

ISBN 958-9183-10-7

La Yuca en la Alimentación Animal

Julián A. Buitrago A.

The logo for CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) features the letters 'CIAT' in a stylized, bold, sans-serif font. The 'C' and 'I' are connected, and the 'A' and 'T' are also connected. The letters are white and set against a dark background.

Centro Internacional de Agricultura Tropical

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es una institución de investigación agrícola orientada al desarrollo y dedicada al alivio perdurable del hambre y la pobreza en los países en desarrollo por medio de la aplicación de la ciencia.

El CIAT es uno de los 13 centros internacionales de investigación agrícola bajo los auspicios del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCIAT).

El presupuesto básico del CIAT es financiado por un grupo de donantes. En 1990 tales donantes son: Bélgica, Canadá, China, España, Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Italia, Japón, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania, Suecia y Suiza. Las siguientes organizaciones son también donantes del CIAT en 1990: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), la Comunidad Económica Europea (CEE), la Fundación Ford, la Fundación Rockefeller, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente el punto de vista de las entidades mencionadas anteriormente.



Foto portada:

Ralces de yuca MCol 1468 y MCol 1505, clones de interés para la alimentación animal por su alto rendimiento, alto contenido de materia seca y bajo contenido de ácido cianhídrico.

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado aéreo 6713
Cali, Colombia

© Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1990
Publicación CIAT No. 85
ISBN 958-9183-10-7
Tirada: 1000 ejemplares
Impreso en Colombia
Julio 1990

Buitrago A., J. A. 1990. La yuca en la alimentación animal. Centro
Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 446 p.

1. Yuca como alimento para animales. 2. Alimentos para animales.
3. Nutrición animal. 4. Ganado vacuno - Alimentación y alimentos.
5. Cerdos - Alimentación y alimentos. 6. Aves de corral - Alimentación y alimentos.

El autor, Julián A. Buitrago A., es médico veterinario zootecnista de la Universidad Nacional de Colombia y Ph.D. en nutrición animal de la Universidad de Cornell. Estuvo vinculado durante varios años al Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y actualmente se desempeña en la empresa privada.

La Yuca en la Alimentación Animal

Este libro se publicó con la colaboración del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Canadá, entidad que financió el trabajo de autoría.

Contenido General

	Página
Agradecimientos	vii
Prólogo	ix
Introducción	1
Parte 1. Fundamentos y Programas para el Uso de la Yuca como Alimento de las Principales Especies Comerciales	3
Parte 2. Extractos de Investigaciones sobre el Uso de la Yuca en la Alimentación Animal	297
Anexos	385
Índice	441

Agradecimientos

La publicación de esta obra fue posible gracias a la invitación y apoyo del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Fue particularmente decisivo el interés del doctor James H. Cock y demás personal técnico y científico del Programa de Yuca de este Centro.

El manuscrito original fue revisado por los doctores Juan Montilla (Venezuela), Renato Rodríguez Peixoto (Brasil), Asunción Méndez (México) y Felipe Consuegra (Colombia).

A todas las personas e instituciones mencionadas deseo expresar mi reconocimiento especial y mi gratitud.

Julián A. Buitrago

Prólogo

Los países en desarrollo pasan actualmente por un período de cambios profundos en la estructura de sus sociedades; este hecho está cambiando la demanda con respecto a diferentes productos agrícolas, bajo el impulso de dos fuerzas fundamentales: la urbanización y el aumento en los ingresos. Uno de los principales resultados de las modificaciones en la estructura de la sociedad como un todo ha sido el aumento en la demanda de productos de origen animal. En gran medida ésta se satisface mediante la intensificación de la producción ganadera, lo que a su vez origina una necesidad mayor de ingredientes para la alimentación de los animales.

Actualmente la mayor demanda de alimentos para los animales se satisface en una alta proporción con granos y diversas fuentes de proteína. Sin embargo, los países en desarrollo no cuentan con suficientes recursos de producción para satisfacer dicha demanda, y han tenido que recurrir a importaciones cada vez mayores que afectan desfavorablemente sus economías. Por otra parte, los granos siguen siendo vitales para la alimentación humana en el Tercer Mundo, lo que origina una competencia entre la producción para este propósito y la destinada a la alimentación animal. Adicionalmente los cereales requieren, en general, suelos relativamente fértiles y condiciones climáticas favorables o riego para su producción económica.

Todo lo anterior parece indicar la conveniencia de buscar otras alternativas para satisfacer las necesidades de las extensas empresas ganaderas, mediante productos que se puedan producir en condiciones marginales. Una de tales alternativas es la yuca.

James H. Cock*
Líder Programa de Yuca, CIAT

* Funcionario del Banco Mundial desde julio de 1989.

Introducción

La producción de yuca en el trópico está orientada principalmente hacia el consumo humano, como un producto que se puede cultivar en áreas donde otras especies vegetales no prosperan con la misma eficacia. Una vez satisfechas las necesidades alimenticias primarias, la yuca queda disponible como materia prima para la alimentación animal o para desarrollos de tipo industrial; este uso complementario casi siempre requiere métodos de procesamiento que pueden ser sencillos o complejos según el tipo del producto final que se busque.

La importancia de la yuca como alimento para animales está relacionada directamente con la riqueza energética de sus raíces, ya que la cantidad de calorías que se obtiene de ellas supera ampliamente la de los granos de cereales utilizados normalmente en programas de alimentación animal. Sin embargo, el nivel proteínico de las raíces es bajo y exige una suplementación nutricional adecuada para que el animal pueda aprovechar todo el potencial calórico disponible en ellas.

Existe gran cantidad de información técnica relacionada con la utilización de la yuca en la alimentación animal, especialmente en cuanto al uso de la harina de yuca como alimento para cerdos y aves, aunque la documentación acerca del producto fresco o ensilado y del follaje es menos abundante. Sin embargo, no existe una publicación que condense en un mismo texto la información disponible sobre la utilización de los diferentes productos derivados de la yuca en la alimentación de las principales especies domésticas. La presente publicación, que el autor ha preparado atendiendo la invitación que para el efecto le formulara el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), tiene ese propósito.

Esta publicación está dirigida primordialmente a nutricionistas y expertos agropecuarios, a quienes se pretende ofrecer material técnico de apoyo para la utilización de productos derivados de la yuca en programas de alimentación animal. El material se basa principalmente en experiencias obtenidas en el CIAT y en el ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), aunque también recoge

información complementaria proveniente de otros centros de investigación y de la literatura técnica disponible.

La Parte 1, **Fundamentos y Programas para el Uso de la Yuca como Alimento de las Principales Especies Comerciales**, incluye información básica y aplicada sobre los aspectos que se deben tener en cuenta al usar la yuca y sus derivados con propósitos de alimentación animal. El Capítulo 1 es una revisión general sobre el cultivo de la yuca, su uso e importancia en las áreas tropicales. El Capítulo 2 describe el valor nutricional del producto y el Capítulo 3 destaca algunas de sus ventajas y desventajas comparativas. En el Capítulo 4 se describen los métodos y equipos que más se usan en el procesamiento de las raíces y el follaje para su uso en dietas animales, y en el Capítulo 5 se analizan las principales características fisiológicas del animal que inciden en el aprovechamiento eficiente del producto. En el Capítulo 6 se describe un método para calcular fórmulas a base de yuca considerando el costo de la raíz en relación con los otros componentes de la ración, y en los Capítulos 7 a 12 se analizan individualmente, desde el punto de vista de su uso en la alimentación animal, cada una de las formas o productos de la yuca (harina de yuca, yuca fresca, ensilaje de raíces, follaje fresco, harina de follaje y subproductos de la raíz).

La Parte 2, **Extractos de Investigaciones sobre el Uso de la Yuca en la Alimentación Animal**, incluye experiencias obtenidas por diferentes investigadores al usar raíces, follaje y subproductos de la yuca frescos o procesados, en la alimentación de las especies más importantes como productoras de alimento para la humanidad. La información se presenta básicamente en forma de cuadros que resumen los resultados más sobresalientes de los trabajos revisados.

