; bagazo = ripio; cachaza = mancha.
 b. ENN = extracto no nitrogenado.

FUENTE: Buitrago, 1990.

Cuadro 28-11. Contenido de nutrientes mayores en los subproductos de las raíces de yuca (análisis en base seca).

Subproducto ^a	Contenido (% de M.S.) de:				
	Proteína cruda	ENN ^b	Extracto etéreo	Fibra cruda	Ceniza
Almidón	0.70	99.00	0.30	0.50	0.40
Cáscara	5.60	72.50	2.10	12.90	6.10
Bagazo	2.50	82.00	0.80	12.50	4.30
Cachaza	4.20	91.00	1.00	0.70	1.50

a. Cáscara = corteza; bagazo = ripio; cachaza = mancha.
 b. ENN = extracto no nitrogenado.

FUENTE: Buitrago, 1990.

Cuadro 28-12. Energía para la alimentación animal contenida en varios subproductos del procesamiento de las raíces y del follaje de yuca, y su relación con la humedad y la fibra de ambas partes de la planta. (orden descendente).

Productos	Energía digestible (Mcal/kg)	Humedad (%)	Fibra (%)
Almidón	4.0	10	—
Harina de raíces	3.4	10	2.80
Harina de ripio	2.9	10	11.80
Harina de cáscara	2.2	10	13.00
Harina de hojas	1.5	10	19.00
Ensilaje de raíces	1.3	55	1.20
Raíz fresca	1.2	65	1.10
Ripio húmedo	1.0	70	3.50
Cáscara fresca	0.8	72	2.80
Hojas frescas	0.6	74	5.90

FUENTE: Buitrago, 1990.

cantidad alta de productos derivados de las raíces de yuca, debe ser complementada con proteína de otras fuentes y casi siempre es necesario añadir metionina sintética.

Los subproductos derivados del follaje (hojas frescas, harina de hojas) son, en cambio, fuente importante de proteína; se conserva, sin embargo, la limitación impuesta por los aminoácidos antes mencionados.

Vitaminas. En general, el contenido de vitaminas de las raíces de yuca es deficiente si se compara con el del sorgo o el del maíz (Cuadro 28-13). Las vitaminas de menor concentración en los productos derivados de la raíz de yuca pertenecen al grupo de las liposolubles (E, D y K). La deficiencia es menos notoria en las vitaminas del complejo B, en la C y en la A (liposoluble).

Cuadro 28-13. Contenido de vitaminas en la harina de yuca, en el sorgo y en el maíz.

Vitamina ^a	Unidad	Contenido en:		
		Harina de yuca	Sorgo	Maíz
Vitamina A	UI/kg	550.00	1665.00	3100.00
Vitamina D ₃	UI/kg	0.01	26.00	18.00
Tiamina	mg/kg	0.60	3.90	3.50
Riboflavina	mg/kg	0.80	1.30	1.20
Niacina	mg/kg	1.70	41.00	25.00
Vitamina C	mg/kg	860.00	—	—
Vitamina E	mg/kg	—	10.00	25.00
Vitamina K	mg/kg	—	0.20	0.20
Colina	mg/kg	—	665.00	502.00

a. La vitamina D tiene dos formas: D2 (ergocalciferol) y D3 (colecalfiferol); esta última es más efectiva para pollos y aves.

FUENTE: Hutagalung, 1977 (citado por Buitrago, 1990).

Al preparar raciones basadas en productos o subproductos derivados de las raíces de yuca, se debe dar atención especial a su deficiencia en vitamina A; también hay que suplirlas con niacina, vitamina B₁ (tiamina), vitamina B₂ (riboflavina) y vitamina E.

Algunas vitaminas (en especial, la A y la C) se destruyen parcialmente cuando se usan altas temperaturas durante el procesamiento de la yuca; sin embargo, si en la deshidratación con calor artificial se aplican temperaturas moderadas, el contenido de vitamina A es muy superior al que se obtiene cuando se deshidrata la pulpa de yuca con calor solar.

El follaje de yuca, por su parte, contiene mayor cantidad de vitamina A (caroteno), de vitamina C y de vitaminas del complejo B que las raíces (ver Cuadro 28-8); su nivel de vitamina E es tan bajo como el de la raíz.

Si se tiene en cuenta la interrelación nutritiva de metionina-vitamina B₁₂ y de triptofano-niacina y la deficiencia de estos aminoácidos en los subproductos de yuca, es necesario reforzar la suplementación vitamínica cuando los subproductos se usen como componentes principales de la ración.

Minerales. El contenido de minerales mayores (calcio y fósforo) en la yuca es

relativamente alto (ver Cuadro 28-2), en comparación con el de otros productos energéticos utilizados en la alimentación animal. En cambio, hay deficiencia de minerales menores, principalmente de cobre, hierro y zinc, en los productos y subproductos de yuca.

Las vitaminas y los minerales (trazas) se adicionan a las raciones animales por medio de premezclas o micromezclas; la concentración de estos elementos menores es variable en ellas. El Cuadro 28-14 presenta un ejemplo de la cantidad de vitaminas principales que se deberían agregar tanto a una ración elaborada con sorgo y torta de soya como a otra a base de harina de yuca y torta de soya. Se tomó como referencia una ración para aves que contenía 19% de proteína y 3000 kcal de energía metabolizable.

Productos de la Yuca para Especies Animales

Nutrientes en las raíces frescas

Las raíces de yuca son importantes como fuente de energía para la alimentación de animales. Sin embargo, la yuca fresca no tiene concentrada toda la energía que requiere el animal en ciertas fases de su desarrollo.

Esta baja concentración de energía de la yuca implica que el animal tendría que consumir grandes cantidades de raíces para poder satisfacer sus requerimientos energéticos, y esto pueden hacerlo solamente animales de especies con alta capacidad digestiva, como los rumiantes.

Las aves, por ejemplo, cuyo sistema digestivo es de poca capacidad, difícilmente podrían adaptarse a un programa intensivo de alimentación a base de yuca fresca, dada la baja concentración energética de este producto. Los cerdos tienen mayor capacidad digestiva que permite aumentar el consumo de este alimento, pero serían eficientes con él solamente en algunas fases de su desarrollo.

Si se quiere utilizar las raíces frescas de yuca como alimento para animales, es necesario complementarlas con otros nutrientes esenciales; éstos se suministran al animal

Cuadro 28-14. Premezcla de vitaminas y minerales para suplementar dos tipos de raciones para aves: sorgo-torta de soya y harina de yuca-torta de soya.

Nutrientes	Unidad	Nutriente/t de premezcla para:			
		Pollos de engorde, con:		Aves de postura, con:	
		Sorgo-Soya	Yuca-Soya	Sorgo-Soya	Yuca-Soya
Vitaminas					
Vitamina A	U.I.	4,000,000.00	5,000,000.00	3,500,000.00	4,000,000.00
Vitamina D ₃	U.I.	400,000.00	500,000.00	1,000,000.00	1,500,000.00
Vitamina E	U.I.	6,000.00	12,000.00	5,000.00	10,000.00
Vitamina K	g	1.50	2.00	1.50	2.00
Riboflavina (B ₂)	g	4.00	4.50	4.00	4.50
Niacina	g	25.00	20.00	20.00	25.00
Acido pantoténico	g	8.00	5.00	5.00	5.00
Vitamina B ₁₂	g	0.01	0.012	0.01	0.012
Piridoxina	g	1.50	1.60	1.20	1.50
Tiamina (B ₁)	g	0.50	1.00	0	0
Minerales					
Manganeso	g	60.00	55.00	80.00	70.00
Zinc	g	50.00	50.00	40.00	40.00
Hierro	g	35.00	40.00	30.00	40.00
Cobre	g	6.00	8.00	4.00	6.00
Yodo	g	1.00	1.20	1.00	1.20
Cobalto	g	0.16	0.16	0.10	0.10

FUENTE: Buitrago, 1990.

mezclados con la yuca o separados. Es recomendable lavar las raíces para eliminar de ellas la tierra y los elementos extraños.

Alimentación de aves con yuca

En casi todos los países tropicales de América Latina, la industria avícola es el sector que consume la mayor cantidad (77%) de alimentos ‘balanceados’ (equilibrados), también conocidos como concentrados. Viene luego el sector porcícola, con 14%, y por último, el de ganado de leche (7%); el 2% restante son concentrados para otros animales. Son, por tanto, las aves el grupo animal más importante respecto al uso de la yuca como alimento para animales (Garzón, 2000).

Harinas de yuca

Antes de incorporar la harina de raíces o de follaje de yuca a un programa de alimentación avícola, es necesario analizar algunos factores externos e internos propios de la producción de aves. Los externos se refieren al procesamiento (harina, ‘peletizado’, ‘crombelizado’, extrusión, etc.) del alimento final y a los ingredientes

complementarios que se incluirán en la dieta respectiva. Los internos se relacionan, principalmente, con la calidad, la disponibilidad y el precio de los productos de yuca.

El procesamiento del alimento final es fundamental porque en él se decide el nivel de **harina de raíces** de yuca que puede tener la dieta final. Esta harina es pulverulenta y se dispersa fácilmente en el aire; además, crea problemas de manejo cuando se mezcla con otros productos harinosos de la dieta. Esta dificultad se presenta durante la fabricación de la harina y también al suministrar el alimento en polvo al animal.

Este problema se resuelve, generalmente, empleando un nivel máximo de 25% a 30% de harina de raíces en las dietas avícolas; otra solución sería añadir aceite o melaza de caña para que las raciones no sean tan ‘polvorizadas’. Los alimentos de pollos de engorde, por su parte, se elaboran como productos peletizados, crombelizados u obtenidos por extrusión, los cuales admiten niveles máximos de harina de raíces; se elimina así el inconveniente del aspecto ‘polvoriento’ de la harina.

En la **harina de follaje** de yuca, el factor externo más limitante es el forraje fibroso, del cual sólo puede añadirse entre 6% y 8% en la dieta final, por dos razones: concentración alta de fibra y baja palatabilidad; niveles similares se aceptan para otros forrajes. Aunque el nivel es bajo, tiene proteína y pigmentos naturales suficientes para pollos y ponedoras.

La calidad de la harina de raíces o de follaje depende de numerosas variables, las cuales son responsables del rendimiento final en el animal. Tratándose de aves, la calidad nutricional de la raíz depende del contenido de energía metabolizable, y la del follaje de la energía, de la cantidad y calidad de la proteína, y de la concentración de xantofilas.

En los programas de alimentación que se analizarán más adelante se asume, como punto de partida, la calidad aceptable del producto, tanto desde el punto de vista nutricional como sanitario. Se supone también que el proceso industrial empleado garantiza un nivel seguro de concentración del ion cianuro, CN⁻ (< 100 ppm) en las raíces o en el follaje y un uso racionalizado de la temperatura durante el procesamiento para no afectar la calidad de la proteína ni de las xantofilas del follaje.

En muchos experimentos hechos con pollos de engorde y con ponedoras se usó harina integral (con cáscara) de grados 1 y 2, según el Cuadro 28-15.

La clasificación anterior permite recomendar la harina de raíz partiendo de criterios nutricionales más precisos y adaptados a la etapa de producción del animal. Una primera aproximación en avicultura sería la siguiente:

Grado 1	Pollos de iniciación, pollos de engorde y pollitas
Grados 1 y 2	Ponedoras y reproductoras
Grados 1, 2 y 3	Pollas de levante, reproductoras y ponedoras.

Harina integral de yuca y soya integral

La harina de yuca puede complementarse con un gran número de ingredientes que aportan los nutrientes necesarios para lograr raciones

Cuadro 28-15. Calificación de la calidad nutricional de la harina de raíz de yuca.

Grado	Contenido crítico de:		
	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Energía metabolizable (Mcal/kg)
1	<2.8	<2.0	>3.30
2	<3.6	<2.5	>3.15
3	<4.5	<3.2	>2.92
4	<5.2	<4.0	>2.60

FUENTE: Buitrago, 1990.

'balanceadas'; uno de ellos es la soya integral, un recurso sinérgico en los programas de alta calidad nutricional.

La proteína y los ácidos grasos esenciales que faltan en la harina de yuca se pueden compensar ampliamente con la soya integral. En realidad, una mezcla equilibrada de harina de yuca y soya integral cubre totalmente las necesidades de energía, proteína y ácidos grasos esenciales de pollos y ponedoras (Cuadro 28-16).

Una mezcla constituida por 82 partes de harina de yuca y 18 partes de soya integral es un producto muy similar a un cereal (Cuadro 28-17).

Cuadro 28-16. Principales nutrientes contenidos en la harina de yuca y en la soya integral procesada.

Nutriente	Contenido en:		
	Unidad	Harina de yuca	Soya integral
Proteína	%	2.8	38.0
Energía metabolizable	Mcal/kg	3.0-3.2	3.6-3.8
Fibra	%	2.6	4.9
Ceniza	%	3.2	5.2
Grasa	%	1.2	19.0
Acido linoleico	%	0.4	8.9
Lecitina	%	0.1	2.0
Almidón	%	68.0	8.0
Metionina	%	0.03	0.51
Cistina	%	0.02	0.60
Lisina	%	0.05	2.31
Treonina	%	0.05	1.43
Triptofano	%	0.02	0.52

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

Cuadro 28-17. Composición nutricional de una mezcla de harina de yuca, HY (82%) y de soya integral, SI (18%).

Nutrientes	Unidad	HY + SI	Maíz comercial
Proteína	%	9.00	8.50
Lisina	%	0.46	0.26
Metionina	%	0.12	0.18
Metionina + cistina	%	0.24	0.35
Treonina	%	0.28	0.29
Triptofano	%	0.10	0.07
Arginina	%	0.51	0.40
Energía metabolizable	Mcal/kg	3.25	3.34
Grasa	%	3.50	3.60
Acido linoleico	%	1.70	2.10
Fibra	%	3.90	2.80
Ceniza	%	3.60	2.10
Calcio	%	0.29	0.04
Fósforo disponible	%	0.09	0.08

FUENTE: Buitrago y Lockett, 1999.

Pollos de engorde

El alimento para pollos de engorde es, generalmente, un producto peletizado o crombelizado; por ello, el nivel recomendado de harina de raíces de yuca puede llegar a sustituir los granos de cereales en las dietas de iniciación y finalización de aves.

Dietas. En un trabajo experimental reciente (Gil et al., 2001) realizado por el proyecto conjunto CLAYUCA-FENAVI-MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural), se evaluaron

dietas semejantes a las del Cuadro 28-18. Se pudo comparar aquí el efecto de la harina deshidratada al sol con el de las harinas deshidratadas en equipos disponibles comercialmente.

La composición nutricional de las mezclas anteriores se aprecia en el Cuadro 28-19. En los Cuadros 28-20 y 28-21 se presenta, en detalle, la composición de cinco dietas ofrecidas a pollos de engorde (línea Ross 308) durante las etapas de iniciación y de finalización.

Efectos en peso y en conversión

alimenticia. En el Cuadro 28-22 se ilustra el comportamiento de los pollos hasta los 42 días, cuando finalizó el ensayo. Todos los grupos que consumieron harina de yuca y soya integral tuvieron un rendimiento en peso y una conversión alimenticia igual o superior al grupo testigo alimentado con maíz y soya integral. Este efecto se observó tanto en la iniciación como en la finalización del engorde. El consumo de alimento no se modificó en los tratamientos con niveles altos de harina de yuca. Los índices de mortalidad fueron iguales en todos los tratamientos y no fueron influenciados por el tipo de dieta suministrada.