Lista de Cuadros

No.		Página
2.1.	Contenido de energía útil y proteína total en diferentes productos utilizados en alimentación animal.	34
2.2.	Contenidos de nutrimentos mayores en las raíces y el follaje de la yuca, calculados sobre la base húmeda o fresca, la base seca, y con la humedad de equilibrio ambiental.	36
2.3.	Contenidos de nutrimentos en la corteza o cáscara y en la pulpa o cilindro central de la raíz de yuca (base húmeda y base seca).	37
2.4.	Composición química de la harina de yuca de la raíz completa y de la raíz sin cáscara (base seca).	38
2.5.	Diferencias entre tres variedades de yuca con respecto al contenido de componentes nitrogenados en la pulpa y en la corteza.	39
2.6.	Composición química de diferentes clases de harina de follaje de yuca (base seca).	40
2.7.	Aminoácidos en las raíces y el follaje de la yuca; su contenido en relación con el peso total de estas partes de la planta y su concentración con respecto al total de proteínas.	44
2.8.	Energía metabolizable de las raíces y el follaje de yuca frescos y secos en cuatro especies de animales domésticos.	45
2.9.	Energía metabolizable en diferentes tipos de harina de raíces de yuca utilizados en raciones para aves, según diferentes autores.	46
2.10.	Principales vitaminas en las raíces y hojas de yuca frescas y secas.	47
2.11.	Concentración de los principales minerales trazas en las raíces y hojas de yuca.	47
2.12.	Concentración de xantofilas pigmentantes en varios productos naturales.	48
2.13.	Concentración de cianuro (total y libre) en raíces frescas y completas de diferentes variedades de yuca, cosechadas a los 14 meses.	49
2.14.	Concentración de ácido cianhídrico (HCN) en diferentes partes de la planta de variedades dulces y amargas de yuca (variedades brasileñas).	51
2.15.	Materia seca y nutrimentos mayores de los principales subproductos de la raíz de yuca, con la humedad original (base fresca).	53
2.16.	Contenido de nutrimentos mayores en subproductos de la raíz de yuca (base seca).	53
2.17.	Concentración de cianuro en la yuca y diferentes subproductos de la extracción del almidón, en el caso de una variedad de yuca dulce.	54

No.		Página
3.1.	Productos derivados de la yuca útiles como fuentes de energía para la alimentación animal (indicados en orden descendente).	60
3.2.	Concentración de vitaminas en la harina de yuca, en el sorgo y en el maíz.	63
3.3.	Necesidades de vitaminas adicionales en raciones a base de sorgo o de harina de yuca, para aves.	64
3.4.	Premezcla de vitaminas y minerales trazas para suplementar raciones tipo sorgo-torta de soya y harina de yuca-torta de soya, para aves.	65
3.5.	Premezcla de vitaminas y minerales trazas para suplementar raciones tipo sorgo-torta de soya y harina de yuca-torta de soya, para cerdos.	66
3.6.	Efecto del almacenamiento de raíces de yuca cubiertas con tierra en la transformación de carbohidratos.	73
3.7.	Composición proximal de la yuca ensilada, fresca y deshidratada (harina de yuca).	76
3.8.	Concentración de cianuro total en raíces de yuca ensiladas durante seis meses (variedad CMC-40).	77
3.9.	Calificación de la calidad de harina de yuca para la alimentación animal.	80
4.1.	Efecto de la humedad inicial de la yuca sobre el factor de conversión.	98
4.2.	Efecto de las condiciones del aire sobre la velocidad de secamiento de trozos de yuca esparcidos en pisos de concreto o en bandejas inclinadas.	101
5.1.	Productos finales en el proceso de digestión de los carbohidratos, las proteínas y las grasas.	121
5.2.	Disponibilidad de principios nutritivos (y nocivos) en las raíces frescas, ensiladas y deshidratadas de yucas dulces y amargas, para aves, cerdos y rumiantes.	125
5.3.	Disponibilidad de los principios nutritivos (y nocivos) más importantes en el follaje y el ripo de yuca, para aves, cerdos y rumiantes.	125
5.4.	Importancia relativa de las raíces de yuca frescas, ensiladas y deshidratadas para diferentes tipos y fases de producción de animales domésticos, según su grado de utilización de tales productos.	126
5.5.	Importancia relativa del ripo y el follaje de yuca para diferentes tipos y fases de producción de animales domésticos, según el grado de utilización de tales productos.	126
6.1.	Características solicitadas en una ración para ponedoras (Fase 1) que se desea obtener por programación lineal. Valores para 1000 kg de alimento completo.	143

No.	Página
6.2. Información sobre costos y nutrimentos de las materias primas utilizadas para la formulación de una ración para ponedoras (Fase 1) por programación lineal.	144
6.3. Fórmula de costo mínimo desarrollada por el computador (de acuerdo con la información y las características indicadas en los Cuadros 6.1 y 6.2) para preparar 1000 kg de ración para ponedoras, Fase 1.	145
6.4. Restricciones de ingredientes para una formulación de mínimo costo.	147
6.5. Restricciones de nutrimentos para una formulación de mínimo costo.	147
7.1. Comparación de la harina de yuca con otras fuentes energéticas utilizadas en nutrición animal.	152
7.2.a. Marcos de referencia utilizados en la elaboración de programas de alimentación para pollos de engorde, en cuanto a los nutrimentos requeridos para esta especie y fase de producción.	154
7.2.b. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para pollos de engorde, en cuanto a las necesidades de suplementación.	154
7.3.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para pollitas y pollas de reemplazo, en cuanto a nutrimentos requeridos para esta especie y fase de producción.	155
7.3.b. Marcos de referencia usados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para pollitas y pollas de reemplazo, en cuanto a las necesidades de suplementación.	155
7.4.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para aves de postura, en cuanto a los nutrimentos requeridos para esta especie y fase de producción.	156
7.4.b. Marcos de referencia usados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para aves de postura, en cuanto a necesidades de suplementación.	156
7.5.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para aves reproductoras, en cuanto a los nutrimentos requeridos para esta fase de producción.	157
7.5.b. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para aves reproductoras, en cuanto a necesidades de suplementación.	157
7.6.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para lechones, en cuanto a los nutrimentos requeridos para esta fase de producción.	158

No.	Página
7.6.b. Marcos de referencia utilizados en programas de alimentación a base de harina de yuca para lechones, en cuanto a necesidades de suplementación.	158
7.7.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para cerdos en crecimiento y engorde en cuanto a nutrimentos requeridos para esta especie y fase de producción.	159
7.7.b. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para cerdos en crecimiento y engorde, en cuanto a necesidades de suplementación.	159
7.8. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para cerdas gestantes y lactantes, en relación con los nutrimentos requeridos por esta especie y fase de producción.	160
7.9. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para rumiantes, en relación con sus requerimientos nutricionales y con el uso de harina de yuca en la ración.	160
7.10. Composición nutricional de las fuentes de energía y proteína utilizadas en los programas de alimentación que se describen en esta publicación.	163
7.11. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (iniciación). Raciones con niveles bajos del producto (10%).	165
7.12. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (iniciación). Raciones con niveles altos del producto (30%).	166
7.13. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (iniciación). Raciones con niveles máximos del producto (47%-53%).	167
7.14. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (finalización). Raciones con niveles bajos del producto (20%).	168
7.15. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (finalización). Raciones con niveles altos del producto (40%).	169
7.16. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (finalización). Raciones con niveles máximos del producto (52%-56%).	170
7.17. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 1. Raciones con niveles bajos del producto (20%).	173
7.18. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 1. Raciones con niveles altos del producto (40%).	174
7.19. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 1. Raciones con niveles máximos del producto (50%-56%).	175

No.	Página
7.20. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 2. Raciones con niveles bajos del producto (20%).	176
7.21. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 2. Raciones con niveles altos del producto (40%).	177
7.22. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 2. Raciones con niveles máximos del producto (54%-56%).	178
7.23. Harina de yuca para programas de alimentación de pollitas (0-6 semanas). Raciones con niveles bajos del producto (10%).	179
7.24. Harina de yuca para programas de alimentación de pollitas (0-6 semanas). Raciones con niveles altos de este producto (30%).	180
7.25. Harina de yuca para programas de alimentación de pollitas (0-6 semanas). Raciones con niveles máximos del producto (51%-52%).	181
7.26. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (6-13 semanas). Raciones con niveles bajos del producto (20%).	182
7.27. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (6-13 semanas). Raciones con niveles altos del producto (40%).	183
7.28. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (6-13 semanas). Raciones con niveles máximos del producto (60%).	184
7.29. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (14-20 semanas). Raciones con niveles bajos del producto (20%).	185
7.30. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (14-20 semanas). Raciones con niveles altos del producto (40%).	186
7.31. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (14-20 semanas). Raciones con niveles máximos del producto (62%-63%).	187
7.32. Harina de yuca (HY) en programas de alimentación para lechones en iniciación. Uso de niveles bajos, medios y máximos de harina.	190
7.33. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos de levante. Raciones con niveles bajos del producto (20%).	191
7.34. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos de levante. Raciones con niveles altos del producto (40%).	191
7.35. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos de levante. Raciones con niveles máximos del producto (59%-61%).	192
7.36. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos en acabado. Raciones con niveles bajos del producto (20%).	192