Efecto por método de deshidratación de la HY. En los tratamientos con harina de raíces de yuca (HY) se comparó el efecto del método de procesamiento natural de la harina de yuca (exposición al sol de los trozos de raíz) y el procesamiento industrial con calor artificial (vapor y gas propano) mediante dos equipos

Cuadro 28-18. Ejemplo de una ración completa para pollos de engorde basada en productos de yuca y de soya integral.

Ingredientes	Cantidad (%) en iniciación		Cantidad (%) en finalización	
	Con raíces	Con raíces y follaje	Con raíces	Con raíces y follaje
Harina de raíces	45.70	40.40	49.80	46.00
Harina de follaje	—	6.00	—	6.00
Soya integral tostada	30.00	30.00	41.60	45.10
Torta de soya	18.70	16.40	5.20	—
Aceite de palma	2.90	4.50	—	0.30
DL-metionina	0.29	0.29	0.23	0.23
Fosfato bicálcico	1.52	1.52	1.52	1.50
Carbonato de calcio	0.38	0.38	0.38	0.32
Sal común	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitaminas, minerales	0.10	0.10	0.10	0.10
Anticoccidial, aditivos	+	+	+	+

FUENTE: Gil et al., 2001.

Cuadro 28-19. Composición nutricional de dietas para pollos de engorde basadas en productos de yuca y en soya integral.

Nutrientes principales	Cantidad (%) en iniciación		Cantidad (%) en finalización	
	Con raíces	Con raíces y follaje	Con raíces	Con raíces y follaje
Proteína	22.00	22.00	20.00	20.00
Metionina	0.59	0.59	0.49	0.49
Metionina + lisina	0.90	0.90	0.78	0.78
Lisina	1.26	1.26	1.12	1.12
Acido linoleico	3.41	3.56	3.60	3.85
Calcio	0.91	0.91	0.96	0.90
Fósforo disponible	0.42	0.42	0.40	0.40
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3.22	3.22	3.18	3.18

FUENTE: Gil et al., 2001.

Cuadro 28-20. Dietas (D) basadas en harina de raíces (HY) y de hojas (HF) de yuca ofrecidas a pollos de engorde en la fase de iniciación.

Ingrediente	Testigo (%)	Cantidad (%) en D de HY obtenida con:			Cantidad (%) en D (HY + HF)
		Energía solar	Equipo A	Equipo B	
Maíz	59.37	—	—	—	—
HY (raíces de yuca)	—	45.75	45.75	45.75	40.45
HF (hojas)	—	—	—	—	6.00
Soya integral	12.80	30.00	30.00	30.00	30.00
Aceite de palma	3.00	2.90	2.90	2.90	4.50
Torta de soya	21.00	18.70	18.70	18.70	16.40
DL-metionina	0.16	0.29	0.29	0.29	0.29
L-lisina	0.07	—	—	—	—
Harina de hueso	1.70	1.90	1.90	1.90	1.90
Carbonato (de Ca)	1.50	—	—	—	—
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitaminas-Minerales	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Componente	Composición nutricional de las dietas (%):				
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
Proteína (%)	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
Metionina (%)	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Metionina + cistina (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Lisina (%)	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26
Acido linoleico (%)	2.62	3.42	3.42	3.42	3.56
Calcio (%)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Fósforo disponible (%)	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42

FUENTE: Gil et al., 2001

disponibles comercialmente (Protón y Procesos Agroindustriales). El rendimiento de los pollos aumentó cuando la harina fue procesada en cualquiera de los dos equipos, como se pudo apreciar en el Cuadro 28-22. No se observaron

diferencias importantes en el efecto causado por ambos equipos. Los dos fueron efectivos en el procedimiento de deshidratación y en la calidad final del producto procesado. El procesamiento industrial permite obtener temperaturas altas, lo

Cuadro 28-21. Dietas (D) basadas en harina de raíces (HY) y de hojas (HF) de yuca ofrecidas a pollos de engorde en la fase de finalización.

Ingrediente	Testigo (%)	Cantidad (%) en D de HY obtenida con:			Cantidad (%) en D (HY + HF)
		Energía solar	Equipo A	Equipo B	
Maíz	66.85	—	—	—	—
HY (raíces de yuca)	—	49.80	49.80	49.80	46.10
HF (hojas)	—	—	—	—	6.00
Soya integral	6.10	41.60	41.60	41.60	45.10
Aceite de palma	2.93	0.87	0.87	0.87	0.37
Torta de soya	20.70	5.20	5.20	5.20	—
DL-metionina	0.13	0.23	0.23	0.23	0.23
L-lisina	0.19	—	—	—	—
Harina de hueso	1.60	1.90	1.90	1.90	1.80
Carbonato (de Ca)	1.10	—	—	—	—
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Vitaminas-Minerales	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Componente	Composición nutricional de las dietas (%):				
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
Proteína (%)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Metionina (%)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
Metionina + cistina (%)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Lisina (%)	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Acido linoleico (%)	2.20	3.60	3.60	3.60	3.85
Calcio (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Fósforo disponible (%)	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

FUENTE: Buitrago et al., 2001.

Cuadro 28-22. Rendimiento de pollos de engorde hasta los 42 días del ensayo.^a

Parámetro	Testigo	Con dieta de HY obtenida con:			Con dieta de HY + HF
		E. solar	Equipo A	Equipo B	
Peso inicial (g)	39.8	39.5	39.4	39.5	39.7
Peso final (g)	2.139	2.279	2.237	2.387	2.113
Consumo (kg)	4.73	4.88	4.65	4.68	4.72
Eficiencia (%)	2.21	2.14	2.08	1.96	2.24

a. HY = harina de raíces de yuca; HF = harina de hojas de yuca; E. = energía.

FUENTE: Gil et al., 2001.

que facilita la gelatinización de los almidones y permite hacer un mejor control sanitario del producto final. Estos dos factores influyen mucho, posiblemente, en el mejor desempeño de los animales alimentados con niveles altos de harina de yuca obtenida mediante calor artificial.

Efecto en la humedad de las camas. A pesar de que las dietas con altos porcentajes de

harina de raíces de yuca y soya integral contienen niveles altos de potasio en su composición final, no se observó un efecto adverso relacionado con las heces y con camas húmedas. Se realizaron análisis de humedad en las heces de los grupos experimentales a intervalos semanales y no se obtuvieron diferencias significativas. Igualmente, la medición de la humedad en las camas no demostró diferencias entre los grupos.

Efecto en la pigmentación. A lo largo del experimento, y en las canales de los pollos después del sacrificio, se observó una pigmentación de la piel, las patas, el pico y la grasa interna. Los grupos con dietas a base de harina de raíces se caracterizaron por una pobre pigmentación durante todo el ensayo. El grupo con dieta de harina de raíces complementada con harina de follaje mostró una pigmentación igual a la del grupo testigo alimentado con maíz amarillo. La apreciación visual en una escala de 1 (más pálido) a 5 (más pigmentado) permitió calificar con 4 a los grupos testigo y con harina de raíz y follaje, mientras que todos los grupos alimentados con harina de raíces sola no superaron la calificación 2 de la escala.

Resultados de programas de alimentación con HY. Los resultados de reemplazar totalmente los granos de cereales por harina de raíces de yuca en dietas de componentes peletizados han demostrado que esta práctica puede ser perfectamente viable en programas comerciales de alimentación para pollos de engorde; no obstante, en muchas ocasiones puede ser más conveniente el remplazo parcial de los granos de cereales. Esta modalidad adquiere importancia cuando se suministran dietas compuestas por harinas ya que, como se indicó antes, son pulverulentas cuando el porcentaje de harina de raíces de yuca supera el rango del 20% al 30%. En los Cuadros 28-23 y 28-24 se presentan niveles intermedios de harina de yuca en dietas para pollo de engorde.

Los resultados obtenidos en pollos de engorde de diferentes líneas genéticas se ilustran en los Cuadros 28-25 y 28-26. Se puede concluir lo siguiente: las aves que consumieron dietas en que la harina de raíces de yuca reemplazó aproximadamente el 50% de los cereales en la iniciación y en la finalización del engorde, experimentaron un comportamiento igual o mejor que las aves cuya dieta fue convencional, es decir, a base de sorgo o de maíz. No hubo diferencias significativas en rendimiento, o sea, en aumento de peso, en eficiencia de conversión alimenticia y en rendimiento en canal, entre los diferentes tratamientos tanto de las Granjas Avités (en Cereté, Córdoba) como en la Granja El Recreo (en Buga, Valle). No se percibieron efectos adversos en cuanto a mortalidad o morbilidad por haber incluido harina de yuca en esa dieta. No fue apreciable tampoco la

Cuadro 28-23. Dietas para pollos de engorde que contienen niveles intermedios de harina de yuca.

Ingrediente	Contenido de dieta ^a (%):	
	Iniciación de engorde	Finalización de engorde
Sorgo	33.65	33.61
Harina de raíces de yuca	20.00	25.00
Soya integral tostada	32.00	34.00
Torta de soya	8.20	2.80
Harina de pescado (65%)	3.50	4.00
Aceite de palma	—	0.10
Fosfato bicálcico	0.90	0.70
Carbonato de calcio	0.80	0.90
DL-metionina	0.27	0.22
Sal común	0.25	0.25
Cloruro de colina (50 %)	0.12	0.10
Vitaminas y minerales	0.10	0.10
Anticoccidial	0.10	0.10
Fungicida	0.10	0.10
Componente	Composición nutricional de las dietas (%):	
Proteína (%)	21.00	19.00
Metionina (%)	0.58	0.51
Metionina + cistina (%)	0.88	0.77
Lisina (%)	1.23	1.10
Triptofano (%)	0.28	0.25
Treonina (%)	0.60	0.59
Acido linoleico (%)	3.08	3.10
Calcio (%)	0.90	0.91
E. metabolizable (Mcal/kg)	3.15	3.20

a. Dietas peletizadas de Granjas Avités–Nutralisto, en Cereté, Córdoba, Colombia. E. = energía.

FUENTES: Buitrago y Luckett, 1999.

diferencia en la humedad de las camas en los diferentes galpones.

Aves ponedoras

En los programas de alimentación de aves ponedoras se emplean normalmente dietas con harinas; por consiguiente, no es fácil incluir en ellas niveles altos de harina de yuca. Es posible, en cambio, incorporar niveles bajos e intermedios de harina de raíces.

Si no se preparan dietas peletizadas o crombelizadas, resulta difícil incorporar niveles mayores que 25% de harina de raíces en esas dietas. La condición ‘pulverulenta’ y el alto

Cuadro 28-24. Dietas para pollos de engorde, las cuales contienen niveles intermedios de harina de yuca.

Ingrediente	Contenido en la dieta (%) al:	
	Inicio de engorde	Final de engorde
Maíz	25.34	30.79
Núcleo de yuca + soya ^a	30.50	30.50
Soya integral tostada	25.90	28.30
Torta de soya	12.10	4.80
Harina de vísceras de pollo	3.00	3.00
Fosfato bicálcico	1.30	1.00
Carbonato cálcico	1.00	0.90
DL-metionina	0.23	0.10
Sal común	0.35	0.30
Vitaminas y minerales	0.12	0.10
Anticoccidial	0.05	0.10
Fungicida	0.10	0.10
Componente	Composición nutricional de las dietas (%):	
E. metabolizable (Mcal/kg)	3.10	3.20
Proteína (%)	22.00	19.00
Metionina (%)	0.56	0.40
Metionina + cistina (%)	0.90	0.72
Lisina (%)	1.24	1.10
Triptofano (%)	0.28	0.25
Treonina (%)	0.80	0.75
Acido linoleico (%)	3.25	3.48
Calcio (%)	0.90	0.82
Fósforo disponible (%)	0.42	0.39

a. Núcleo compuesto por 82% de harina de raíces de yuca y 18% de soya integral. Dietas peletizadas de Granja El Recreo y Granja Carioca, en Buga, Valle del Cauca. E. = energía.

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

contenido de almidón de la harina de yuca dificultan el manejo de alimentos que la contengan.

Asimismo, se recomienda emplear niveles inferiores a 5% ó 6% de harina de follaje para no afectar la palatabilidad del alimento. La necesidad de concentrar energía en la dieta dificulta también la inclusión de niveles mayores de esta harina, la cual, si es de alta calidad y se agrega al nivel indicado, da una pigmentación favorable a la yema de los huevos porque contiene xantofilas naturales.

Resultados de experiencias en el campo.

Los principales trabajos de campo se han

Cuadro 28-25. Resultados en el rendimiento de pollos de engorde que reciben dietas con niveles intermedios de harina de yuca (HY).^a

Parámetro	Cantidad en dieta de:		
	Testigo 1	Testigo 2	HY + SI
Pollos iniciales (no.)	36,000	48,441	24,000
Pollos finales (no.)	33,531	46,199	22,392
Días de ensayo (no.)	42	42	42
Mortalidad total (%)	6.0	4.6	6.7
Peso final (g)	1,951	1,934	1,915
Consumo de alimento (g)	3,324	3,559	3,152
Eficiencia de conversión	1.70	1.84	1.69
Factor 'eficiencia europea'	255	239	259

a. HY = harina de raíces de yuca, SI = soya integral. Dietas de Granjas Avités-Nutrilisto, en Cereté, Córdoba, Colombia (40 msnm, 34 a 36 °C). Dietas peletizadas. Testigo 1: galpones con mayor control ambiental por uso de ventiladores. Testigo 2: galpones con menor control ambiental (como lote experimental).

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

Cuadro 28-26. Resultados del ensayo de rendimiento de pollos de engorde con dietas (D) que tienen niveles intermedios de harina de yuca.^a

Parámetro	En testigo	En D (HY + SI)
Pollos iniciales (no.)	7,680	7,673
Pollos finales (no.)	7,415	7,108
Días del ensayo (no.)	42	42
Mortalidad total (%)	3.17	5.72
Peso final (g)	1,976	1,942
Consumo de alimento (g)	3,754	3,781
Eficiencia de conversión	1.90	1.94
Factor 'eficiencia europea'	239	218

a. Dietas peletizadas de Granja El Recreo y Granja Carioca, en Buga, Valle del Cauca (1010 msnm, de 25 a 27 °C). HY = harina de yuca, SI = soya integral.

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

realizado en granjas avícolas localizadas en el Valle del Cauca y en la costa atlántica de Colombia. Las evaluaciones se han hecho en diferentes etapas de la producción, y se han utilizado dietas, materias primas y parámetros nutricionales propios de cada sitio. Los primeros experimentos (Granjas La Esperanza y Montegrande) se hicieron con variedades de yuca de doble propósito procedentes de la costa atlántica; en las evaluaciones más recientes (Granjas Santa Anita y Avicauca), se emplearon variedades de tipo industrial cultivadas en el

norte del Cauca (por Agrovélez). Se mezclaron harinas de raíces de diferentes variedades con el propósito de hacer un producto homogéneo como materia prima para la elaboración del alimento final. En todos los trabajos experimentales se ofrecieron dietas en forma de harina, en las cuales la harina de raíces de yuca llegó a remplazar hasta el 50% del maíz.