No.	Página
7.37. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos en acabado. Raciones con niveles altos del producto (40%).	193
7.38. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos en acabado. Raciones con niveles máximos del producto (60%-64%).	193
7.39. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en gestación. Uso de niveles bajos del producto (20%).	195
7.40. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en gestación. Uso de niveles altos del producto (40%).	195
7.41. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en gestación. Uso de niveles máximos del producto (67%-68%).	196
7.42. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en lactancia. Uso de niveles bajos del producto (20%).	196
7.43. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en lactancia. Uso de niveles altos del producto (40%).	197
7.44. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en lactancia. Uso de niveles máximos del producto (66%-67%).	197
7.45. Harina de yuca en programas de alimentación para terneras. Uso de niveles bajos del producto (10%).	199
7.46. Harina de yuca en programas de alimentación para terneras. Uso de niveles medios del producto (25%).	200
7.47. Harina de yuca en programas de alimentación para terneras. Uso de niveles máximos del producto (60%).	200
7.48. Harina de yuca en programas de alimentación para vacas en producción. Uso de niveles medios del producto (25%).	201
7.49. Harina de yuca en programas de alimentación para vacas en producción. Uso de niveles máximos del producto (45%-54%).	201
7.50. Harina de yuca en programas de suplementación para ganado en ceba intensiva o semi-intensiva. Uso de niveles bajos del producto (20%).	202
7.51. Harina de yuca en programas de suplementación para ganado en ceba intensiva o semi-intensiva. Uso de niveles altos del producto (55%-75%).	202
8.1. Los requerimientos diarios de proteína, aminoácidos y minerales mayores en los cerdos, como una base para el cálculo de la composición de los suplementos nutricionales para esta especie.	218
8.2. Los requerimientos diarios de energía digestible, nutrimentos digestibles totales, proteína y minerales mayores en ganado de leche, como una	

No.	Página
base para calcular la composición de los suplementos nutricionales para la especie.	219
8.3. Información sobre los requerimientos diarios de energía digestible, nutrimentos digestibles totales, proteína y minerales mayores en ganado de carne, como una base para calcular la composición de los suplementos nutricionales para la especie.	219
8.4. Suplementos nutricionales con un contenido de proteína alto a base de torta de soya, torta de algodón y harina de pescado, para cerdos.	220
8.5. Suplementos nutricionales con un contenido bajo de proteína para cerdos, elaborados a base de torta de soya, torta de algodón y harina de pescado.	221
8.6. Consumos óptimos de yuca fresca y cantidad de suplemento requerida en la alimentación de cerdos en crecimiento y acabado, según sean el contenido (alto o bajo) de proteína, y el peso del animal.	224
8.7. Suplementos nutricionales de alto contenido de proteína elaborados a base de torta de soya, torta de algodón, harina de pescado y urea, para usar en programas de alimentación con yuca para rumiantes en confinamiento.	228
8.8. Composición proximal de algunos pastos de corte y ensilajes para la alimentación animal.	229
8.9. Programa de alimentación a base de yuca fresca para vacas lecheras en confinamiento, según su nivel de producción.	230
8.10. Programa mixto de alimentación (pastoreo, pasto de corte y yuca fresca suplementada), para vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche.	231
8.11. Programa mixto de alimentación (pastoreo y yuca fresca suplementada), para vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche.	232
8.12. Consumo diario de yuca fresca y de suplemento con alto contenido de proteína en ganado de carne, en condiciones de suministro de yuca a voluntad y de suplemento restringido.	233
8.13. Programas de alimentación mixta (pastoreo, pasto de corte y yuca fresca) para la alimentación de novillos en levante y ceba.	233
8.14. Programa mixto de alimentación (pastoreo y yuca fresca) para novillos en levante y ceba.	234
9.1. Yuca ensilada en la alimentación de cerdos en crecimiento y acabado. Consumos óptimos de ensilaje de yuca y cantidades de suplemento que se recomiendan, según el peso del cerdo, para dos opciones: con suplemento de alta proteína y con suplemento de baja proteína.	241

No.		Página
9.2.	Consumo de ensilaje de raíces de yuca y suplemento de alta proteína (40%) en vacas en lactancia, según el tamaño de la raza y la producción.	245
9.3.	Programas de alimentación mixta (pastoreo, pasto de corte, ensilaje de yuca) para vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche.	247
9.4.	Programas de alimentación mixta (pastoreo y ensilaje de yuca suplementado) para la alimentación de vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche.	247
9.5.	Consumos diarios de ensilaje de yuca (suministrado a voluntad) y de suplemento de alto contenido de proteína (suministro restringido) en ganado de carne según su etapa de producción y peso.	248
9.6.	Programas de alimentación mixta (ensilaje de yuca, pasto de corte y pastoreo) para novillos en levante y ceba, según aumentos de peso.	248
9.7.	Programa de alimentación mixta (pastoreo y ensilaje de yuca) para novillos en levante y ceba.	249
10.1.	Proporción de hojas, tallos y ramas en el follaje de yuca según la edad de la planta.	252
10.2.	Composición nutricional del follaje fresco de yuca y el follaje de diferentes leguminosas.	253
10.3.	Concentración de HCN y de la actividad enzimática en diferentes partes de la planta de yuca.	255
10.4.	Programas de alimentación a base de follaje fresco de yuca para vacas con dos niveles de producción diaria de leche.	258
10.5.	Programas de alimentación con contenido alto de energía, a base de follaje fresco de yuca, para novillos de engorde con aumentos esperados de peso de 0.8-1.0 kg/animal/día.	259
10.6.	Programas de alimentación con contenido bajo de energía, a base de follaje fresco de yuca, para novillos de engorde con aumentos esperados de peso de 0.6-0.8 kg/animal/día.	259
11.1.	Programas de alimentación para vacas en producción, usando niveles medios (20%-25%) de harina de follaje de yuca en raciones a base de harina de las raíces de la misma especie y de melaza.	268
11.2.	Programas de alimentación para levante de novillas, con niveles medios y altos de harina de follaje de yuca.	269
11.3.	Programas de alimentación suplementaria para ganado en ceba intensiva o semi-intensiva, con niveles medios de harina de follaje de yuca.	270

No.	Página
11.4. Programas de alimentación para ponedoras Fase 1, con niveles bajos (5%) de harina de follaje de yuca.	271
11.5. Programas de alimentación para ponedoras Fase 2, con niveles bajos (5%) de harina de follaje de yuca.	271
11.6. Programas de alimentación para pollas de levante (6-14 semanas) con niveles medios (12.5%) de harina de follaje de yuca.	272
11.7. Programas de alimentación para pollas de levante (14-20 semanas) con niveles medios (12.5%) de harina de follaje de yuca.	272
11.8. Programas de alimentación para cerdas en gestación, con niveles bajos de harina de follaje de yuca.	273
11.9. Programas de alimentación para cerdas en lactancia, con niveles bajos de harina de follaje de yuca.	273
12.1. Composición nutricional de la corteza o cáscara y del bagazo o ripio de yuca, utilizados en los programas de alimentación para aves y cerdos.	280
12.2. Programas de alimentación para ponedoras Fase 2, con niveles bajos de harina de corteza o cáscara y de bagazo o ripio de yuca.	283
12.3. Programas de alimentación para cerdos en acabado (50-90 kg) con niveles bajos de harina de corteza o cáscara de yuca, en raciones a base de sorgo y harina de yuca.	283
12.4. Programas de alimentación para cerdos en acabado (50-90 kg) con niveles medios de harina de bagazo o ripio de yuca, en raciones a base de sorgo y harina de yuca.	284
12.5. Uso de corteza de yuca fresca en programas de alimentación para vacas lecheras, con una producción esperada de 15-20 kg/día.	285
12.6. Uso de cáscara de yuca fresca en programas de alimentación para vacas lecheras con producciones esperadas de 10-15 kg/día.	285
12.7. Programas de alimentación con corteza o cáscara de yuca fresca para novillos de engorde, con aumentos de producción esperados de 0.6-0.8 kg/animal/día.	286
12.8. Programas de alimentación con corteza o cáscara de yuca fresca para novillos de engorde, con aumentos de peso esperados de 0.8-1.0 kg/animal/día.	286
12.9. Comparación nutricional entre la yuca deshidratada, la yuca fermentada, la gallinaza y el hongo <i>Rhizopus</i> sp. utilizados en el proceso de fermentación.	289