La composición de las dietas evaluadas en los diferentes trabajos demostrativos y el resumen de los resultados obtenidos con los programas de alimentación antes mencionados se presentan en los Cuadros 28-27 a 28-35.

En los cuadros anteriores no se observan diferencias importantes en los parámetros de producción (porcentaje de postura y eficiencia de conversión). Se compararon todos los parámetros con los estándares normales de producción para cada línea y edad de aves, y siempre estuvieron dentro de los rangos

Cuadro 28-27. Dietas (D) para ponedoras en que hay 10% de harina de raíces de yuca (HY).^a

Ingrediente	En testigo (%)	En D+HY _{10%} (%)
Maíz	57.80	45.30
Harina de yuca	—	10.00
Torta de soya	16.20	15.00
Soya tostada	5.30	9.10
Harina de pescado (65%)	5.00	5.00
Mogolla de trigo	3.50	3.50
Carbonato de calcio	9.71	9.64
Fosfato de calcio	0.95	0.91
Sal común	0.30	0.30
Metionina líquida (88%)	0.18	0.20
Vitaminas y minerales	0.10	0.10
Aditivos y pigmento	0.50	0.50
Componente	Composición nutricional de las dietas:	
E. metabolizable (Mcal/kg)	2.75	2.75
Proteína (%)	17.50	17.50
Lisina (%)	0.91	0.91
Metionina (%)	0.44	0.44
Metionina + cistina (%)	0.75	0.75
Calcio (%)	3.90	3.90
Fósforo disponible (%)	0.45	0.45
Acido linoleico (%)	1.36	1.39

a. Avícola La Esperanza, en Buga, Valle (1000 msnm, 26 °C, 75% HR). E. = energía.

FUENTE: Gutiérrez y Martínez. 1998.

Cuadro 28-28. Rendimiento de ponedoras con dietas (D) que contienen 10% de harina de raíces de yuca (HY), en las semanas 48 a 55 del ensayo.

Rendimiento	En testigo	En D+HY _{10%}
Consumo/ave por día (g)	102.6	103.2
Rendimiento de postura (%)	89.2	89.5
Eficiencia de conversión (por 12 huevos)	1.37	1.37

a. Avícola La Esperanza, en Buga, Valle (1000 msnm, 26 °C, 75% HR).

FUENTE: Gutiérrez y Martínez, 1998.

Cuadro 28-29. Dietas (D) para ponedoras en las que hay 15% de harina de raíces de yuca (HY).^a

Ingrediente	En testigo (%)	En D+HY _{15%} (%)
Maíz	41.10	34.10
Harina de yuca	—	15.00
Torta de soya	8.10	11.60
Soya extruida	20.00	20.00
Harina de arroz	10.00	—
Mogolla de trigo	9.10	7.60
Carbonato de calcio	9.60	9.30
Harina de huesos calcinada	1.30	1.50
Sal común	0.35	0.35
DL-metionina	0.18	0.19
Vitaminas y minerales	0.20	0.20
Aditivos y pigmento	0.10	0.10
Componente	Composición nutricional de las dietas:	
E. metabolizable (Mcal/kg)	2.75	2.75
Proteína (%)	17.00	17.00
Lisina (%)	0.85	0.85
Metionina (%)	0.45	0.45
Metionina + cistina (%)	0.70	0.70
Calcio (%)	3.90	3.90
Fósforo disponible (%)	0.42	0.42
Acido linoleico (%)	1.74	1.37

a. Granja Avícola Sta. Anita, en Pradera, Valle del Cauca (1010 msnm, 26 °C, 78% HR). E. = energía.

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

normales. Tampoco se apreciaron diferencias en los porcentajes de morbilidad o mortalidad de los lotes de aves que consumieron dietas con niveles intermedios de harina de yuca. No hubo cambios importantes en la calidad ni en la humedad de las camas.

Cuadro 28-30. Rendimiento de ponedoras Lohmann-Brown con dietas (D) que contienen 15% de harina de yuca (HY), en las semanas 55 a 61 del ensayo.

Rendimiento	En testigo	En D+HY _{15%}
Aves (no.)	15,000	5,000
Consumo/ave por día (g)	114.0	115.0
Rendimiento en postura (%)	78.3	79.0
Eficiencia de conversión (por 12 huevos)	1.37	1.37

a. Granja Avícola Sta Anita, en Pradera, Valle del Cauca (1010 msnm, 26 °C, 78% HR).

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

Cuadro 28-31. Dietas (D) para ponedoras, en las cuales hay 20% de harina de raíces de yuca (HY).^a

Ingrediente	En testigo (%)	En D+HY _{20%} (%)
Sorgo	30.60	36.20
Maíz	20.00	—
Harina de yuca	—	20.00
Torta de soya	12.30	16.50
Soya tostada	15.00	15.00
Mogolla de trigo	10.30	0.20
Carbonato de calcio	9.20	9.30
Fosfato de calcio	1.40	1.60
Sal común	0.35	0.35
Metionina líquida (88%)	0.23	0.23
Vitaminas y minerales	0.10	0.10
Aditivos y pigmento	0.50	0.50
Componente	Composición nutricional de las dietas:	
E. metabolizable (Mcal/kg)	2.70	2.70
Proteína (%)	17.00	17.00
Lisina (%)	0.85	0.85
Metionina (%)	0.45	0.45
Metionina + cistina (%)	0.70	0.70
Calcio (%)	3.90	3.90
Fósforo disponible (%)	0.42	0.42
Acido linoleico (%)	1.74	1.37

a. Granja Avícola Montegrande, en Tuluá, Valle del Cauca (1025 msnm, 25 °C, 78% HR). E. = energía.

FUENTE: Gutiérrez y Martínez, 1998.

La inclusión de niveles crecientes (5%, 10%, 15% y 20%) de harina de raíces de yuca para reemplazar paulatinamente el maíz no modificó el consumo de alimento, a pesar de que las dietas con niveles altos son un poco más pulverulentas

Cuadro 28-32. Rendimiento de ponedoras con dietas (D) que contienen 20% de harina de yuca (HY), en las semanas 39 a 46 del ensayo.^a

Rendimiento	En testigo (%)	En D+HY _{20%} (%)
Consumo/ave por día (g)	111.60	111.10
Rendimiento postura (%)	92.40	91.00
Eficiencia de conversión (por 12 huevos)	1.45	1.46

a. Granja Avícola Montegrande, en Tuluá, Valle del Cauca (1025 msnm, 25 °C, 78% HR).

FUENTE: Gutiérrez y Martínez, 1998.

que las que no llevan harina de yuca. Un nivel superior al 20% causaría dificultades en el manejo del alimento y podría requerirse un procesamiento adicional (p. ej., la crombelización o los aditivos especiales) para asegurar la obtención del rendimiento antes indicado.

La calidad y el color de la yema del huevo no se modificaron por la inclusión de harina de yuca hasta el nivel de 20%. Asimismo, el tamaño y el peso de los huevos fueron similares en todos los tratamientos. Sin embargo, es posible que si se emplean porcentajes muy altos de harina de raíces, la pigmentación de la yema se modifique; por consiguiente, el empleo simultáneo de harina de follaje, en niveles de 5% a 6%, en estas dietas puede tener importancia ya que esta harina tiene un alto contenido de xantofilas naturales (aproximadamente, 500 mg/kg).

Conclusiones

La planta de yuca ofrece dos productos útiles para la alimentación animal: las raíces y el follaje. Las raíces constituyen una fuente importante de almidón y de energía y el follaje suministra principalmente proteína y pigmentos naturales.

En casi toda la franja tropical, la yuca es una alternativa ventajosa para reemplazar total o parcialmente los granos de los cereales tradicionalmente utilizados en la alimentación de aves. La cantidad de calorías alimenticias que concentra la yuca por unidad de superficie supera ampliamente a las que generan los cereales. Además, el cultivo de la yuca se adapta a muchos sitios por debajo de los 1800 msnm, y en ellos el rendimiento de raíces y de follaje supera normalmente el de otros cultivos comerciales.

Cuadro 28-33. Dietas (D) para ponedoras blancas y rojas, en las que hay 10% y 20% de harina de raíces de yuca (HY).^a

Ingrediente	En testigo	En D+HY _{10%} (%)	En D+HY _{20%} (%)
Maíz	41.10	34.10	23.00
Harina de yuca	—	10.00	20.00
Torta de soya	8.10	10.40	11.80
Soya extruida	20.00	20.00	20.00
Harina de arroz	10.00	10.00	10.00
Mogolla de trigo	9.10	4.30	3.60
Carbonato de calcio	9.60	9.50	9.40
Harina de huesos calcinada	1.30	1.40	1.40
Sal común	0.35	0.35	0.35
DL-metionina	0.18	0.19	0.21
Vitaminas y minerales	0.20	0.20	0.20
Aditivos y pigmento	0.10	0.10	0.10
Componente	Composición nutricional de las dietas:		
E. metabolizable (Mcal/kg)	2.70	2.70	2.70
Proteína (%)	17.00	17.00	17.00
Lisina (%)	0.85	0.85	0.85
Metionina (%)	0.45	0.45	0.45
Metionina + cistina (%)	0.70	0.70	0.70
Calcio (%)	3.90	3.90	3.90
Fósforo disponible (%)	0.42	0.42	0.42
Acido linoleico (%)	1.74	1.49	1.37

a. Avicauca, en Jamundí, Valle (1005 msnm, 25 °C, 76% HR).

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

Cuadro 28-34. Rendimiento de ponedoras blancas (Hy-line) con dietas (D) que contienen 10% de harina de yuca (HY), en las semanas 78 a 88 del ensayo.

Rendimiento	En testigo	En D+HY _{10%}
Aves (no.)	10,464	8,976
Consumo/ave por día (g)	107.5	105.5
Rendimiento de postura (%)	64.1	63.0
Eficiencia de conversión (por 12 huevos)	2.01	2.01

a. Avicauca, en Jamundí, Valle del Cauca (1005 msnm, 25 °C, 76% HR).

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

Aves en general. La integración del cultivo de yuca con programas de producción avícola exige requisitos de eficiencia y de industrialización especiales, que puedan garantizar los volúmenes de yuca necesarios, a precios competitivos, para remplazar los insumos tradicionales.

La 'siembra' de variedades de yuca de alto rendimiento, la mecanización de las prácticas de

plantación y cosecha, el proceso industrial de deshidratación en poscosecha, y la implementación de sistemas de transporte y procesamiento continuo, son algunas de las exigencias básicas para que esa integración sea efectiva.

Se han desarrollado recientemente y ofrecido en el mercado local equipos industriales para plantar estacas y para cosechar raíces y follaje, así como para deshidratar estos productos; estos equipos representan un proceso industrial de alta eficiencia que trae consigo una disminución de los costos de producción.

El secado tradicional de raíces en patios de cemento se adapta principalmente a los cultivos pequeños. Para cultivos industriales a gran escala, es necesario introducir sistemas artificiales de deshidratación, los cuales garantizan, además, mejor calidad nutricional y sanitaria del producto final.

Aves en particular. La deficiencia de proteína en la harina de raíces de yuca hace que

Cuadro 28-35. Rendimiento de ponedoras rojas (Lohmann-Brown) con dietas (D) que contienen 10% y 20% de harina de yuca (HY), en las semanas 78 a 88 del ensayo.

Rendimiento	En testigo	En D+HY _{10%}	En D+HY _{20%}
Aves (no.)	3,840	10,956	5,160
Consumo/ave por día (g)	115.1	115.8	114.8
Rendimiento postura (%)	69.3	65.7	65.1
Eficiencia de conversión (por 12 huevos)	2.00	2.12	2.11

a. Avicauca, en Jamundí, Valle del Cauca (1005 msnm, 25 °C, 76% HR).

FUENTE: Buitrago y Luckett, 1999.

el precio de este producto sea inferior al del maíz en un rango de 25% a 30%, aproximadamente.

En alimentación de pollos de engorde y aves de postura, las harinas de raíces y de follaje de yuca proporcionan una excelente fuente de energía, de proteína y de pigmentos naturales.

El nivel de harina de raíces en las dietas indicadas no está limitado de manera importante. Su bajo contenido de proteína y ácidos grasos exige que las dietas finales se complementen en estos dos nutrientes y la soya integral ha demostrado ser un complemento excelente. De harina de follaje, en cambio, no debe incluirse más del 5% ó 6% en esas dietas; su contenido de fibra y su bajo nivel de energía impiden el uso de porcentajes mayores.

Siempre y cuando la dieta para pollos de engorde esté peletizada, el nivel de harina de yuca puede reemplazar totalmente a los granos de cereales, sin afectar el rendimiento. Si la dieta está en forma de harina, no se recomienda un nivel de harina de yuca mayor que 25%, que reemplazaría hasta un 50% de los cereales convencionales; la razón es el carácter pulverulento de esta dieta final, que dificulta su consumo. Si se trata de ponedoras, un 20% de harina de yuca, aproximadamente, reemplazaría hasta el 50% de cereales en la dieta total.

Alimentación de cerdos

El nivel de energía en la harina de yuca es menos crítico cuando este producto se agrega a las raciones para cerdos que a las dietas de las aves. Ahora bien, los niveles de harina que se aplican en cerdos son generalmente altos y por ello algunas limitantes de la yuca como alimento adquieren importancia, ya que manifiestan en los cerdos problemas no observados en otras

especies que consumen cantidades inferiores de esa harina. Dos de estos problemas son la deficiencia de aminoácidos azufrados (en variedades dulces y amargas) y el contenido de compuestos cianogénicos (ácido cianhídrico) en las variedades amargas de yuca: unos y otros pueden alterar mucho la calidad y la palatabilidad de las raciones que tengan altos niveles de harina de yuca.

Introducción

Los cerdos con más de 45 kg de peso (finalización o engorde) requieren mayor cantidad de energía y menos proteína en sus dietas. Por otra parte, el consumo diario de alimento se incrementa en forma paulatina, de manera que la deficiencia energética de algunas dietas se puede compensar con el mayor consumo de alimento; por tanto, los cerdos con mayor peso pueden consumir raciones con altos niveles de harina de yuca sin que se afecte su rendimiento. Esta circunstancia se debe tener en cuenta al elaborar los programas de alimentación a base de harina de yuca, especialmente cuando el costo de las materias primas favorece el uso de un alto porcentaje de esta harina.

Las raciones se pueden suministrar a los cerdos en forma de harina o peletizadas, aunque es más recomendable esta última opción porque adquieren mayor densidad específica y porque reducen el carácter pulverulento de la ración. En el Cuadro 28-36 se presentan ejemplos de programas de alimentación para porcinos.

Garzón (2000) trabajó en la granja Tribilandia, en Medellín, Antioquia, con el rendimiento de cerdos alimentados con harina de yuca como principal fuente energética, y

Cuadro 28-36. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos de levante^a, en raciones con niveles bajos (20%) y altos (40%) de ese producto.