No.	Página
12.10. Experiencias a nivel experimental con raciones a base de yuca fermentada (con <i>Rhizopus</i> sp.) para pollos de engorde.	290
12.11. Condiciones para el proceso de fermentación de yuca con <i>A. fumigatus</i> I-21A, destinado a obtener proteína microbiana.	292
12.12. Experiencias a nivel experimental con biomasa de yuca fermentada (con <i>Aspergillus fumigatus</i> I-21A) en raciones para cerdos en crecimiento y acabado.	293

Lista de Figuras

No.		Página
2.1.	Estructura molecular de la amilosa y de la amilopectina.	41
2.2.	Influencia de la edad de la planta de yuca sobre el contenido de cianuro en las diferentes partes de la misma, en dos variedades.	50
3.1.	Concentración de aminoácidos esenciales en la raíz de yuca (base seca) y su relación con los requerimientos en raciones para aves, con 19% de proteína.	62
3.2.	Concentración de aminoácidos esenciales en las hojas de yuca (base seca) y su relación con los requerimientos en una ración con 19% de proteína.	62
3.3.	Moléculas de los glucósidos linamarina y lotaustralina, y liberación de ácido cianhídrico de los tejidos de la planta de yuca.	67
3.4.	Principales mecanismos para la transformación del ácido cianhídrico en el organismo.	70
3.5.	Corte de una raíz de yuca en proceso de deterioro.	71
3.6.	Variación en el contenido de materia seca y el pH de la yuca ensilada, según el tiempo.	77
4.1.	Flujo y principales productos del procesamiento de raíces de yuca.	90
4.2.	Es importante lavar las raíces recién cosechadas para eliminarles la tierra y otras materias extrañas que demeritan su calidad.	91
4.3.	Máquinas como ésta hacen más eficiente el corte de la raíz.	93
4.4.	Llenado de un silo comercial de yuca, en México.	95
4.5.	Secamiento de trozos de yuca en patios de cemento.	99
4.6.	Secador de capa fija con ventilación forzada.	102
4.7.	Diagrama de flujo y productos en el procesamiento del follaje de yuca.	106
5.1.	Principales partes del sistema digestivo de las aves.	114
5.2.	Sistema digestivo del cerdo y capacidad de sus órganos.	114
5.3.	Procesos de digestión y absorción de diferentes alimentos en los monogástricos, y partes del tracto digestivo donde tales funciones tienen lugar.	115
5.4.	Sistema digestivo de los bovinos y capacidad de sus órganos principales.	116

No.		Página
5.5.	Procesos de digestión y absorción de nutrimentos en los rumiantes, y sitios del tracto digestivo donde se realizan estas funciones.	117
5.6.	Representación esquemática del sistema digestivo del caballo.	118
5.7.	Esquema del proceso digestivo del almidón.	122
6.1.	Obtención de fórmulas alimenticias de mínimo costo, mediante programación lineal.	139
8.1.	Consumos diarios de yuca fresca y de suplemento (con 40% y 25% de proteína) necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento y acabado.	223
8.2.	Consumos diarios de yuca fresca y de suplemento (40%) necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de vacas lecheras de razas grandes y de razas pequeñas.	231
9.1.	Consumos diarios de ensilaje de raíces de yuca y de suplemento (40% de proteína) necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de vacas lecheras.	246
11.1.	Representación esquemática de los procesos comerciales para la utilización de la parte aérea de la planta de yuca.	266

Índice

- Acido cianhídrico en yuca
 - en el follaje fresco, 49-51, 125, 254, 255
 - en harina de follaje de yuca, 125, 254, 255, 256
 - en harina de yuca, 125, 315, 316
 - en la raíz fresca, 49, 51, 54, 67, 68, 125
 - en subproductos de la yuca, 39, 54, 125, 280
 - en yuca ensilada, 77, 125, 239
 - factores determinantes de la concentración, 49-51, 67, 68
 - glucósidos cianogénicos, 27-28, 48, 49, 67, 254, 255, 282
 - intoxicación y mecanismos de desintoxicación, 45, 61, 67-70
 - ion cianuro, compuestos, liberación de HCN, 48, 49, 61, 67
 - métodos de determinación, 389, 390
 - métodos para eliminarlo del producto, 69-71, 100, 254
- Acido prúsico (ver Acido cianhídrico en yuca)
- Aflatoxinas, 81, 390
- Almidón
 - composición, 40-41
 - digestión, 115, 117, 119, 120, 122
 - en subproductos de yuca, 84, 281, 282
 - en yuca fresca, 33, 53, 254
 - en yuca procesada, 73, 96, 104
 - uso industrial, 25-26
- Aminoácidos
 - en follaje de yuca, 44, 264
 - en harina de follaje de yuca, 44, 62
 - en harina de yuca, 44, 62
 - en yuca fresca, 38, 44, 61
 - esenciales, 61, 62, 254
 - fuentes y costos para raciones, 131, 132
- Aspergillus flavus*, 81
- Aspergillus fumigatus*, 288, 290-293
- Aves
 - ácido cianhídrico en yuca, experiencias, 315, 316
 - aditivos y materias primas para raciones, 408-411, 420, 421
 - digestión (características y fisiología), 114, 115, 121

- pollas de iniciación y levante
 - experiencias con yuca, 307-308, 329-332
 - programas de alimentación con yuca, 182-187, 272
- pollitas, programas de alimentación con yuca, 179-181
- pollos de engorde
 - experiencias con yuca, 290, 301-304, 315-323, 372, 373, 377, 378
 - programas de alimentación con yuca, 165-170
- ponedoras y reproductoras
 - experiencias con yuca, 304-306, 323-329, 373, 374, 379, 382
 - programas de alimentación con yuca, 171-178, 271, 283
- requerimientos nutricionales, 62, 122, 154-157, 392-403
- suplementación y suplementos, 154-157
- Azúcares, 40, 73, 83, 96, 115, 121
- Bagazo de yuca, 84, 282
 - programas de alimentación y experiencias
 - aves, 283, 374, 382
 - cerdos, 284, 382, 383
 - valor nutricional y uso, 125, 126, 280, 282
- Bovinos
 - aditivos y materias primas para raciones, 412-419, 421
 - alimentación con yuca, generalidades, 198, 199, 227-229, 244, 245, 257, 267
 - digestión (características y fisiología), 116, 117, 119, 120
- ganado de leche
 - experiencias con yuca, 313, 343, 344, 356, 364
 - programas de alimentación con yuca, 200, 201, 230-232, 245-246, 258, 268, 269, 285
- levante y ceba
 - experiencias con yuca, 313, 314, 344-347, 356, 365, 371, 372, 375-377
 - programas de alimentación con yuca, 202, 233, 234, 248, 249, 259, 269, 270, 286
- requerimientos nutricionales, 160, 219, 407
- suplementación y suplementos, 228, 231, 245, 246
- terneras, programas de alimentación con yuca, 199, 200
- terneros, experiencias con yuca, 313, 342, 343
- vacas en lactancia o producción
 - programas de alimentación con yuca, 201, 230-232, 247, 258, 268, 285
- Cachaza de yuca (ver Mancha de yuca)
- Calcio
 - en la planta de yuca, 36, 43, 132, 133, 162, 254, 290
 - requerimientos en aves, cerdos y bovinos, 154-160
- Carbohidratos
 - en el organismo animal, 116, 120, 121
 - en la planta de yuca, 37, 38, 40, 41, 73, 75, 119, 287
- Cáscara de raíz de yuca (ver Corteza de yuca)