Componente	Contenido (%) por ración ^b empleando:			
	Torta de soya		Torta de soya y torta de algodón	
Ingredientes				
Harina de yuca	20.00	40.00	20.00	40.00
Sorgo	53.79	24.26	52.24	22.19
Torta de soya	22.77	27.31	17.69	22.34
Torta de algodón	—	—	6.00	6.00
Aceite o grasa	0.85	1.11	1.46	2.15
Melaza	—	5.00	—	5.00
DL-metionina	—	0.02	—	0.01
Fosfato bicálcico	1.70	1.64	1.69	1.63
Carbonato cálcico	0.39	0.16	0.42	0.18
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrientes				
Energía digestible (Mcal/kg)	3.25	3.25	3.25	3.25
Proteína	15.60	15.60	15.60	15.60
Metionina + cistina	0.47	0.47	0.47	0.47
Lisina	0.78	0.85	0.73	0.82
Calcio	0.60	0.60	0.60	0.60
Fósforo disponible	0.50	0.50	0.50	0.50

a. Animales de 20 a 50 kg.

b. Las tortas de soya y de algodón son la fuente principal de proteína en cada ración.

FUENTE: Buitrago, 1990.

obtuvo los siguientes resultados: para la fase de levante, los cerdos obtuvieron, en promedio, una ganancia de peso de 540 g/día, con un índice de conversión de 2.94; en la fase de ceba, alcanzaron ganancias de peso, en promedio, de 780 g/día y un índice de conversión de 3.18.

Preston y colaboradores (Garzón, 2000) concluyeron, en estudios realizados con follaje de la yuca como fuente de proteína en la alimentación de bovinos y cerdos, que la yuca manejada como planta forrajera (en sistemas integrados) tiene un alto potencial para la producción de proteína de alto valor nutritivo. Plantada a una densidad de 50,000 estacas/ha y con una alta tasa de fertilización, puede producir hasta 3 t/ha de proteína por año.

Las investigaciones realizadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en el programa nacional de cerdos dieron los siguientes resultados cuando incorporaron la yuca en la

alimentación animal como fuente energética alterna (Cuadros 28-37 y 28-38).

Cerdas gestantes y cerdas lactantes

Es necesario limitar la cantidad de alimento que se ofrece cada día a las cerdas gestantes ya que la energía total requerida por animal, en esta fase, es mucho menor que la requerida en las restantes fases de producción. Por tal razón, los factores relacionados con la palatabilidad y la concentración energética, que ponen límites a las raciones a base de harina de yuca, pasan a ser secundarios en esta fase de desarrollo de la cerda. Las consideraciones hechas aquí se redondarán al hablar del uso de harina de hojas de yuca durante la fase de gestación.

A las cerdas lactantes, por el contrario, es importante ofrecerles diariamente un gran volumen de alimento con el fin de satisfacer las necesidades nutricionales que exige esta fase de

Cuadro 28-37. Uso de yuca fresca más núcleo proteico fortificado del 43% en cerdos.

Peso (kg/cerdo)	Yuca fresca (kg)	Núcleo proteico (kg)
20-35	3	0.558
36-60	3	0.651
61-100	5	0.700

FUENTE: Garzón, 2000.

Cuadro 28-38. Uso de harina de yuca más núcleo proteico fortificado del 36% en cerdos.

Peso (kg/cerdo)	Harina de yuca (kg)	Núcleo proteico	Melaza	Alimento por cerdo (kg/día)
21-50	60	32	8	0.558
51-100	60	28	12	0.651

FUENTE: Garzón, 2000.

producción. La cerda lactante, en efecto, debe mantenerse y disponer además de una alta concentración de energía para la producción de leche.

Las dietas para lactancia facilitan, lo mismo que las de engorde, la inclusión de una cantidad apreciable de harina de yuca, siempre y cuando se controlen los factores limitativos de ésta. Las raciones con un alto contenido de harina de yuca permiten obtener un rendimiento igual o superior al que se obtiene cuando se usan granos de cereales. Debe tenerse cuidado, sin embargo, con la harina proveniente de variedades amargas, no sólo por el peligro de intoxicación del animal sino por su posible efecto adverso en la palatabilidad y en el consumo. Asimismo, las raciones con altos niveles de harina de yuca deben complementarse adecuadamente con trazas de algunos minerales o con vitaminas. Los Cuadros 28-39 a 28-40 presentan ejemplos de programas para cerdas gestantes y lactantes.

CORPOICA, en el Centro de Investigaciones La Libertad, hizo en 1998 estudios con yuca en fresco y con harina de yuca, como única fuente energética en la alimentación animal, y obtuvo los resultados presentados en el siguiente diagrama (Garzón, 2001):

A. Alimentación de cerdos (en levante y ceba) con yuca fresca y núcleo proteico fortificado del 42%.

Cerdos evaluados (no.)	20
Consumo de yuca fresca (kg/cerdo por día)	3 a 5
Peso inicial (kg)	24.5
Peso final (kg)	90.5
Tiempo de evaluación (días)	120
Ganancia de peso en el período (kg)	66
Ganancia de peso diario (g/cerdo)	550
Costo de producción (\$/kg, cerdo en pie)	1,207.66
Valor de venta (\$/kg, cerdo en pie)	1,500.00
Utilidad (\$/cerdo)	25,397.00
Rentabilidad en el período (%)	23.2
Rentabilidad mensual (%)	5.8

B. Alimentación de cerdos (en levante y ceba) con harina de yuca y torta de soya fortificada.

Cerdos evaluados (no.)	60
Consumo de alimento (kg)	219.3
Peso inicial (kg)	33.8
Peso final (kg)	98
Tiempo de evaluación (días)	97
Ganancia de peso en el período (kg)	61.2
Ganancia de peso diario (g/cerdo)	662
Valor del alimento (\$/kg)	212.67
Índice de conversión	3.4
Costo de producción (\$/kg, cerdo en pie)	1,176.72
Valor de venta (\$/kg, cerdo en pie)	1,600.00
Utilidad (\$/kg, cerdo en pie)	423.28
Utilidad (\$/cerdo)	39,804.00
Rentabilidad en el período (%)	34.5
Rentabilidad mensual (%)	10.6

Alimentación de bovinos con harina de yuca

Los rumiantes muy jóvenes no tienen la misma capacidad que los adultos para utilizar con eficiencia un nivel alto de almidón en su ración alimenticia, porque a esa edad experimentan limitantes fisiológicas, las cuales se superan a medida que el animal se desarrolla. Por tanto, se recomienda suministrar niveles bajos de harina de yuca a los terneros menores de un mes, incrementando las cantidades con la edad del animal.

Los rumiantes adultos (levante, ceba, vacas en producción) pueden aceptar niveles altos de harina de yuca en sus raciones, aunque se les ofrecerán cuando haya suficiente justificación económica para hacerlo. El alto contenido de energía digestible que tiene la harina de yuca

Cuadro 28-39. Nivel alto de harina de yuca (40%) en programas de alimentación para cerdas en gestación.

Componentes	Contenido (%) por ración, empleando:	
	Torta de soya	Torta de soya y torta de algodón
Ingredientes		
Harina de yuca	40.00	40.00
Sorgo	32.68	31.86
Torta de soya	19.07	13.82
Torta de algodón	—	6.00
Melaza	5.00	5.00
Fosfato bicálcico	2.21	2.20
Carbonato de calcio	0.44	0.46
Sal yodada	0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20
Nutrientes		
Energía digestible (Mcal/kg)	3.15	3.12
Proteína	12.50	12.50
Metionina + cistina	0.36	0.37
Lisina	0.65	0.59
Calcio	0.75	0.75
Fósforo disponible	0.60	0.60

FUENTE: Buitrago, 1990.

favorece la utilización de este producto en vacas lactantes, en especial durante la etapa inicial de producción (primeros 2 meses), cuando las vacas de alta producción lechera demandan mucha energía.

Los programas de alimentación contenidos en el Cuadro 28-41 emplean un concentrado único con niveles altos o moderados de harina de yuca y lo usan como complemento del pastoreo o como complemento de los forrajes dados a animales en confinamiento (ensilaje, pasto de corte, heno, etc.).

Hay también usos de la harina de yuca como suplemento del ganado en ceba intensiva o semiintensiva. En algunos casos, se dan raciones a rumiantes adultos con un compuesto nitrogenado como fuente de proteína; uno de ellos, la urea, aporta nitrógeno no proteico. Conviene señalar que en la mayoría de las evaluaciones con rumiantes se ha utilizado urea para obtener la síntesis de la proteína, a nivel

Cuadro 28-40. Niveles altos de harina de yuca (40%) en programas de alimentación para cerdas en lactancia.

Componentes	Contenido (%) por ración, empleando:	
	Torta de soya	Torta de soya y torta de algodón
Ingredientes		
Harina de yuca	40.00	40.00
Torta de soya	31.66	30.87
Torta de algodón	20.36	15.13
Harina de pescado	—	6.00
Melaza	5.00	5.00
Fosfato bicálcico	1.72	1.71
Carbonato cálcico	0.66	0.69
Sal yodada	0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20
Nutrientes		
Energía digestible (Mcal/kg)	3.16	3.13
Proteína	13.00	13.00
Metionina + cistina	0.38	0.39
Lisina	0.68	0.63
Calcio	0.75	0.75
Fósforo disponible	0.50	0.50

FUENTE: Buitrago, 1990.

del rumen. Esta síntesis se logra cuando se obtenga una correcta sincronización entre la liberación de la energía proveniente de la yuca y la del nitrógeno proveniente de la urea.

Cuando se dan dietas con un porcentaje alto de harina de yuca a animales adultos, es importante adicionar cierta cantidad (20%) de melaza¹ con el fin de mejorar las condiciones físicas de la ración (abundancia de polvo), su palatabilidad y la de los forrajes que eventualmente se mezclen con la harina (Cuadro 28-42).

1. Melaza de caña de azúcar con las siguientes características: 78% de MS, 72% de nutrientes digestibles totales (NDT) y 3.00 Mcal/kg de energía digestible para rumiantes.

Cuadro 28-41. Niveles bajos (10%) de harina de yuca en programas de alimentación de terneras menores de 3 meses.

Componente	Contenido (%) por ración, empleando:	
	Torta de soya	Torta de soya y torta de algodón
Ingredientes		
Harina de yuca	10.00	10.00
Sorgo	61.91	60.46
Aceite o grasa	3.00	3.43
Torta de soya	22.50	16.51
Torta de algodón	—	7.00
Fosfato bicálcico	1.34	1.33
Carbonato cálcico	0.65	0.67
Sal yodada	0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20
Nutrientes		
Energía digestible (Mcal/kg)	3.50	3.50
Proteína	16.00	16.00
Fibra	3.62	4.03
Calcio	0.60	0.60
Fósforo disponible	0.42	0.42

FUENTE: Buitrago, 1990.

Cuadro 28-42. Niveles altos (55% a 75%) de harina de yuca con suplemento alimenticio para ganado de ceba intensiva o semiintensiva.

Componente	Contenido (%) por ración, empleando:		
	Torta de soya	Torta de algodón	Urea
Ingredientes			
Harina de yuca	57.94	55.97	74.87
Melaza	20.00	20.00	20.00
Torta de soya	21.00	—	—
Torta de algodón	—	23.00	—
Urea	—	—	4.00
Fosfato bicálcico	0.17	0.16	0.21
Carbonato de calcio	0.29	0.32	0.32
Sal yodada	0.40	0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20
Nutrientes			
Energía digestible (Mcal/kg)	3.20	3.16	3.08
Proteína	12.00	12.00	12.00
Calcio	0.40	0.40	0.40
Fósforo	0.354	0.35	0.35

FUENTE: Buitrago, 1990.

Yuca Fresca en la Alimentación Animal

La utilización directa de las raíces es la alternativa más elemental y económica de la yuca como alimento para animales. Los costos disminuyen considerablemente, ya que el procesamiento consiste solamente en picar la raíz en fragmentos o trozos pequeños para suministrarla a los animales, ya sea mezclada con un suplemento nutricional o aparte de él.

La composición de la yuca fresca que se utilizará directamente en la alimentación animal puede variar por diferentes causas. Las principales variaciones se deben a la cosecha inoportuna: las raíces jóvenes presentan mayor contenido de humedad (menos energía) y las más viejas mayor contenido de fibra, además de menos humedad. Naturalmente, la variedad de yuca, el suelo, el clima, la fertilización y las condiciones del cultivo tienen influencia en la composición y el valor nutritivo de la raíz.

Los sistemas de cosecha y de procesamiento pueden influir también, hasta cierto grado, en la calidad nutricional de la raíz fresca. Cuando todo el proceso de cosecha se realiza manualmente y las raíces se lavan para eliminar de ella tierra y otros residuos, se obtiene un producto de mejor calidad. Las cosechadoras mecánicas, por el contrario, pueden incorporar en las raíces una cantidad considerable de tierra y de productos de desecho que alteran su calidad final.

Los factores nutricionales más sobresalientes de la raíz fresca son: el alto contenido de humedad (60% a 70%), el bajo nivel de proteína (0.5% a 2.0%) y el nivel moderado de energía: su energía metabolizable está entre 1.20 y 1.40 Mcal/kg de alimento.

Programas de alimentación con raíces frescas de yuca

Cuando se utilizan raíces frescas como alimento animal, deben suministrarse cada día; por tanto, es necesario controlar permanentemente tanto el consumo de yuca como el del suplemento nutricional que se ofrezca. Esta revisión debe hacerse especialmente en explotaciones pecuarias grandes, ya que la mano de obra y la

fluidez en el reparto de alimento son diferentes de los sistemas que emplean alimentos concentrados secos.

Dos aspectos de la yuca fresca importan en la alimentación animal: el nivel de **humedad** y el de **energía**; por ello, se ajusta su uso a la especie animal y a la fase de producción de ésta. La yuca fresca no se puede incluir en un sistema comercial eficiente de alimentación para aves por su alto contenido de humedad; en cambio, puede alimentar cerdos, a pesar de que tienen limitaciones, por ser monogástricos, para aprovechar eficientemente raciones con mucha humedad y poca energía.

Se suministra la yuca fresca según la edad de los cerdos y con una suplementación adecuada. No se recomienda para lechones que no hayan llegado a un peso de 18 a 20 kg; en otras fases de producción del cerdo se debe suplir con proteínas, energía, vitaminas y minerales. Cuando se da la yuca a cerdas en lactancia, hay problemas de manejo por la presencia de lechones en el corral; para evitar que consuman la yuca ofrecida a la hembra, los corrales deben permitir alimentar las cerdas aparte de los lechones. Se han considerado dos sistemas diferentes para el suministro de la yuca fresca:

- mezclarla con los nutrientes adicionales necesarios (suplementos) para constituir un alimento único;
- ofrecerla separada del suplemento nutricional.

Los rumiantes pueden alimentarse con yuca fresca como componente principal de la dieta sin muchas limitaciones; también la reciben en programas de alimentación integrados con pastoreo o junto con otros tipos de forrajes. Sin embargo, hay limitaciones propias de los terneros lactantes. Se suele ofrecer mezclas completas (yuca + suplemento) al animal ya sea como ración única o como complemento de los forrajes convencionales (ensilajes, pasto de corte, heno).

Se analizarán luego los sistemas que incluyen yuca fresca para los planes comerciales de producción de cerdos y rumiantes.

Mezcla de yuca fresca y suplemento

Este sistema exige la preparación previa de la ración 'balanceada' (equilibrada). Se mezclan, por tanto, las cantidades exactas de la raíz fresca y de los otros elementos. Conviene preparar la cantidad requerida para cada día porque los sobrantes pueden desperdiciarse. Esta mezcla se puede ofrecer al animal varias veces durante el día, si el sistema de alimentación o la capacidad del comedero que se utilice lo permite.

En las raciones para **cerdos** es recomendable que los ingredientes suplementarios tengan un bajo nivel de humedad y de fibra, para evitar que, al agregar la yuca fresca, no resulte una mezcla de menor concentración de energía. Los ingredientes que tengan una concentración alta de proteína (harinas de pescado, de carne y de sangre, soya integral o tortas de soya, de algodón y de ajonjolí) son opciones excelentes para balancear raciones destinadas a animales monogástricos.

Cuando se trata de **rumiantes**, la concentración de energía total de la ración tiene menos importancia, siempre y cuando haya mayor consumo de la ración total porque así se compensa la dilución de la energía. Por consiguiente, en la ración para rumiantes se pueden incluir, además de las raíces de yuca, productos complementarios con alto porcentaje de humedad o fibra (p. ej., leguminosas y gramíneas frescas, henificadas o ensiladas).

Yuca fresca y suplemento separados

En este sistema de alimentación se suministra la yuca fresca en un comedero y la mezcla suplementaria en otro. La cantidad de yuca que se usará cada día debe calcularse con precisión para evitar el desperdicio de los sobrantes. La cantidad de mezcla suplementaria se puede controlar diariamente según los requerimientos del animal o se puede ofrecer a voluntad. En este último caso puede haber un consumo exagerado del suplemento, que trae consigo un desequilibrio nutricional y mayor costo del programa de alimentación porque el valor del suplemento en el mercado suele ser mayor.

Se recomienda, por tanto, dar al animal diariamente cantidades controladas de ambos componentes (yuca fresca y suplemento

nutritivo). La información que se presenta a continuación se basa principalmente en este sistema de alimentación, aunque hay también ejemplos de planes de alimentación adaptados a otros sistemas.

Mezclas suplementarias para porcinos y bovinos

Los nutrientes que deben adicionarse a la ración principal (para suplir la deficiencia de la yuca) se conseguirán elaborando una mezcla de materias primas (disponibles y económicas) que complementen con mucha precisión esa deficiencia.

El productor elegirá los componentes de la mezcla que más le convengan.

Un suplemento alimenticio se basa en los requerimientos nutricionales de la especie animal que lo recibe. Por consiguiente, primero se calcula la necesidad diaria de proteína, vitaminas y minerales del animal; luego se calcula la cantidad de esos nutrientes que el animal puede obtener de la yuca; la diferencia se cubre, finalmente, con la mezcla suplementaria.

Alimentación de cerdos con yuca fresca

Los programas alimenticios se basan en el suministro del suplemento nutricional controlado diariamente, según la edad y el peso de los animales.

Con suplemento de alto nivel proteínico

La primera alternativa es escoger un suplemento que tenga un nivel de proteína alto (más de 40%) y usar pequeñas cantidades del mismo; de este modo se pueden ofrecer más raíces de yuca y aumentar así su consumo. El Cuadro 28-42 presenta cuatro posibles composiciones de este tipo de suplemento, que entrarían en sendos programas de alimentación de cerdos.

Estos suplementos se han compuesto tomando como referencia los niveles de nutrientes indicados en las tablas de alimentación. Con otras materias primas se pueden componer diversos suplementos. Se consideraron también los niveles de seguridad recomendados para la torta de algodón y para la

harina de pescado en los suplementos alimenticios; hay riesgos potenciales en un uso excesivo de estos productos.

Con suplemento de bajo nivel proteínico

La segunda alternativa es elaborar el suplemento con una fuente nutritiva que concentre energía (granos, grasa, aceite) y complemente la energía obtenida de la raíz. El porcentaje de proteína (y de vitaminas y minerales) de esa fuente será relativamente bajo y, por tanto, las raciones tendrán más suplemento y un poco menos de yuca fresca.

El Cuadro 28-43 presenta cuatro de estos suplementos, que servirán como ejemplo de un programa de alimentación de este tipo, destinado a cerdos.

Cantidad requerida de yuca fresca

Se puede suministrar a los cerdos yuca fresca de variedades dulces para su consumo a voluntad o en cantidades controladas para evitar el desperdicio, aunque sin restringir el consumo. Cada día se ofrece la cantidad requerida como raíces frescas picadas. El cálculo de las cantidades diarias se guía por el consumo óptimo de la etapa de producción o peso del animal, aunque éste es superior al diario.

Los cerdos de menos de 50 kg de peso consumen poca yuca fresca (2 a 3 kg/día), aunque más tarde, durante las etapas finales de engorde, aumentan ese consumo hasta 5 ó 6 kg diarios, como máximo, por dos razones: la limitación física de su tracto digestivo y el posible efecto negativo de las mínimas cantidades de cianógenos presentes en la yuca. Ahora bien, para lograr un correcto equilibrio energía:proteína ingiriendo la energía que necesita para dar un rendimiento máximo, el animal debería consumir hasta 8 kg/día de yuca fresca. Puesto que no puede hacerlo, trata de compensar el desequilibrio consumiendo mayor cantidad de suplemento nutricional (cuando éste se suministra a voluntad).

Este consumo de yuca inferior al requerido hace que la ración total del cerdo presente siempre una deficiencia de energía que se extiende, por tanto, a la relación energía: proteína. Se recomienda entonces suministrar

Cuadro 28-43. Suplementos nutricionales de alto contenido (AP) y de bajo contenido (BP) de proteína a base de torta de soya (TS), torta de algodón (TA) y harina de pescado (HP), para alimentación de cerdos.

Componente	Contenido proteínico (%) en programa de:							
	TS		TS + TA		TS + HP		TS + TA + HP	
	AP	BP	AP	BP	AP	BP	AP	BP
Ingredientes								
Torta de soya	87.20	46.00	67.60	32.80	48.10	22.50	28.70	9.20
Torta de algodón	—	—	22.00	15.00	—	—	22.70	15.00
Harina de pescado	—	—	—	—	25.00	15.00	25.00	15.00
Fosfato bicálcico	5.80	3.50	5.80	3.50	2.50	1.50	2.50	1.50
Carbonato de calcio	2.00	1.00	2.00	1.00	0.40	0.20	0.40	0.20
Sal común	10.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.00	1.50	1.00
Premezcla:								
Vitaminas y minerales	1.00	0.60	1.00	0.60	1.00	0.60	1.00	0.60
DL-metionina	0.20	0.13	0.11	0.10	0.07	0.02	—	—
Sorgo o maíz	2.30	47.80	—	46.00	21.50	59.20	18.90	57.50
Nutrientes calculados								
Proteína total	40.00	25.00	40.00	25.00	40.00	25.00	40.0	25.00
Metionina + cistina	1.38	0.89	1.38	0.89	1.38	0.89	1.38	0.89
Lisina	2.53	1.43	2.18	1.31	2.66	1.52	2.33	1.37
Calcio total	1.79	1.14	1.79	1.13	1.80	1.11	1.80	1.10
Fósforo disponible	1.22	0.90	1.22	0.90	1.22	0.88	1.23	0.87

FUENTE: Buitrago, 1990.

cantidades controladas de suplementos nutricionales que tengan un nivel de proteína ligeramente inferior al requerido; de este modo se mejora el equilibrio energía: proteína y se reduce de paso el costo de la alimentación de los cerdos.

Programa para cerdos en crecimiento y acabado

En todos los programas de alimentación que se proponen para estas dos fases de la producción porcina se supone que la yuca fresca se suministra a voluntad y se ofrece picada diariamente. Hay dos alternativas, en cambio, para el suministro del suplemento:

- suplemento con un contenido alto de proteína para consumo a voluntad o para consumo restringido;
- suplemento con un contenido bajo de proteína para consumo a voluntad o para consumo restringido.

En el Cuadro 28-44 se presenta el consumo ideal de yuca en cada alternativa y los requerimientos de suplemento para los cerdos en cuestión.

Cuadro 28-44. Consumo óptimo de yuca fresca y cantidad de suplemento (de alto o bajo contenido de proteína) requerida en la alimentación de cerdos en crecimiento y acabado, según el peso del animal.^a

Peso del cerdo (kg)	Cantidad (kg) consumida o requerida de:			
	YF	Supl., AP	YF	Supl., BP
20	3.0	0.55	2.2	0.88
30	3.5	0.60	2.8	0.96
40	4.4	0.65	3.5	1.04
50	5.2	0.70	4.0	1.12
60	6.0	0.75	4.5	1.20
70	6.6	0.82	5.0	1.32
80	7.2	0.90	5.4	1.44
90	7.8	0.97	5.8	1.56
100	8.0	1.05	6.2	1.68

a. YF = yuca fresca, Supl. = suplemento alimenticio, AP = alto contenido de proteína, BP = bajo contenido de proteína.

FUENTE: Buitrago, 1990.

Con suplemento de alto nivel proteínico.

Para preparar estas raciones, se recomienda uno de los suplementos incluidos en el

Cuadro 28-43, cuyo contenido de proteína es superior al 40%.

Cuando el suplemento se ofrece a voluntad, se debe colocar en un comedero aparte, ojalá de tolva, donde esté disponible para los animales en forma permanente. La yuca fresca se suministra en otros comederos, también al alcance de todos los animales. Para evitar desperdicios, las cantidades que se ofrezcan cada día se deben calcular según el consumo ideal para suplemento de alta proteína (Cuadro 28-44), aunque el consumo real es, aproximadamente, de 20% a 30% menor que el calculado.

Si el suplemento se ofrece en cantidad restringida, se puede mezclar con la yuca fresca o colocar en un comedero aparte (en la cantidad calculada). En este caso, el consumo real también es inferior al ideal (20% a 30% menor, aproximadamente).

Con suplemento de bajo nivel proteínico.

Como en el programa anterior, en éste la yuca se suministra fresca cada día a los animales, en comedero diferente del que se use para ofrecer el suplemento, si éste es para consumo a voluntad; cuando el suplemento es para consumo restringido, se puede mezclar con la yuca.

El suplemento de baja proteína (25%) se calcula según lo indicado en el Cuadro 28-44. Se indican también en el cuadro las cantidades ideales para el consumo de yuca a voluntad. En la práctica, este consumo de yuca es también inferior al ideal en un 20% a 30%, aproximadamente.

Programa para cerdas en lactancia

Estos programas se basan también en el consumo de yuca fresca a voluntad y en dos alternativas de oferta de suplementos:

- con alto contenido de proteína (40%), para consumo a voluntad o para consumo restringido;
- con bajo contenido de proteína (25%), para consumo a voluntad o para consumo restringido.

Con suplemento de alto nivel proteínico.

La yuca se suministra diariamente, en un

comedero para cada animal; el consumo ideal es aquí de 11 a 12 kg/día, pero en la práctica resulta, aproximadamente, de 30% a 40% más bajo.

El suplemento nutricional (Cuadro 28-43) se suministra en un comedero diferente del usado para la yuca cuando el consumo es a voluntad; si el consumo es restringido, el suplemento se puede mezclar con la yuca.

La cantidad de suplemento que se debe ofrecer diariamente para consumo restringido depende de la producción del animal:

- para cerdas de alta producción (camadas grandes): 1.4 a 1.6 kg
- para cerdas de baja producción (camadas pequeñas): 1.2 a 1.4 kg

Con suplemento de bajo nivel proteínico.

El consumo óptimo de yuca fresca por animal es de 9 a 10 kg diarios, aunque en la práctica resulta, aproximadamente, de 25% a 30% más bajo. El suplemento nutricional se suministra cada día en las siguientes cantidades, cuando el consumo es restringido:

- para cerdas de alta producción: 2.3 a 2.5 kg
- para cerdas de baja producción: 2.1 a 2.3 kg

Como en los casos anteriores, cuando el suplemento es de consumo restringido se puede mezclar con la yuca (cuando no se ofrece aparte). Cuando el suplemento es para consumo a voluntad, debe ofrecerse en comedero diferente del que se usa para ofrecer la yuca.

Programa para cerdas en gestación

En este caso se recomiendan únicamente programas de consumo restringido tanto de yuca como de suplemento.

Con suplemento de alto nivel proteínico.

Se debe ofrecer el suplemento (Cuadro 28-43) mezclado con la yuca fresca picada, diariamente y en las siguientes cantidades por animal:

- yuca fresca picada: 3.70 kg
- suplemento (40% de proteína): 0.53 kg

Con suplemento de bajo nivel proteínico.

Se debe ofrecer el suplemento (Cuadro 28-44)

mezclado con la yuca fresca picada, diariamente y en las siguientes cantidades:

- yuca fresca picada: 2.70 kg
- suplemento (25% de proteína): 0.84 kg

Alimentación de bovinos con yuca fresca

Las raíces frescas de yuca se pueden ofrecer a rumiantes en programas de alimentación similares a los que se mencionaron antes para monogástricos. En rumiantes, en cambio, el bajo nivel de energía de la yuca fresca no es tan limitativo porque pueden obtener fácilmente la cantidad requerida de energía consumiendo más yuca.

La yuca fresca se puede suministrar a los rumiantes en cualquiera de sus fases de producción; sin embargo, se prefiere ofrecerla en las de mayor demanda de nutrientes, como son la fase para vacas lactantes y la de novillos en ceba intensiva. Como en otros casos, la inclusión de las raíces de yuca en un programa de alimentación animal depende, en gran parte, de la disponibilidad de la yuca y de su costo respecto al de otros componentes de la ración.

Cuando se diseñan programas de alimentación para rumiantes se pueden presentar dos casos:

- preparar raciones únicas para animales que están en confinamiento total;
- preparar raciones complementarias para dietas mixtas de animales en pastoreo o alimentados con forrajes (gramíneas o leguminosas frescas, ensiladas o henificadas).

En el primer caso, la yuca se debe suplir junto con materias primas que cubran totalmente las deficiencias de aquella en proteína, vitaminas y minerales. El suplemento se prepara teniendo en cuenta los requerimientos totales diarios del animal y se puede ofrecer mezclado con las raíces de yuca o separado.

En muchos programas de alimentación mixtos para vacas de leche en pastoreo extensivo o intensivo se suele dar a los animales alimentación suplementaria (en canoas) a base

de forrajes de corte (como pasto elefante, sorgo forrajero, king grass, alfalfa, kudzú, y otros) o de ensilaje (maíz, sorgo), más cierta cantidad de concentrado; este último se dosifica según la producción de leche (p. ej., 1 kg de concentrado por 3 kg de leche).

Programa para ganado de leche

Dieta única para vacas en lactancia.

Para animales en estabulación completa, con poca o ninguna suplementación de forrajes, se puede aplicar el programa del Cuadro 28-45 que les corresponda. La yuca se debe suministrar al animal diariamente, fresca, picada y mezclada con el suplemento.

Las cantidades de yuca en el cuadro son sólo una guía para el cálculo porque en estos programas el consumo de yuca es a voluntad. El suplemento es de consumo restringido y debe tener 40% de proteína.

Alimentación mixta. Los programas de alimentación mixta que se presentan en los Cuadros 28-46 y 28-47, para vacas que tienen de 15 a 20 kg de producción diaria de leche, corresponden a los dos casos más frecuentes en la práctica:

- cuando el pastoreo aporta la mitad de los nutrientes que requiere el animal, mientras el pasto de corte (o el ensilaje) y la mezcla de yuca fresca y suplemento aportan, por partes iguales, la otra mitad (Cuadro 28-46);

Cuadro 28-45. Programa de alimentación a base de yuca fresca, para vacas lecheras en confinamiento y según el nivel de producción del animal.