- Cazabe, 84
- Celulosa y hemicelulosa en yuca, 42, 92, 116, 118, 120
- Cerdos
- acabado (ver Cerdos, levante y engorde)
 - alimentación con yuca, generalidades, 34, 188-190, 194, 217-218, 222, 240, 241
 - digestión (características y fisiología), 114, 115, 119, 120, 188
 - hembras en gestación y lactancia
 - experiencias con yuca, 312, 341, 342, 355, 356, 358, 362, 363, 368
 - programas de alimentación con yuca, 194-197, 225-227, 242-244, 273
 - lechones
 - experiencias con yuca, 308, 333, 334
 - programas de alimentación con yuca, 190
 - levante y engorde
 - experiencias con yuca, 309-312, 334-340, 353-355, 357, 358-362, 366, 367, 373-375, 379-383
 - programas de alimentación con yuca, 191-193, 223-225, 241, 242, 283, 284, 293
 - materias primas y aditivos para raciones, 408-411, 420, 421
 - requerimientos nutricionales, 122, 158-160, 218, 404-406
 - suplementación y suplementos, 158, 159, 220, 221, 223-227, 243, 244
- Cianuro (ver Acido cianhídrico en yuca)
- Coli aerogens*, 74
- Corteza de yuca (cáscara o corteza de la raíz)
 - experiencias con raciones, cerdos, 374, 381
 - programas de alimentación
 - aves, 283
 - bovinos, 285, 286
 - cerdos, 283
 - valor nutricional, calidad y uso, 39, 53, 280
- Corynebacterium manihot*, 287
- Costo de raciones a base de yuca
 - cálculo con computador, 138-148
 - especificaciones y restricciones, 140, 141
 - raciones de costo mínimo, 139-142
 - cálculos para raciones con dos o tres componentes, 133-136
 - materia seca y humedad en los cálculos, 129, 130, 137
- Digestión, sistema digestivo del animal, 113-121
- Energía, 125, 130-133, 151, 162, 163, 214, 254, 280
 - digestible, 34, 60, 80, 119, 122, 151, 152, 158-160, 219
 - fuentes para suplementar la yuca, 130-131, 163
 - metabolizable, 34, 45, 46, 60, 79, 80, 122, 151, 152, 154-157
- ENN (ver Extracto no nitrogenado)
- Ensilaje de raíces de yuca (ver Yuca ensilada)
- Equinos, 118
- Escopolatina, 389, 390
- Extracto etéreo en yuca (grasa), 36, 37, 38, 40, 42, 53, 254

- Extracto no nitrogenado (ENN),
36, 40, 53
- Fibra
digestión, 117
en el follaje, 36, 37, 40, 42, 60,
252, 253
en harina de yuca, 38, 41, 60, 80,
92
en subproductos, 37, 53, 60, 280,
282
en yuca fermentada, 290
en yuca fresca, 36, 41, 42, 213
- Follaje de yuca (hojas y tallos
tiernos)
concentrado proteínico, 274
deshidratado (ver Harina de
follaje de yuca)
ensilado, 107
fresco, 81, 82, 106, 107, 251-257
peletizado, 108, 267
procesamientos, 106-108
programas de alimentación y
experiencias con bovinos,
257-259, 371, 372, 375-377
valor nutricional, calidad y uso,
34-38, 40-48, 50, 51, 60,
81-83, 125, 126, 252-254
- Forrajes varios y materias primas
para alimentación animal,
152, 163, 229, 253,
408-419
- Fósforo
en la planta de yuca, 36, 38, 43,
132, 133, 162, 254, 290
requerimientos en aves, cerdos y
bovinos, 154-160
- Geotrichum candidum*, 287
- Glucósidos cianogénicos, 67 (ver
también Acido cianhídrico en yuca)
- Grasas
como fuentes de energía, 131
- contenido en yuca, 37, 42, 175
digestión, 115, 117, 121
efecto en la calidad del pélet, 105
- Harina de follaje de yuca
experiencias con raciones
aves, 372, 373, 377-379
cerdos, 373, 379, 380
procesamiento y efectos, 106,
265-267
programas de alimentación
aves, 271, 272
bovinos, 268-270
cerdos, 273
valor nutricional, calidad y uso,
34, 44, 60, 83, 125, 126,
263-265, 267
- Harina de raíces de yuca (ver
Harina de yuca)
- Harina de yuca (harina de raíces de
yuca)
en aves, efecto en el huevo, 171,
172
experiencias con raciones
aves, 301-308, 315-332
bovinos, 313, 314, 342-347
cerdos, 308-312, 333-342, 367
peletizada (ver Yuca peletizada)
procesamiento, 96-103
programas de alimentación
aves, 162-187, 271, 272
bovinos, 198-202, 268-270
cerdos, 188-197
valor nutricional, calidad y uso,
34, 46, 63, 76, 79, 80, 92,
125, 126, 151-153, 188,
189, 289
- HCN (ver Acido cianhídrico en
yuca)
- Herbivoros no rumiantes (ver
Equinos)
- Humedad (ver Materia
seca-humedad en yuca)

- Linamarina, 48, 49, 67
- Lípidos (ver Extracto etéreo en yuca)
- Lisina
 en yuca, 83, 132, 254, 264
 requerimientos en aves y cerdos, 154-160
- Lotaustralina, 48, 67
- Mamíferos lactantes, 119, 120, 188, 198
- Mamíferos no lactantes (adultos), 120, 198
- Mancha de yuca, 84, 281, 282
- Materia seca-humedad en yuca, 36, 38, 40, 45, 53, 60, 76, 77, 84, 96, 103, 125, 129, 130, 137, 213, 214, 239, 251, 263, 282, 290
- Metionina, 43, 61, 82, 125, 132, 154-160
- Monogástricos, características y fisiología de la digestión, 114, 115, 121 (ver también Aves y Cerdos)
- NDT (ver Nutrimientos digestibles totales)
- Nitratos y nitritos, 39
- Nutrientes digestibles totales (ver Nutrimientos digestibles totales)
- Nutrimientos digestibles totales (NDT), 160, 163, 219, 229, 253
- Pigmentantes (xantofilas) en yuca, 47, 48, 83, 171, 254, 265
- Planta de yuca
 agronomía, producción y utilización general, 25-31, 33, 34, 126, 251, 252, 255, 256
 otros nombres, 25
 variedades, 27, 28, 49, 67, 82, 251, 256
- Porcinos (ver Cerdos)
- Procesamiento de la yuca y sus efectos, 30, 52, 63, 69, 70, 73, 75, 76, 77, 83, 89-108
- Proteína, 115-117, 119, 120, 121, 131, 132, 133, 252
 en yuca y otras materias primas para la alimentación, 33, 34, 36-40, 44, 53, 82, 104, 125, 130, 214, 290
 foliar, 274
 fuentes para raciones a base de yuca, 131, 132, 163
 microbiana (ver Proteína unicelular a partir de yuca)
 requerimientos en aves, cerdos y bovinos, 154-157, 158-160
 suplementos para yuca fresca, 220, 221, 228
 unicelular a partir de yuca, 287, 292
- Raciones de costo mínimo, 139-142
- Raíces frescas de yuca (ver Yuca fresca)
- Rhizopus* sp., 289
- Ripio de yuca (ver Bagazo de yuca)
- Rumiantes, 116, 117, 153 (ver también Bovinos)
- Suplementación y suplementos para aves, 154-157
 para bovinos, 228
 para cerdos, 158, 159, 220, 221, 223, 226, 227
- Tiocianato, tiosulfato, 69
- Urea, 132, 198, 287

- Uso de yuca según especie y condiciones del animal, 113, 119, 123, 125, 126, 137
- Vitaminas y minerales
 digestión, 115, 117
 en yuca, 37, 46, 47, 61, 63-65, 172, 265
 fuentes y costos para raciones a base de yuca, 132, 133
 premezclas, 65, 66
- Xantofilas (ver Pigmentantes)
- Yuca deshidratada (ver Harina de yuca)
- Yuca ensilada (ensilaje de raíces o ensilaje de yuca)
 consumos y suplementación en bovinos, 245-248
 en cerdos, 239, 241, 243, 244
 experiencias con raciones, cerdos, 357-358, 366-368
 procesamiento y características, 74-76, 94-96
- programas de alimentación bovinos, 244-249
 cerdos, 240-244
 valor nutricional, calidad y uso, 75-78, 125, 126, 237-240
- Yuca fermentada, 287-293
- Yuca fresca (raíces frescas)
 consumos y necesidades de suplementación bovinos, 228, 230-233
 cerdos, 222-227
 deterioro, 30, 71-73
 experiencias con raciones bovinos, 356, 364, 365
 cerdos, 353-356, 358, 363
 programas de alimentación bovinos, 227-234
 cerdos, 217-227
 valor nutricional, calidad y uso, 33-51, 76, 125, 126, 213-217
- Yuca peletizada, pélets,
 peletización, 78, 103-106
 experiencias con pollos de engorde, 320, 321

Publicación CIAT No. 85
Programa de Yuca y Unidad de Publicación

Edición: Ana Lucía García de Román

Producción: Unidad de Artes Gráficas, CIAT
María Claudia Ortiz (carátula)

Parte 1

Fundamentos y Programas para el Uso de la Yuca como Alimento de las Principales Especies Comerciales