Producción de leche (kg)	Cantidad diaria de alimento (kg) según la raza:			
	Razas grandes ^a		Razas pequeñas ^b	
	Yuca fresca	Suplemento	Yuca fresca	Suplemento
10	16.50	2.90	13.50	2.80
10 a 15	18.00	3.30	15.00	3.20
15 a 20	20.00	4.40	18.00	4.20
20	22.00	5.00	19.50	4.80

a. Por ejemplo, Holstein o Pardo Suizo.

b. Por ejemplo, Jersey.

FUENTE: Buitrago, 1990.

Cuadro 28-46. Programa de alimentación mixta, PM (pastoreo, pasto de corte, yuca fresca suplementada) para vacas de 15 a 20 kg de producción diaria de leche.

Componente	Cantidad diaria por ración (kg) según la raza: ^a					
	Raza grande			Raza pequeña		
	PM1	PM2	PM3	PM1	PM2	PM3
En PM de pastos de corte, yuca y otros						
Elefante tierno	15.00	5.00	—	10.00	5.00	—
Kudzú	2.00	2.00	—	2.00	2.00	—
Sorgo ensilado	—	10.00	17.00	—	5.00	14.00
Yuca fresca	5.80	5.20	3.50	6.00	5.30	3.70
Suplemento (40% de proteína)	1.80	1.30	1.50	1.70	1.60	1.65
En PM de pastoreo (aporte de nutrientes)						
Proteína	1.01	1.01	1.01	0.94	0.94	0.94
NDT	5.15	5.15	5.15	4.60	4.60	4.60

a. Grandes, como Holstein o Pardo Suizo; pequeñas, como Jersey. NDT = nutrientes digestibles totales.

FUENTE: Buitrago, 1990.

Cuadro 28-47. Programa de alimentación mixta (pastoreo y yuca fresca suplementada) para vacas de 15 a 20 kg de producción diaria de leche.

Tamaño del animal ^a	Aporte diario, por animal, del pastoreo:			Ración ofrecida	
	Aporte ^b proporcional (kg)	En proteína (%)	En NDT (kg)	Yuca fresca (kg)	Suplemento ^c (kg)
Raza grande	25	0.50	2.57	16.50	3.40
	50	1.01	5.16	12.00	2.20
	75	1.51	7.74	5.60	1.10
Raza pequeña	25	0.48	2.28	13.50	3.15
	50	0.95	4.57	9.00	2.22
	75	1.43	6.86	4.50	1.14

a. Grandes, como Holstein o Pardo Suizo; pequeñas, como Jersey.

b. Indica que el pastoreo aporta 25%, 50% ó 75% de los nutrientes que requiere el programa de alimentación. NDT = nutrientes digestibles totales.

c. Tiene 40% de proteína.

FUENTE: Buitrago, 1990.

- cuando el programa incluye sólo pastoreo y yuca fresca suplementada (Cuadro 28-47).

Programa para ganado de carne

La yuca se suministra a estos rumiantes diariamente, fresca y picada, y mezclada con un suplemento nutricional de alto nivel de proteína; éste es de consumo restringido, pero la yuca es de consumo a voluntad.

Dieta única. Para novillos en levante y ceba, los datos del Cuadro 28-48 sirven como guía

general para calcular las cantidades de yuca y de concentrado que se deben suministrar diariamente a cada animal en estabulación.

Alimentación mixta. Cuando se ofrece yuca fresca a animales en pastoreo en un programa de alimentación mixta, se presentan dos casos:

- un programa basado sólo en pastoreo y yuca fresca (Cuadro 28-49);
- un programa basado en pastoreo, pasto de corte y yuca fresca (Cuadro 28-50).

Cuadro 28-48. Consumo diario de yuca fresca y de suplemento con alto contenido (40%) de proteína por el ganado de carne al que se suministra yuca a voluntad y suplemento restringido.

Fase de producción ^a	Aumento de peso por día (kg)	Consumo (kg/día) por animal de:	
		Yuca fresca	Suplemento
Novillo de levante	0.60	8.50	1.10
	0.80	12.00	1.35
Novillo en ceba	0.80	16.00	1.50
	1.00	20.00	1.80

a. Levante: 200-300 kg de peso; ceba: 350-450 kg de peso.

FUENTE: Buitrago, 1990

Programas para otras especies animales

Varios investigadores, algunos relacionados con CLAYUCA, estudian actualmente el uso de productos y subproductos derivados de la yuca para alimentar otras especies animales, como los peces y los camarones. En Ecuador, por ejemplo, se ofrecen, a camarones mantenidos en criaderos, gránulos (pellets) de concentrado que contienen almidón de yuca puro (2.5%-5%), harina de yuca (5%-10%) y subproductos de la obtención del almidón hasta un 25% (CIAT, 1988).

Cuadro 28-49. Programa mixto de alimentación (pastoreo y yuca fresca) para novillos en las fases de levante y ceba.

Fase del novillo	Aumento de peso (kg/día)	Aporte diario proporcional por animal del pastoreo			Ración ofrecida	
		En nutrientes (%)	En proteína (%)	En NDT (%)	Yuca (kg)	Suplemento ^a (kg)
Levante	0.6 a 0.8	25	0.15	0.90	9.00	1.00
		50	0.30	1.80	6.00	0.67
		75	0.47	2.70	3.00	0.34
Ceba	0.8 a 1.0	25	0.23	1.87	13.50	1.60
		50	0.47	3.70	9.30	1.10
		75	0.71	5.50	5.00	0.52

a. Con 40% de proteína.

Cuadro 28-50. Programas de alimentación mixta, PM (pastoreo, pasto de corte, yuca fresca) para novillos de levante y de ceba.

Componente	Cantidad diaria (kg/animal) según APD ^a de:					
	0.6 a 0.8, en:			0.8 a 1.0, en:		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
En PM de pastos de corte, yuca fresca y otros						
Elefante tierno	8	10	—	12	15	—
Kudzú	2	—	—	2	—	—
Sorgo ensilado	—	—	10	—	—	15
Yuca fresca	2.50	3.00	0.80	6.80	7.80	4.50
Suplemento (40% de proteína)	0.30	0.40	0.17	0.52	0.61	0.31
En PM de pastoreo (aporte de nutrientes)	0.30	0.30	0.30	0.47	0.47	0.47
NDT	1.80	1.80	1.80	3.70	3.70	3.70

a. APD = aumento de peso diario, en kg/animal; R = ración.

FUENTE: Buitrago, 1990.

El lector interesado puede consultar sobre este tema al especialista en producción animal, Carlos Espejo González, M.V.Z., M.Sc., quien es además experto en acuicultura. Actualmente es asesor de la Asociación Americana de Soya (ASA) para Colombia. Su correo electrónico (e-mail) es: cespejo85@hotmail.com.

CLAYUCA continúa investigando todas las opciones de alimentación de las especies animales desarrolladas en la región latinoamericana y del Caribe con fines comerciales o de subsistencia. Para mayor información, basta ponerse en contacto con sus ingenieros e investigadores mediante su página en la Red (<http://www.clayuca.org>).

Ensilaje de Raíces de Yuca para Alimentación Animal

La yuca ensilada se puede incluir en raciones para animales siguiendo métodos similares a los que se emplearon para la yuca fresca. El ensilaje de yuca tiene un alto contenido de humedad y un bajo nivel de energía; por tanto, se usa principalmente en la alimentación de rumiantes. Se ofrece también a cerdos, aunque en menor grado, y considerando las limitaciones impuestas por las diferentes fases de producción porcina; por tanto, este ensilaje se daría, en orden descendente, a hembras gestantes, cerdos en acabado, hembras en lactancia y cerdos en crecimiento. No debe darse a lechones antes del destete ni incluirse en dietas de preiniciación. No es posible alimentar aves con ensilaje de yuca, excepto cuando se suministre deshidratado y convertido en harina.

Todos los cálculos y datos de las siguientes páginas se refieren al ensilaje de raíces completas que tienen 45% de M.S.

Ensilaje y suplementos requeridos

Como se hace con la yuca fresca, el ensilaje de yuca se puede ofrecer mezclado con los demás componentes de la dieta o separado de ellos. En ambas formas, el ensilaje debe darse diariamente y usarse sin demora después de extraído del silo para evitar su deterioro. Es aconsejable abrir el silo una vez al día para sacar la cantidad de ensilaje que se usará ese día; inmediatamente después se cierra el silo de nuevo.

La diferencia principal entre la composición nutricional del ensilaje de yuca y la de las raíces frescas está en el contenido de humedad, que es más variable en el ensilaje. Cuanto mayor sea la duración del proceso de ensilaje, menor será la humedad del producto y mayor, por tanto, la energía que concentre.

Manejo

Las limitaciones del ensilaje son, en general, de dos tipos: nutricionales, como su bajo nivel de energía, su alto contenido de agua y su poca palatabilidad; y de manejo, como la mezcla correcta del ensilaje con otros ingredientes de la ración, el tipo de comedero en que se ofrece, la humedad del entorno y otros.

Cuando se elabora un suplemento nutricional para las raíces ensiladas, se emplea el mismo tipo de productos usados para suplementar las raíces frescas. La única diferencia importante es que, cuando se suministra ensilaje mezclado con el suplemento, se incluye en menor cantidad en la ración ya que su contenido de agua es menor que el de las raíces frescas. Es necesario, por ello, conocer la edad del ensilaje cuando se hacen los cálculos.

Un suplemento nutricional contiene, principalmente, proteínas, vitaminas y minerales y, en algunos casos, una o varias fuentes de energía, especialmente cuando su costo permite incluir mayor concentración de energía en la ración. Para hacer con él un aporte correcto de nutrientes es necesario aproximarse, hasta donde sea posible, a los requerimientos del animal en la fase de producción en que se encuentre. Para lograrlo, la metodología recomendada antes para el uso de la yuca fresca puede aplicarse al ensilaje.

Limitantes del ensilaje destinado a porcinos

Las limitaciones de ensilaje de yuca restringen su uso en las fases iniciales de producción porcina y, especialmente, durante la preiniciación y la iniciación del cerdo. Se limita también su uso por parte de las hembras lactantes cuando los lechones tienen acceso a los comederos de las madres.

El contenido normal de agua del ensilaje de yuca (55% a 60%), aunque menor que el de las

raíces frescas, es aún demasiado alto para los lechones y, en cierto modo, también para las cerdas en lactancia. Además, en estas dos fases de la producción, el cerdo es más susceptible a los problemas ocasionados por la mala fermentación de la yuca o a factores que afecten la palatabilidad de la ración, especialmente un nivel alto de compuestos cianogénicos (generadores de ácido cianhídrico) o la mala calidad de la yuca. Por fortuna, hay menos cianogénicos en el ensilaje que en la yuca fresca.

Los programas de alimentación considerados en esta sección serán, por tanto, los destinados a cerdos en crecimiento (más de 20 kg de peso), a cerdos en engorde o acabado y a hembras en gestación.

Programas para porcinos

El ensilaje de yuca tiene varias ventajas para la alimentación de cerdos en crecimiento y engorde, cuando se suplementa con proteína, vitaminas, minerales y una fuente de energía; puede usarse para el efecto cualquiera de los sistemas antes estudiados.

Es importante controlar el suministro del suplemento para evitar un consumo excesivo y un sobre costo innecesario de la ración. Para lograrlo, el sistema más ventajoso es el suministro del ensilaje a voluntad y el del suplemento nutricional en cantidades controladas diariamente, aunque venga con una fuente adicional de energía. El animal debe consumir la cantidad mínima requerida de esos nutrientes y la máxima de la fuente energética, que en este caso es primordialmente el ensilaje de yuca.

Se pueden usar suplementos con alto contenido de proteína como se indicó para las raíces frescas, cambiando solamente la cantidad de yuca fresca por la de ensilaje (que será menor porque contiene menos humedad). Igualmente, se usan suplementos con menor concentración de proteína (25%) y mayor nivel de energía.

En los programas de alimentación que se sugieren a continuación se suministra el ensilaje de yuca para consumo a voluntad y se presentan alternativas para los suplementos, tanto para niveles altos y bajos de proteína como para consumos a voluntad y restringido. Asimismo, el

suplemento se puede suministrar separado o en mezcla con el ensilaje.

Cerdos en crecimiento y acabado

Dado un consumo a voluntad de la yuca ensilada, pueden usarse suplementos con alto o bajo contenido de proteína; este último necesita una fuente adicional de energía. El consumo es a voluntad o restringido.

Una guía para evitar el desperdicio del ensilaje suministrado a voluntad es el cálculo de los consumos óptimos deseables que presenta el Cuadro 28-51. Sin embargo, en la práctica el consumo de ensilaje puede ser de 20% a 30% inferior al indicado.

Cuadro 28-51. Consumos óptimos^a de ensilaje de yuca y cantidad de suplemento que se recomiendan para cerdos en crecimiento y acabado, según el peso del cerdo y para dos alternativas, alta y baja, de contenido de proteína del suplemento.

Peso del cerdo (kg)	Cantidad ofrecida para consumo (kg/ración) de:			
	Ensilaje	SAP ^b	Ensilaje	SBP ^b
20	2.3	0.50	1.8	0.84
30	2.7	0.55	2.2	0.92
40	3.4	0.58	2.7	0.98
50	4.0	0.60	3.1	1.06
60	4.7	0.63	3.5	1.14
70	5.1	0.70	3.9	1.25
80	5.6	0.75	4.2	1.36
90	6.1	0.81	4.5	1.48
100	6.2	0.90	4.8	1.58

- a. En la práctica, el consumo real de ensilaje resulta de 20% a 30% inferior al ideal cuando se ofrecen suplementos de alta proteína y, aproximadamente, de 10%-20% inferior cuando se dan suplementos de baja proteína.
- b. SAP = suplemento de alta proteína, 40%; SBP = suplemento de baja proteína, 25%.

FUENTE: Buitrago, 1990.

Con suplemento de alto nivel proteínico.

A los cerdos en crecimiento y acabado se les puede dar uno de los suplementos nutricionales incluidos en el Cuadro 28-43, así:

- Si es para consumo a voluntad, se ofrece en un comedero diferente al del ensilaje y en forma permanente.

- Si es para consumo restringido, se puede ofrecer mezclado con el ensilaje; debe haber amplio acceso al alimento para todos los animales, y el cálculo de las cantidades se puede basar en los datos del Cuadro 28-51.

Con suplemento de bajo nivel proteínico.

Como en el caso anterior, el ensilaje se ofrece diariamente en comederos para consumo a voluntad de todos los animales, en cantidades que se calculan como se indicó antes.

El suplemento nutricional recomendado para este caso (Cuadro 28-51) se puede ofrecer así:

- Si es para consumo a voluntad, se ofrece en un comedero diferente al usado para el ensilaje, donde el producto esté disponible en forma permanente.
- Si es para consumo restringido, se puede mezclar con el ensilaje; todos los animales deben tener amplio acceso al alimento.

Cerdas en lactancia

Dado un consumo a voluntad del ensilaje de yuca, se consideran aquí dos alternativas de calidad del suplemento.

Con suplemento de alto nivel proteínico.

El ensilaje se suministra diariamente a cada animal en un comedero individual. El consumo óptimo debe ser de 8.5 a 10 kg por cerda, aunque en la práctica resulta de 30% a 40% inferior a ese rango.