Contenido

	Página
Lista de Cuadros	13
Lista de Figuras	23
Capítulo	
1. Generalidades sobre la Yuca, su Cultivo y sus Usos	25
Usos Principales	25
El Cultivo de la Yuca	27
Variedades	27
Propagación y prácticas de cultivo	28
Cosecha y rendimientos	29
Procesamiento	30
Algunos Aspectos Sociales y Económicos de la Yuca	30
2. Potencial Nutricional de la Yuca	33
Composición Nutricional de las Raíces y el Follaje de Yuca	35
Nutrimentos mayores	36
Aminoácidos	43
Componentes energéticos	45
Nutrimentos menores	46
Acido cianhídrico	48
Composición Nutricional de los Subproductos de la Yuca	51
Bibliografía	54
3. Características de la Yuca que Inciden en su Uso como Alimento Animal, y su Manejo	59
Concentración de Nutrimentos	59
Concentración energética	60
Concentración de proteína y aminoácidos esenciales	61
Contenido de vitaminas	61

Capítulo	Página
Contenido de minerales	64
Manejo de la baja concentración de nutrimentos en las raíces frescas	65
Presencia de Acido Cianhídrico y Glucósidos Cianogénicos	67
Efectos del ácido cianhídrico en el animal y mecanismos de desintoxicación	68
Tratamiento de la yuca para eliminar el ácido cianhídrico	69
Rápido Deterioro de las Raíces	71
Causas del deterioro	72
El uso de raíces frescas frente al problema del deterioro	72
Factores Nutricionales y Nocivos en las Raíces Ensiladas	73
El proceso de fermentación en el ensilaje	74
Características de un buen ensilaje	75
Factores Nutricionales y Nocivos en las Raíces	
Deshidratadas	78
Composición de la harina de yuca	79
Presencia de agentes nocivos en la harina de yuca	80
Factores Nutricionales y Nocivos en el Follaje de Yuca	81
Factores Nutricionales y Nocivos en los Subproductos de la Fabricación de Almidón y Cazabe	83
Bibliografía	84
4. Procesamiento de la Yuca para la Alimentación Animal	89
Manejo de las Raíces Frescas	89
Lavado de las raíces	89
Corte o picado de las raíces	92
Ensilaje de las Raíces de Yuca	94
Deshidratación o Secado de las Raíces	96
Factores que inciden en el secado	97
El sistema de secamiento natural	99
Sistemas de secamiento artificial	101

Capítulo	Página
Molienda de las Raíces Secas	103
Obtención de Pélets y Factores que Afectan su Calidad	103
Naturaleza y composición del material	104
Condiciones físicas	105
Características del equipo	105
Procesamiento del Follaje de Yuca	106
Follaje fresco y follaje ensilado	107
Follaje deshidratado	107
Bibliografía	108
5. Características del Animal que Condicionan el Uso de Yuca en su Alimentación	113
Uso de los Productos según la Especie del Animal	113
Monogástricos	114
Rumiantes	116
Hervíboros no rumiantes	118
Uso de Productos según la Edad del Animal y su Fase de Producción	119
Animales lactantes (lechones, terneros, potros)	119
Animales adultos	120
Animales en fases de producción intensa	122
Animales en fases de producción moderada	123
Las Condiciones Ambientales en la Formulación de Raciones para Animales	123
Potencial de la Yuca para la Alimentación de Aves, Cerdos y Rumiantes	124
Bibliografía	127
6. Los Costos en la Formulación de Raciones a base de Yuca y sus Derivados	129

Capítulo	Página
Participación Relativa de los Componentes de la Ración en los Costos	129
Contenido de humedad de la yuca frente al de otros productos	130
Energía	130
Proteínas y aminoácidos	131
Minerales y vitaminas	132
Cálculos Económicos para Incluir Productos Derivados de Yuca en Raciones para Animales	133
Formulación de Raciones a Base de Productos Derivados de la Yuca	136
Utilización de computadores para el cálculo de raciones	138
Ejemplo del cálculo de una ración por programación lineal	142
Información adicional	146
Bibliografía	149
7. Harina de Yuca en la Alimentación Animal	151
Requerimientos Nutricionales del Animal según la Especie y la Fase de Producción	153
Elaboración de Programas de Alimentación a Base de Harina de Yuca y Productos Complementarios	161
Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Pollos de Engorde	162
Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Aves de Postura y Pollas de Reemplazo	171
Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Cerdos en Iniciación, Crecimiento y Engorde	188
Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Cerdas Gestantes y Lactantes	194

Capítulo	Página
Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Bovinos	198
Bibliografía	203
Aves	203
Porcinos	207
Rumiantes	210
8. Yuca Fresca en la Alimentación Animal	213
Consideraciones Generales para Elaborar Programas de Alimentación a base de Raíces Frescas de Yuca	214
Suministro de la yuca fresca en mezcla con el suplemento	215
Suministro de la yuca fresca y el suplemento en forma separada	216
Composición de las mezclas suplementarias para porcinos y bovinos según sus requerimientos nutricionales	217
Programas de Alimentación para Cerdos, con Raíces Frescas de Yuca	217
Uso de suplementos con alto contenido de proteína	218
Uso de suplementos con bajo contenido de proteína	221
Cantidades requeridas de yuca	222
Programas de alimentación con yuca fresca para cerdos en crecimiento y acabado	223
Programas de alimentación con yuca fresca para cerdas en lactancia	225
Programas de alimentación con yuca fresca para cerdas en gestación	226
Programas de Alimentación para Bovinos, con Raíces Frescas de Yuca	227
Programas de alimentación para ganado de leche a base de yuca fresca	230
Programas de alimentación para ganado de carne a base de yuca fresca	232

Capítulo	Página
Bibliografía	234
Porcinos	234
Rumiantes	235
9. Ensilaje de Raíces de Yuca en la Alimentación Animal	237
Manejo de las Raíces Ensiladas y los Suplementos Requeridos	237
Factores que Limitan la Utilización del Ensilaje de Raíces de Yuca en la Alimentación Porcina	239
Programas de Alimentación Porcina a Base de Ensilaje de Raíces de Yuca	240
Programas para cerdos en crecimiento y acabado	241
Programas para cerdas en lactancia	242
Programas para cerdas en gestación	244
Programas de Alimentación para Bovinos a Base de Ensilaje de Raíces de Yuca	244
Programas de alimentación para ganado de leche	245
Programas de alimentación para ganado de carne	246
Bibliografía	249
10. Follaje Fresco de Yuca en la Alimentación Animal	251
Valor Nutricional del Follaje de Yuca y Factores que Incidan en su Uso	252
Toxicidad por ácido cianhídrico en el follaje	254
Especialización de los cultivos de yuca para la producción de follaje	255
Programas de Alimentación para Bovinos, con Follaje Fresco de Yuca	257
Bibliografía	260

Capítulo	Página
11. Harina de Follaje de Yuca en la Alimentación Animal	263
Valor Nutricional de la Harina de Follaje de Yuca	263
Procesamiento del Follaje de Yuca para la Producción de Harina	265
Programas de Alimentación de Rumiantes y Monogástricos con Harina de Follaje de Yuca	267
Concentrado Proteínico de Hojas de Yuca	274
Bibliografía	274
12. Subproductos de la Yuca, y Yuca Fermentada en la Alimentación Animal	279
La Cáscara o Corteza de Yuca	280
Subproductos de la Extracción de Almidón	281
Programas de Alimentación Animal con Subproductos de Yuca	282
Yuca Enriquecida mediante Procesos de Fermentación Microbiana	287
Bibliografía	294

Capítulo 1

Generalidades sobre la Yuca, su Cultivo y sus Usos

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una especie de origen latinoamericano, conocida también con los nombres comunes de tapioca, casava, manioca y mandioca entre los más comunes. Se cultiva principalmente por sus raíces amiláceas, aunque su follaje se suele aprovechar para la alimentación animal en algunas zonas productoras, al momento de cosechar las raíces. En ciertos lugares de Africa las hojas de yuca también se usan en la alimentación humana, como verduras frescas.

Por su adaptabilidad a las condiciones marginales, la yuca se ha diseminado en toda la zona tropical del mundo, y ha alcanzado una producción total de aproximadamente 130 millones de toneladas métricas anuales; cerca del 40% de este total se produce en Africa, otro 40% en Asia y la mayor parte de la cantidad restante se produce en América Latina y el Caribe.

Usos Principales

En la mayoría de las zonas productoras de yuca las raíces se utilizan en forma fresca, como elemento básico de la alimentación humana diaria; una proporción aproximadamente igual se procesa de diferentes maneras para utilizarla posteriormente también como alimento. Se estima que más o menos el 65% de la producción mundial de raíces se destina a la alimentación humana.

El producto industrial más importante elaborado a base de yuca es el almidón. El almidón es útil en la industria textil, y en la

fabricación de papeles y adhesivos, y puede tener potencial en la producción de dextrosa.

Los patrones en cuanto a la utilización de la yuca varían ampliamente de una región a otra. En las zonas de minifundio y en el caso de cultivos de subsistencia, las raíces se usan en mayor proporción como un producto básico de la alimentación, a nivel local; en menor escala se usan para la producción de almidón. En las zonas donde predomina la producción comercial, las raíces se transportan en forma fresca hacia los centros de consumo, o se procesan localmente para la obtención de harinas o almidón. La yuca fresca o seca se destina a la alimentación animal.

Brasil y Tailandia, los dos países mayores productores del mundo, destinan gran parte de su producción a la alimentación animal. En Brasil las raíces se utilizan casi totalmente en la finca, en tanto que en Tailandia la mayor parte de ellas se secan y exportan en forma de comprimidos hacia los países desarrollados, donde las usan como fuente de energía en la industria de alimentos balanceados para animales. Estos dos casos demuestran claramente que la yuca realmente se puede utilizar para la producción animal intensiva.

Existen dos factores principales que permiten considerar la yuca como un recurso de gran valor para la alimentación animal en el trópico:

- a. Es un producto de amplia versatilidad en cuanto a sus posibilidades de uso como alimento de animales rumiantes y monogástricos; se puede usar en estado fresco, o seca en forma de harina, comprimidos o gránulos. Igualmente se pueden aprovechar de ella la cáscara, el bagazo, la mancha y otros subproductos de la industrialización.
- b. La planta presenta características agronómicas específicas que permiten su explotación no sólo en condiciones de alta tecnología sino en áreas marginales y con deficiente disponibilidad de insumos.

El Cultivo de la Yuca

La planta de yuca crece en una gran diversidad de condiciones tropicales: en los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas, donde la vegetación natural está constituida por bosques húmedos; en los trópicos cálidos de tierras bajas donde la estación seca puede durar hasta seis meses o más; en los trópicos de altitud media (hasta 2000 m), y en los subtropicos con inviernos fríos y lluvias de verano. Se adapta bien a las condiciones marginales que predominan en los trópicos, pero no tolera encharcamientos en el suelo ni condiciones salinas.

Aunque la yuca produce mejor en suelos fértiles con riego adecuado, su ventaja comparativa con otros cultivos más rentables se halla en los suelos ácidos, de escasa fertilidad, con patrones de precipitación esporádica o largos períodos de sequía; en esas condiciones su potencial de rendimiento no tiene rival en ningún otro cultivo.

Variedades

Puesto que las raíces constituyen el producto de mayor utilidad, mientras el follaje generalmente se utiliza sólo en casos aislados, la selección de variedades comerciales casi siempre se ha hecho considerando el rendimiento y buena calidad de las raíces. Existe poca información sobre variedades destinadas exclusivamente a la producción de un alto volumen de follaje, o con altos rendimientos de raíces y de follaje en forma simultánea.

Debido a la gran diversidad de condiciones en las cuales se cultiva la yuca, es común encontrar variedades locales especiales para una región determinada; estas variedades, llevadas a otra región diferente, fallan frecuentemente debido a su falta de adaptabilidad en el sentido más amplio de la palabra.

Según que la concentración de glucósidos cianogénicos (linamarina) sea más o menos alta, una variedad de yuca puede ser amarga y altamente tóxica, o puede ser dulce. Sin embargo, la diferenciación entre variedades amargas y dulces no siempre es exacta, ya que el contenido de glucósidos cianogénicos no es

constante, y depende no solamente de la variedad sino también de las condiciones ecológicas del cultivo. Existe todo un rango de variedades, desde las muy amargas hasta las muy dulces.

El tipo de variedad determina el uso final de la yuca; si es para el consumo fresco se usa invariablemente una variedad dulce, con bajo contenido de cianuro, en tanto si es para uso industrial o para procesamiento tradicional se pueden usar variedades amargas, siempre que se procesen en forma adecuada.

Propagación y prácticas de cultivo

La propagación de la yuca se hace mediante estacas tomadas de plantas maduras. Se pueden usar para este propósito tallos de plantas que están en pie al momento de la siembra, o tallos almacenados desde la cosecha anterior.

La fecha de siembra de la yuca es relativamente flexible; muchos cultivadores realizan esta actividad al principio de la estación lluviosa, aunque también es común sembrar a finales de la misma. Es frecuente el cultivo en asociación con otras especies como el maíz y las leguminosas de grano.

Las prácticas de producción varían considerablemente según el lugar donde se produce la yuca. La preparación del terreno abarca todo un rango, desde sistemas muy mecanizados hasta el cultivo tradicional de tumba y quema, propio de la agricultura migratoria. En las zonas más húmedas la yuca se siembra comúnmente en montículos o camellones para evitar el encharcamiento.

Aunque esta especie responde a los fertilizantes químicos, los agricultores casi no los aplican. El fósforo y el potasio son dos elementos limitativos de la producción en la mayoría de los suelos tropicales donde se cultiva la yuca, y una fertilización adecuada que incluya estos dos elementos contribuye de manera significativa a incrementar el rendimiento y a conservar la fertilidad del suelo.

A este respecto vale la pena anotar que la crítica que se le hace frecuentemente a la yuca, de agotar la fertilidad del suelo, se debe a que en la mayoría de los casos ella se cultiva sin la

aplicación de fertilizantes en suelos ya pobres, donde otros cultivos no ofrecen rendimientos aceptables. En términos generales, por unidad de producción la yuca no extrae más nutrimentos que otros cultivos tales como los cereales.

El control de malezas es esencial durante el establecimiento del cultivo, y se lleva a cabo manualmente o con herbicidas.

Muchas plagas y enfermedades atacan la yuca, pero con frecuencia tienen enemigos naturales que las controlan; además, las variedades locales presentan algo de tolerancia a ellas. No obstante lo anterior, en ocasiones las plagas y enfermedades pueden causar graves pérdidas cuando el cultivo no se maneja en una forma adecuada.

Cosecha y rendimientos

La planta de yuca no tiene una fecha fija de maduración, y se puede cosechar desde tan temprano como a los 5-6 meses en zonas cálidas con bastante lluvia, hasta tan tarde como a los 18 meses o más en zonas más frías, o cuando se presentan períodos de sequía prolongados. Sin embargo, el tiempo en que se efectúe la cosecha afecta considerablemente la calidad de las raíces; por ejemplo, al inicio de la estación de lluvias, el contenido de almidón es normalmente mucho más bajo.

La cosecha de las raíces se realiza generalmente a mano, pero existen varios implementos para ayudar a efectuarla. Los rendimientos varían considerablemente según las condiciones de manejo del cultivo, pero el promedio mundial es de aproximadamente 9 t/ha. Puesto que el contenido de materia seca se encuentra normalmente en el rango de 30-40%, el promedio de rendimiento en materia seca es de más de 3 t/ha, lo que se compara favorablemente con los rendimientos de la mayoría de los productos amiláceos tropicales cultivados bajo condiciones marginales.

Durante las dos últimas décadas se ha realizado bastante investigación en yuca, y como resultado de ella se han desarrollado diversas prácticas agronómicas y de manejo que pueden aumentar considerablemente sus rendimientos. Sin embargo, una completa

descripción de tales prácticas no corresponde a los objetivos de esta publicación.

Procesamiento

Una vez que las raíces de yuca se han cosechado, su duración en óptima condición es muy breve. Después de sólo 24 horas presentan un deterioro de tipo fisiológico, en forma de estriado vascular, y pocos días más tarde se puede presentar un deterioro microbiano. Por esta causa la yuca se debe consumir o procesar inmediatamente después de cosechada.

Con el fin de evitar el deterioro de la raíz, ésta se puede someter a un procesamiento para convertirla en un producto estable. El procesamiento permite además reducir su contenido de cianuro. Muchas técnicas tradicionales de procesamiento involucran el rallado de las raíces seguido por un secamiento inicial obtenido al comprimir la masa; luego se hace el secado natural o el artificial. Otra forma de procesamiento es el secado de las raíces picadas o enteras.

Algunos Aspectos Sociales y Económicos de la Yuca

El cultivo de yuca está principalmente en manos de pequeños agricultores, y el procesamiento de las raíces se efectúa en unidades relativamente pequeñas. Esta pequeña escala de operación se considera apropiada para un producto altamente perecedero como es la yuca.