Se debe dar uno de los suplementos nutricionales que presenta el Cuadro 28-43, así:

- si es para consumo a voluntad, en un comedero diferente del que se usa para ofrecer el ensilaje y que esté disponible permanentemente;
- si es para consumo restringido, se puede suministrar a la cerda mezclado con el ensilaje en las cantidades que se indican a continuación:
 - para cerdas de alta producción (camadas grandes): 1.4 a 1.6 kg/día
 - para cerdas de baja producción (camadas pequeñas): 1.2 a 1.4 kg/día

Con suplemento de bajo nivel proteínico.

El ensilaje de yuca se suministra diariamente a cada animal en un comedero individual. El consumo óptimo es aquí de 8 a 9 kg diarios por cerda, aunque en la práctica es de 25% a 30% menor que ese valor. El suplemento nutricional se suministra así:

- si es para consumo a voluntad, en un comedero diferente del que se usa para el ensilaje y que esté disponible permanentemente;
- si es para consumo restringido, se puede ofrecer mezclado con el ensilaje en las cantidades que se indican a continuación:
 - para cerdas de alta producción (camadas grandes): 2.3 a 2.5 kg/día
 - para cerdas de baja producción (camadas pequeñas): 2.1 a 2.3 kg/día

Cerdas en gestación

El ensilaje de raíces de yuca y el suplemento nutricional se ofrecen a estas cerdas en forma restringida. El suplemento puede tener mucha o poca proteína:

Con suplemento de alto nivel proteínico.

Cada cerda debe recibir diariamente el ensilaje y el suplemento nutricional (Cuadro 28-42) en un solo comedero, en las siguientes cantidades:

- Ensilaje: 3.0 kg
- Suplemento (40% de proteína): 0.5 kg

Con suplemento de bajo nivel proteínico.

El ensilaje y el suplemento (Cuadro 28-43) se suministran diariamente al animal en un solo comedero, en las siguientes cantidades:

- Ensilaje: 2.70 kg
- Suplemento (25% de proteína): 0.84 kg

Programas para bovinos

Los rumiantes, especialmente los bovinos, pueden usar ampliamente el ensilaje de raíces de yuca, siempre y cuando sus costos de producción permitan incorporarlo como un componente mayor de la ración. Los siguientes ejemplos hacen referencia a las alternativas más

frecuentes de programas de alimentación con dicho ensilaje:

- Programas para animales en confinamiento total; en ellos, el ensilaje de yuca es el componente energético principal y se suplementa con una cantidad fija de proteína y de minerales.
- Programas en que el ensilaje es complemento solamente para otro tipo de forrajes, especialmente el del pastoreo, el de los pastos de corte frescos, el henificado o el ensilado.

Ganado de leche

Se suministra ensilaje de yuca a voluntad y se hace un uso restringido de un suplemento de alto nivel de proteína, tanto en el programa de dieta única como en el de dieta mixta.

Dieta única. A los animales en estabulación completa que no reciben otros forrajes, se les suministra ensilaje de yuca a voluntad mezclado con el suplemento nutricional.

Alimentación mixta. El ensilaje de yuca se aprovecha como complemento del pastoreo.

Ganado de carne

Tanto en la dieta única a base de ensilaje como en las dietas mixtas, los programas propuestos aquí ofrecen el ensilaje a voluntad y el suplemento en forma restringida.

Dieta única. A los novillos en levante (200 a 300 kg) y en ceba (350 a 450 kg) se les suministra diariamente ensilaje de yuca mezclado con el suplemento nutricional.

Follaje Fresco de Yuca en la Alimentación Animal

El follaje (o parte aérea) de la planta de yuca se puede utilizar muchas veces como alimento para animales, especialmente rumiantes y herbívoros no rumiantes. Se caracteriza por un alto nivel de proteína y de fibra, dos factores de gran importancia cuando se definen la especie animal que puede utilizar este producto y el programa de alimentación que se diseña para ella.

El follaje recién cosechado presenta un contenido de humedad alto, que afecta negativamente la concentración de nutrientes esenciales y limita su uso por los rumiantes y otros animales herbívoros. Sin embargo, una vez deshidratado (harina de follaje), este producto se puede suministrar también, aunque en menor cantidad (menos del 10%), a animales monogástricos.

Hay variedades de yuca y sistemas de producción (p. ej., plantar con mayor densidad) que permiten aumentar el rendimiento de follaje de la planta de yuca. Si el cultivo se destina a la producción convencional de raíces, no se deben hacer cortes de follaje antes de 4 ó 5 meses de edad de las plantas porque éstos afectarían severamente su desarrollo. Por otra parte, la poda de la parte aérea de las plantas pocos días antes de la cosecha de las raíces mejora la resistencia de éstas al deterioro fisiológico, aunque reduce un poco su contenido de almidón y la calidad de su textura.

Valor nutricional y condiciones de uso

En la alimentación animal, la parte aérea o follaje de la yuca consta principalmente de hojas, pecíolos y tallos menores o ramas.

La calidad nutricional del follaje depende, como en la raíz, de factores del suelo, de la edad de la planta, de la variedad y de otros. Hay un factor que influye directamente en la calidad final del follaje: la relación proporcional entre hojas y tallos, la cual cambia con la edad de la planta.

A mayor cantidad de hojas en el follaje, mejor es su calidad nutricional, ya que los contenidos de proteína y de fibra de las hojas son de 25% y 9%, respectivamente, mientras que los de los tallos y pecíolos son de 11% y 25%, respectivamente.

La relación hojas:tallos es menor en las plantas adultas, las cuales presentan, por ello, mayor nivel de fibra y menor contenido de proteína; también se observa en ellas un aumento de M.S. El resultado final de estos cambios es una disminución del valor nutricional del follaje, ya sea de su totalidad o de las hojas solamente.

Se recomienda, en la alimentación de rumiantes, el follaje que contiene hojas, pecíolos y tallos verdes (partes tiernas de las ramas), evitando los tallos principales y las partes leñosas. El follaje constituido por hojas y tallos tiernos arroja un producto cuyo nivel de fibra es bajo y casi siempre inferior al de la mayoría de las leguminosas y al del follaje de otras especies tropicales.

Contenido de nutrientes

Un follaje de buena calidad debe contener (en base seca) los nutrientes principales dentro de los siguientes rangos:

Nutriente	Rango (%)
Proteína	18 a 22
Fibra cruda	15 a 20
Extracto etéreo	4 a 6
Cenizas	8 a 12
Extracto no nitrogenado	40 a 50

Un follaje con estos contenidos es un producto de excelente calidad para la alimentación de rumiantes, comparable con la mayoría de las leguminosas forrajeras que se ofrecen a bovinos de leche y carne.

El nivel de lisina del follaje de yuca es alto (7.2 g por 100 g de proteína), a diferencia de lo que ocurre en las raíces. La lisina sirve para balancear raciones que contienen granos y otros productos pobres en ese aminoácido. En cambio, el contenido de metionina, otro aminoácido, es deficiente (1.7 g por 100 g de proteína) para el requerimiento nutricional de los rumiantes. La concentración de los demás aminoácidos esenciales es, en general, igual en el follaje de yuca (o mayor) que en las leguminosas, a excepción de la arginina y la leucina.

El principal componente energético del follaje es el almidón. Las hojas tienen un nivel relativamente alto de extracto etéreo (5% a 7%, en base seca) que aporta energía y, además, una cantidad importante de ácidos grasos esenciales, xantofilas y pigmentos. Respecto a los minerales, la contribución más importante del follaje fresco está en el calcio y en el fósforo.

Los oligoelementos (vitaminas, minerales menores y pigmentantes) se concentran más en el follaje deshidratado, que adquiere así una

mayor posibilidad de figurar en las raciones de los monogástricos.

Toxicidad por ácido cianhídrico

El nivel de glucósidos cianogénicos del follaje de yuca depende de la variedad de la yuca, como ocurre en las raíces. Tanto los glucósidos como la enzima linamarasa tienen diferentes concentraciones según la parte del follaje que se considere.

La deshidratación del follaje por acción del sol no disminuye mucho su contenido de cianógenos y su potencial de producción de HCN. De acuerdo con Devendra (1977), la linamarasa no actúa plenamente en las hojas y ramas completas porque no hay destrucción mecánica de esos tejidos, a diferencia de lo que ocurre en las raíces picadas o molidas para la operación de secado; ahora bien, si se pica finamente el follaje, la enzima actúa más y libera ácido cianhídrico (como ocurre con las raíces picadas).

La enzima se inactiva también cuando la deshidratación se logra con temperaturas altas; en consecuencia, es menor la hidrólisis de los glucósidos cianogénicos que liberan el ácido cianhídrico.

Cultivos de yuca para producción de follaje

Cuando el productor considera el cultivo de yuca desde el ángulo de la alimentación animal, tiene dos alternativas: dirigir la producción hacia un alto rendimiento de raíces u orientarla hacia un alto rendimiento de follaje (hojas y tallos).

Actualmente se prefiere la producción de raíces y se buscan variedades y técnicas de cultivo que garanticen una gran producción de almidón y de carbohidratos en la raíz, que son fuente de energía para la alimentación de animales monogástricos. La producción de la parte aérea tiene, en este caso, una importancia secundaria y no puede limitar la calidad y el rendimiento de las raíces. Cuando el cultivo se especializa en la producción de follaje, el alto contenido de fibra y de proteína que se puede obtener de éste es importante en un programa de alimentación de rumiantes.

La variedad de yuca y los sistemas de cultivo son diferentes según el plan de producción que

se elija. Es posible obtener follaje de excelente calidad para la alimentación de rumiantes si se plantan variedades seleccionadas para ese propósito, con mayor densidad de siembra, con fertilización adecuada, con cortes hechos en edades bien definidas, y con sistemas racionales de procesamiento. El rendimiento y las características nutricionales de un follaje de este tipo le permiten competir con las leguminosas y con el follaje de especies semejantes.

La información sobre variedades y sistemas de producción para la producción de follaje es suministrada periódicamente por los técnicos de CLAYUCA; se han mencionado, por ejemplo, densidades de siembra desde 40,000 hasta 112,000 plantas/ha. Hay acuerdo, sin embargo, en que el primer corte no debe hacerse antes de 3 meses. El rendimiento de M.S. del follaje depende de la variedad, de la fertilización y del sistema de cultivo. En la mayoría de los informes se citan rendimientos de 15 a 30 t/ha por año, con intervalos de 3 meses entre cortes.

Progamas para bovinos

Los sistemas de producción bovina estabulada (o semiintensiva) tienen un gran potencial para aprovechar el follaje de la yuca como alimento animal. En ese sistema, el animal consume normalmente un suplemento alimenticio de buena calidad a base de granos, leguminosas, subproductos agrícolas o pastos de corte; el follaje de yuca se puede usar aquí como un componente principal o secundario de la ración, teniendo en cuenta su análisis nutricional respectivo y el costo de producirlo.

En el primer caso (componente **principal**), el contenido de cianógenos (ácido cianhídrico liberado) de la variedad de yuca no debe representar ningún peligro potencial para los animales. Se ofrece, por tanto, el follaje de 12 a 24 horas después de haber sido cosechado para que se elimine entretanto la mayor parte del compuesto tóxico. Se elabora entonces un programa de alimentación que incluya un alto porcentaje de follaje; estos planes funcionan mejor en etapas del proceso de producción de mayor exigencia nutricional, como las vacas en alta producción de leche, los novillos en ceba intensiva y los terneros en crecimiento.

En el segundo caso (componente **secundario**), los animales reciben una cantidad

elevada de granos (p. ej., las vacas de alta producción de leche); por tanto, es difícil que consuman suficiente follaje de yuca para obtener la energía que derivan de la ración a base de granos.

Harina de follaje de yuca

El proceso de deshidratación del follaje de yuca tiene tres objetivos principales: eliminar la humedad, disminuir la concentración de ácido cianhídrico y facilitar la incorporación del producto final en raciones balanceadas.

El contenido de humedad del follaje fresco fluctúa entre 70% y 80%, y depende principalmente de la edad del corte: es mayor cuando el follaje es más tierno. La deshidratación concentra más los nutrientes y permite, por ello, incluir el producto en raciones para aves y cerdos. El follaje deshidratado puede usarse también en la preparación de concentrados completos para rumiantes, especialmente en las fases de mayor exigencia nutricional: vacas en lactancia, terneros lactantes y en crecimiento, novillos en ceba intensiva.

Valor nutricional

El follaje fresco varía mucho en calidad nutricional y esa variación se refleja en la harina de follaje. Influye también en la calidad de la harina el sistema de producción de yuca (para raíces o para follaje) y la constitución del follaje (mayor cantidad de hojas y tallos tiernos, ver Cuadro 28-5). Un buen follaje dará harina con bajo nivel de fibra y mayor contenido de proteína, carbohidratos, vitaminas, extracto etéreo y xantofilas; si además había un alto porcentaje de hojas, su composición nutricional tendrá, en promedio, los siguientes valores:

Componente	Valor
Humedad (%)	10.00
E. metabolizable, en aves (Mcal/kg)	1.25
E. digestible, en cerdos (Mcal/kg)	1.45
E. digestible, en rumiantes (Mcal/kg)	2.70
Fibra (%)	18.50
NDT ^a , en rumiantes (%)	65.00
Proteína (%)	20.00
Metionina + cistina (%)	0.52
Lisina (%)	1.40
Calcio (%)	1.20
Fósforo (%)	0.30

a. NDT = nutrientes digestibles totales.

Se hace énfasis en las vitaminas, los minerales, los aminoácidos y los pigmentantes (xantofilas), cuya importancia relativa es considerable cuando se ofrece la harina deshidratada a animales monogástricos. Para éstos, la harina de follaje de yuca no debe ser más del 10% al 15% de la ración porque un porcentaje mayor daría alto contenido de fibra y baja palatabilidad. Ese porcentaje de harina presenta, generalmente, variaciones mínimas en los nutrientes menores (vitaminas, trazas de minerales) de las raciones que no llevan harina.

Cuando se agrega un nivel bajo de harina de follaje en la dieta, conviene destacar su alto contenido de lisina (7.2 g/100 g de proteína cruda) y su bajo nivel de metionina (1.7 g/100 g de proteína cruda) antes mencionados.

En programas para aves de postura y pollos de engorde, es muy importante considerar las xantofilas pigmentante y la vitamina A que contiene la harina de follaje adecuadamente procesada. Por cada kilogramo de M.S. de follaje bien procesado hay alrededor de 600 mg de xantofilas pigmentantes (Agudu, 1972) y más de 1,000,000 de UI de vitamina A (Montaldo, 1977). Estos valores garantizan una excelente pigmentación de la yema del huevo cuando las raciones de las ponedoras tienen 2% de harina de follaje.

El follaje deshidratado contiene, generalmente, cerca de 200 ppm de cianuros; no ofrece, por tanto, peligro de toxicidad para aves y cerdos, aunque a veces afecta la palatabilidad de la ración.

Producción

Los métodos para deshidratar y procesar el follaje de yuca son semejantes a los que se emplean para producir harina de alfalfa o de otros forrajes de similares características.

Hay numerosos sistemas industriales de deshidratación, que varían según el volumen del producto que se seca y la fuente de energía para secarlo. Lo importante es controlar la temperatura y la duración del proceso, ya que las temperaturas muy elevadas destruyen algunos nutrientes (especialmente, aminoácidos y vitaminas) o reducen su disponibilidad; además, pueden afectar la eliminación eficiente del ácido cianhídrico.

La temperatura alta afecta también seriamente la lisina, porque intensifica la reacción Maillard que reduce la disponibilidad de ese nutriente en el proceso digestivo. Cuando el proceso de deshidratación va acompañado por la peletización, hay que utilizar vapor de agua para no activar la reacción Maillard evitando así que se destruya en parte la proteína.

El follaje de yuca puede deshidratarse también fácilmente por medio de la energía solar: unas pocas horas de exposición dan un secamiento perfecto sin afectar la disponibilidad de la lisina ni la de otros nutrientes mayores. No obstante, si se prolonga demasiado, puede afectar el contenido de caroteno del follaje.

La harina de follaje entra en programas de alimentación como mezcla concentrada completa que facilita el manejo y la conservación del producto final. El follaje seco y molido se mezcla con las materias primas restantes y produce un alimento balanceado según los requerimientos de la especie animal.

El concentrado final se produce en forma de harina o peletizado. Este último es más útil para especies monogástricas porque permite concentrar los nutrientes por unidad de volumen, dado que hay mucha fibra y un nivel intermedio de energía en la harina de follaje.

Alimentación de rumiantes y monogástricos

Cualquier especie animal puede alimentarse con harina de follaje sin que su rendimiento se modifique; lo que varía es la cantidad de la harina por ración. En los rumiantes se usan cantidades altas de follaje, fresco o deshidratado, y en las especies monogástricas solamente niveles bajos.

En los programas de alimentación para rumiantes se ofrece la harina de follaje en las fases de lactancia, levante y ceba intensiva. En los programas para monogástricos se suministran porcentajes menores de dicha harina a las aves de postura, a las pollas en levante y a las cerdas en gestación y en lactancia. No se recomienda esta harina en otras fases de la producción pecuaria.

Proteína de las hojas de yuca

El follaje de yuca puede procesarse para producir proteína foliar con destino a la alimentación de monogástricos. Existen en las hojas dos fracciones proteínicas de mucha importancia: la cloroplasmática o fracción verde y la citoplasmática o fracción blanca. Algunos sistemas de procesamiento separan, en la fracción cloroplasmática, la clorofila y los carotenos, y logran fijar, en la fracción citoplasmática, las proteínas de mayor valor biológico.

Esta información está aún a nivel experimental, aunque ya existen procesos comerciales para la producción de esta proteína foliar a gran escala. El más elemental extrae el jugo de las hojas sometiéndolas a molienda, y lo calienta para que coagulen las proteínas. Otro sistema, ya probado comercialmente, es una modificación del método conocido como Proceso Pro-Xan.

Sólo la proteína verdadera puede coagularse durante uno de los pasos del proceso; por tanto, no se recuperan otros componentes nutricionales esenciales, como los aminoácidos libres. Estos representan más del 60% del nitrógeno no proteico presente en las hojas de yuca, pérdida que representa una limitación del proceso.

Subproductos de la Yuca en la Alimentación Animal

La yuca es un producto agrícola estrechamente ligado a la cultura y a la tradición de la mayoría de las regiones del trópico y ha propiciado, por tanto, la aparición de muchos métodos para utilizarla y procesarla. Una parte de la yuca cosechada se procesa para obtener productos alimenticios y otra, de calidad inferior, para fines industriales.

La yuca puede procesarse mediante métodos rudimentarios como los aplicados en la producción de almidón, o con procedimientos más complejos como los que obtienen alcohol, dextrosa, ácido cítrico y otros compuestos orgánicos. En todos estos procesos se obtienen cantidades importantes de subproductos, que pueden servir como alimento para los animales a

pesar de las variaciones en calidad que presentan. No es posible, por tanto, extender una recomendación sobre su uso.

En esta sección se presentan programas de alimentación elaborados con los subproductos más importantes de la yuca, como la corteza o cáscara de la raíz y los que deja la fabricación del almidón.

Corteza de la raíz

La corteza es un subproducto de importancia especial por su fácil disponibilidad y por su composición. Constituye cerca del 20% del peso total de la raíz fresca, tanto de la destinada al consumo humano como de la industrial, y su calidad es bastante uniforme porque los métodos actuales de descortezamiento de la raíz dan un producto homogéneo.

La corteza de la yuca contiene bastante almidón y un nivel moderado de fibra si la comparamos con la corteza de otras especies cultivadas. La información disponible da a la corteza de la yuca valores de energía digestible superiores a 2000 kcal/kg, en base seca. La fibra cruda que contiene es inferior a 3% en base fresca y a 15% en base seca. Por consiguiente, pueden incluirse pequeñas cantidades de este subproducto en las raciones de las ponedoras, de los cerdos de engorde y, naturalmente, de los rumiantes.

En los tejidos más superficiales de la raíz, y especialmente en la corteza, se concentran más los compuestos cianógenos (y el ácido cianhídrico libre). Este factor negativo exige sumo cuidado cuando la variedad de yuca tiene un alto contenido de glucósidos cianogénicos y cuando se incluye un porcentaje alto de cáscara en la ración.

La información disponible presenta dos alternativas de uso de la corteza de la yuca en la alimentación animal:

- la primera consiste en usar el producto deshidratado (harina) en niveles máximos para aves ponedoras y cerdos de engorde;
- la segunda recomienda el uso del producto fresco como suplemento para ganado de leche o en ceba intensiva.

Subproductos del almidón

Estos subproductos presentan una gran variación en la concentración de sus componentes nutricionales. El factor que más incide en la diferencia de calidad que presentan, especialmente entre una región y otra, es el sistema de procesamiento del almidón. En los más rudimentarios, generalmente, se obtienen subproductos de mejor calidad como resultado de su menor eficiencia en la extracción de almidón.

Otro factor que influye en la calidad final del subproducto es el volumen grande de agua que se utiliza en el proceso y que eleva mucho el porcentaje de agua retenido en el subproducto resultante. Es obvio que a mayor contenido de humedad, menor será la concentración de almidón y de otros nutrientes en el subproducto.

Dos subproductos del almidón despiertan interés como materia prima para la alimentación animal: el bagazo (ripió o pulpa) y la 'cachaza' o 'mancha'.

- El **bagazo** representa entre el 10% y el 20% del peso de las raíces de yuca utilizadas para la producción del almidón; es, por tanto, una cantidad importante. El nivel de fibra del bagazo es alto (10% a 12%) pero contiene una cantidad considerable de almidón (hasta 60%). Por otra parte, su nivel de glucósidos cianogénicos es mínimo, ya que los procesos de extracción y lavado los eliminan casi totalmente.
- La cachaza o **mancha** es la fracción del procesamiento en que se recuperan las impurezas del almidón y el material sobrenadante generado en el proceso. Aunque su volumen es mínimo, su calidad nutricional es excelente porque la mayoría de sus componentes sólidos son almidón.

El sobrenadante es una solución con un alto contenido (más del 90%) de agua. Una vez deshidratado, queda constituido casi en su totalidad por almidón (más de 90%) y en una mínima parte (menos de 1%) por fibra.

Fermentación microbiana

No ha sido posible desarrollar métodos comerciales eficientes para producir yuca enriquecida con proteína unicelular, aunque

experimentalmente se han evaluado sistemas cuyo potencial será importante en el futuro.

Hay métodos elementales y también sistemas de tecnología compleja y con altos costos de producción. El principio de producción de proteína es el uso de la raíz de yuca como sustrato para el desarrollo de organismos unicelulares, los cuales convierten parte de los almidones del sustrato en proteína microbiana.

La elaboración tradicional de productos para consumo humano, como el **gari** o la **farinha** africanos, se funda en procesos de fermentación que emplean bacterias (*Corynebacterium manihot*) o levaduras (*Geotrichum candidum*). En estos casos, la síntesis neta de proteína es muy pequeña porque no se utilizan nitrógeno suplementario ni otros micronutrientes necesarios para que se produzca más proteína.

Para obtener productos cuyo nivel final de proteína microbiana sea alto, se requieren microorganismos que tengan una gran capacidad de conversión de carbohidratos a proteínas, y que permitan la incorporación de suplementos y de aditivos que mejoren la eficiencia de la fermentación.

Los microorganismos seleccionados para esta conversión son, generalmente, cepas de los géneros *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Neurospora* y *Fusarium*. Para enriquecer el medio de cultivo y promover el crecimiento del microorganismo hay que añadir algunos nutrientes, en especial, nitrógeno y fósforo. El nitrógeno se ha incorporado empleando fuentes de bajo costo, como urea, gallinaza y sales amoniacales.

Procedimientos

El crecimiento de microorganismos en el sustrato yuca se ha promovido tradicionalmente mediante los siguientes procedimientos: inoculación de yuca ensilada, sistemas de fermentación sólida, fermentación de material sólido humedecido, y fermentación líquida.

Hay información detallada sobre estos métodos en varios trabajos ya publicados (Gregory, 1977; Hutagalung y Tan, 1976; Meiring y Azi, 1977; Santos y Gómez, 1977; Varghese et al., 1976). En esta sección se describen dos procedimientos, uno de eficiencia baja y otro de mayor eficiencia.

- El de **baja eficiencia** emplea harina de yuca (65% a 75%) y gallinaza seca (25% a 35%) como sustrato para la fermentación, y cepas del hongo *Rhizopus* como inóculo (Hutagalung y Tan, 1976). El sustrato yuca-gallinaza se mezcla con agua hasta que la humedad de la mezcla llegue al 50%; se esteriliza luego con calor (100 °C por 4 horas) y enseguida se enfría. Esta solución se mezcla con una suspensión de esporas del hongo (10⁶ esporas/g de sustrato húmedo), se distribuye en bandejas y se pone a incubar a una temperatura de 27 a 30 °C durante 48 horas. La yuca así fermentada se traslada a un horno secador para obtener un producto que tiene 15% de proteína.

La información disponible sobre este procedimiento no indica si es posible diferenciar en el producto final la cantidad de proteína proveniente de la fermentación microbiana de la que proviene de los componentes no fermentados.

- El de **mayor eficiencia**, con respecto al anterior, aplica un método de fermentación líquida en que la yuca fresca es el sustrato y una cepa del hongo *Aspergillus fumigatus* es el inóculo (Gregory, 1977). Se suplementa además el sustrato con urea y fósforo, y se obtiene finalmente un producto cuyo nivel de proteína es superior (35% a 45%), como indican los siguientes datos (CIAT, 1978) sobre la composición porcentual de la biomasa de una cantidad de yuca fermentada con el hongo *A. fumigatus* I-21A:

Componente	Contenido (%)
Humedad	11.6
Proteína (N × 6.25)	35.0
Ceniza	4.1
Extracto etéreo	3.0
Extracto no nitrogenado	30.0
Fibra	19.3
Calcio	0.2
Fósforo	0.8

El procedimiento consta de los pasos siguientes: se vierte la yuca fresca rallada y desintegrada en un tanque fermentador que contiene agua y se calienta a una temperatura entre 65 y 70 °C para que el almidón se gelatinice. Se agrega luego agua a esa masa

hasta obtener una concentración de carbohidratos totales de aproximadamente 4% a una temperatura de 45 °C. Se añade enseguida ácido sulfúrico para bajar el pH hasta 3.5 y se agregan finalmente urea (como fuente de nitrógeno) y fosfato potásico (como fuente de fósforo). Se mezcla entonces el inóculo (*Aspergillus fumigatus* I-21 A) con esta masa, que se deja fermentar durante 20 horas, aproximadamente.

Programas de alimentación con subproductos

La poca uniformidad nutricional de los subproductos frescos de la yuca (con su humedad original) los hace menos atractivos que cuando están deshidratados para formar parte de las raciones para aves y cerdos. La deshidratación los convierte en harina de bagazo o de cachaza, que son ingredientes energéticos importantes en la ración, según la fase de producción animal.

Bibliografía

- Augudu E. 1972. Preliminary investigation on some unusual feedstuff as yolk pigments in Ghana. *Journal of Agricultural Sciences* 5:33-38.
- Buitrago A JA. 1990. La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 446 p.
- Buitrago A JA; Gil JL; Ospina B. 2001. La yuca en la alimentación avícola. Cuadernos Avícolas no 14. Federación Nacional de Avicultores-Fondo Nacional Avícola (FENAVI-FONAV), Bogotá DC. 47 p.
- Buitrago A JA; Luckett L. 1999. Potencial de la yuca industrial para producción de alimentos animales. Reporte de trabajos demostrativos. Publicación ASA (Asociación Americana de Soya), Cali, Colombia. 27 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Informe Anual, Programa de Yuca, 1978. Cali, Colombia. p. A1-A107.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1988. Ecuador usa yuca en la cría de camarones. *CIAT Internacional* 7(2):4-6.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2001. Informe del Laboratorio de Servicios Analíticos. Cali, Colombia. 5 p.
- Devendra C. 1977. Cassava as a feed source for ruminants. En: Nestel B; Graham M (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 107-119.
- Devendra C. 1979. The nutritive value of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves as a source of protein for ruminants in Malaysia. *Mardi Research Bulletin* 7(1):112-117.
- Garzón V. 1998. Evaluación de fuentes de energía y proteína en la alimentación de cerdos: Finca de productores del piedemonte del Meta. Tesis. vgarzon@corpoica.org.co
- Garzón V. 2001. La yuca en la alimentación de monogástricos. Programa regional pecuario. C.I. La Libertad, CORPOICA, Villavicencio. (Datos sin publicar.)
- Gil J.L.; Escobar G; Buitrago A JA. 2001. Evaluación técnica y económica de cuatro dietas a base de harina de yuca y de una dieta comercial para la alimentación de pollos de engorde. Informe técnico. CLAYUCA-CIAT, Cali, Colombia. 14 p.
- Gómez G; Santos J; Valdívieso M. 1984. Utilización de raíces y productos de yuca en la alimentación animal. En: Yuca: Investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 539-561.
- Gregory KF. 1977. Cassava as substrate for single-cell protein production: Microbiological aspects. En: Nestel B; Graham M (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. 147 p.
- Gutiérrez N; Martínez N. 1998. Efecto de utilizar harina de yuca y soya integral en dietas para aves ponedoras. Tesis. Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional-Sede Palmira, Colombia.
- Hutagalung RI; Tan PH. 1976. Utilization of nutritionally improved cassava in poultry and pig diets. En: Cock JH; MacIntyre R; Graham M (eds.). Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops held at CIAT, Cali, Colombia. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. 277 p.
- ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). 2001. Alimentos para animales: Yuca seca para consumo animal. Norma NTC 3258 (primera actualización). Cali, Colombia. 10 p.
- Meiering AG; Azi FA. 1977. Fermentor performance in microbial protein production from cassava. En: Nestel B; Graham M (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. 147 p.
- Montaldo A. 1977. Whole plant utilization of cassava. En: Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. 147 p.
- Santos J; Gómez G. 1977. Pilot plant for single-cell protein production. En: Nestel B; Graham M (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. 147 p.
- Varghese G; Thambirajah JJ; Wong FM. 1976. Protein enrichment of cassava by fermentation with microfungi and the role of natural nitrogenous supplements. En: Cock JH; MacIntyre R; Graham M (eds.). Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops held at CIAT, Cali, Colombia. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. 277 p.