Aunque existen algunas operaciones a gran escala, ellas son la excepción a la regla; además, las que tienen éxito se hallan normalmente en áreas donde la raíz se produce en un gran número de pequeñas unidades. Los intentos para establecer operaciones a gran escala en zonas donde no se cultiva el producto rara vez tienen éxito. Comúnmente el éxito en este tipo de proyectos se basa más en el establecimiento de pequeñas unidades iniciales seguido por un aumento en el número de estas unidades, que en aumentos masivos en la escala de las operaciones.

Las unidades típicas de producción y procesamiento a pequeña escala requieren relativamente pocos insumos de capital, pero son altamente intensivas en cuanto al uso de mano de obra; esto es a menudo deseable, sobre todo en comunidades rurales con altos niveles de desempleo, o con subempleo. Por otra parte, debido a la flexibilidad en las fechas de siembra de la yuca y a que su procesamiento, especialmente el secado, se lleva a cabo durante la estación seca, los mayores requerimientos de mano de obra para yuca se presentan en los períodos de requerimientos mínimos para otras labores agrícolas.

Capítulo 2

Potencial Nutricional de la Yuca

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, si bien las raíces aportan la mayor cantidad de nutrimentos totales. Aunque la variedad y las condiciones del suelo y del ambiente afectan las proporciones en que se encuentran cada uno de esos órganos o partes en la planta madura, en promedio tales proporciones son las siguientes: 50% para las raíces, 40% para los tallos y pecíolos y 10% para las hojas.

Además de estos productos primarios de la yuca existen otros derivados que tienen también buen potencial como alimento para animales, especialmente los subproductos de los procesos de industrialización (el bagazo o ripio, la cáscara o corteza y la mancha).

Con excepción del follaje, los productos y subproductos de la planta de yuca son esencialmente energéticos debido a su alto contenido de almidones y al bajo nivel de proteína en su composición proximal.

Para obtener una primera aproximación acerca del valor nutricional de la planta de yuca se puede considerar el valor total de la energía alimenticia y de la proteína cruda que una hectárea del cultivo puede producir. Con un rendimiento de 15 t de raíces y de 3.7 t de follaje (considerando éste igual al 25% de las raíces),

una hectárea de yuca proporcionaría en un año 20 millones de kilocalorías de energía metabolizable y 380 kg de proteína cruda.

La yuca se destaca especialmente como fuente de energía, que es el nutrimento cuantitativamente más importante de las raciones alimenticias para las diferentes especies animales. Como un punto de referencia para cálculos muy generales, se puede considerar que por cada kilogramo de proteína total que se suministra en la ración alimenticia se requieren entre 15 y 20 Mcal de energía.

En el Cuadro 2.1, donde se compara la yuca con otros productos agrícolas de amplio uso en la alimentación animal en términos de su rendimiento en energía total y su proteína cruda, se puede observar claramente la importancia de la yuca como fuente de energía. Por otra parte, la yuca tiene un bajo nivel de proteína como se aprecia en el cuadro, y ese hecho hace necesaria la adición de este nutrimento a las raciones preparadas con una alta proporción de la raíz.

Cuadro 2.1. Contenido de energía útil y proteína total en diferentes productos utilizados en alimentación animal.^a

Producto	Materia seca (%)	Energía		Proteína (g/kg)
		Metabolizable Aves (Mcal/kg)	Digestible Cerdos (Mcal/kg)	
Raíz fresca de yuca	35.0	1.20	1.30	12
Raíz seca de yuca (harina)	90.0	3.10	3.40	34
Follaje fresco de yuca	28.0	0.34	0.36	65
Follaje seco de yuca (harina)	90.0	1.10	1.20	220
Batata fresca (<i>Ipomoea batatas</i>)	30.0	1.03	1.05	17
Batata seca - harina	90.0	3.08	3.15	51
Papa fresca (<i>Solanum tuberosum</i>)	23.0	0.80	0.85	21
Papa seca - harina	90.0	2.90	3.30	82
Banano fresco (<i>Musa sapientum</i>)	20.0	0.65	0.75	10
Banano seco - harina	90.0	2.85	3.30	45
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i> L.)	90.0	3.25	3.30	87
Maíz (<i>Zea mays</i> L.)	90.0	3.40	3.45	95
Arroz (<i>Oryza sativa</i> L.)	90.0	3.15	3.40	80
Frijol soya (<i>Glycine max</i> Merrill)	90.0	3.45	4.02	380

a. Cifras estimadas y adaptadas a valores fijos de materia seca.

Composición Nutricional de las Raíces y el Follaje de Yuca

La mayor parte de la información que se presenta en este capítulo sobre la composición nutricional de los productos derivados de la planta de yuca se refiere a las raíces y al follaje, por ser éstos los productos primarios y por constituir el volumen principal en la producción del cultivo. En algunos casos se incluirá información complementaria sobre otros productos y subproductos.

Con el propósito de poder establecer comparaciones más equitativas entre productos, la mayor parte de la información se analizará considerando: a) la materia fresca, o sea el producto con la humedad que tiene al momento de la cosecha (base húmeda); b) la materia seca, o sea con 0% de humedad (base seca); y c) la materia que, después de haber sido secada, queda expuesta a la humedad ambiental. En este último caso se consideran las harinas (de la raíz o del follaje) que han sido deshidratadas hasta niveles cercanos al 0% de humedad, pero que al almacenarlas en condiciones ambientales corrientes captan de nuevo una pequeña cantidad de humedad ambiental (no superior a 10% - 12%); en estas condiciones (humedad de equilibrio ambiental) es como generalmente se utilizan las harinas en la preparación de raciones alimenticias.

Normalmente las raíces y el follaje de la yuca recién cosechados son productos perecederos, con un alto nivel de humedad. En el caso de las raíces este nivel es más o menos constante (entre 62% y 68% de agua), pero en el follaje varía mucho más (entre 65% y 80%), dependiendo principalmente de la edad de la planta al momento de la cosecha y de las condiciones ambientales. Para tener un punto de referencia con respecto a la humedad, en la presente publicación se ha decidido utilizar valores para la materia seca de las raíces y del follaje equivalentes a un 35% y a un 28% de su peso fresco, respectivamente.

A continuación se presentan datos analíticos sobre los principales principios nutritivos de la raíz y el follaje de yuca; estos principios aparecen clasificados como: nutrimentos

mayores, aminoácidos, valores energéticos y nutrimentos menores (vitaminas y minerales trazas).

Nutrimentos mayores

Los nutrimentos mayores que se consideran en la presente publicación son: la proteína cruda (N x 6.25), la fibra cruda, el extracto etéreo (grasa), el extracto no nitrogenado (ENN), el calcio, el fósforo y la ceniza.

En el Cuadro 2.2 se presentan los valores promedios de estos nutrimentos en las raíces y en el follaje de yuca, calculados según su concentración original (base húmeda), después de seco el producto (base seca) y con la humedad de equilibrio ambiental.

Las cifras relativas a la raíz corresponden a las de este producto a la edad normal de la cosecha, y las del follaje corresponden a plantas jóvenes con una mínima proporción de tallos.

Cuadro 2.2. Contenidos de nutrimentos mayores en las raíces y el follaje de la yuca, calculados sobre la base húmeda o fresca, la base seca, y con la humedad de equilibrio ambiental.

Nutrimentos	Contenidos ^a (%)					
	En las raíces			En el follaje ^b		
	B. húm.	B. seca	Hum. amb.	B. húm.	B. seca	Hum. amb.
Materia seca	35.00	100.00	90.00	28.00	100.00	90.00
Proteína cruda	1.10	3.10	2.80	6.80	24.00	22.00
ENN	31.70	90.50	81.50	10.60	37.70	34.00
Extracto etéreo	0.47	1.30	1.20	1.80	6.50	5.90
Fibra cruda	1.10	3.10	2.80	5.80	20.60	18.60
Ceniza	0.70	1.90	1.70	1.70	6.20	5.60
Calcio	0.10	0.33	0.30	0.43	1.50	1.40
Fósforo	0.15	0.44	0.40	0.08	0.27	0.25

a. B. húm. = base húmeda; B. seca = base seca; Hum. amb. = con la humedad de equilibrio ambiental.

b. Follaje = hojas y tallos tiernos. Los tallos representan menos del 20% del peso del follaje.

Los resultados que se obtienen en análisis sobre la composición nutricional de las raíces generalmente son muy constantes, aunque se presentan algunos cambios menores asociados con la variedad de la yuca; estos cambios tienen que ver especialmente con los contenidos de proteína, fibra y humedad. Algunas de las diferencias más importantes entre variedades se ilustrarán más adelante.

Es importante anotar que la cáscara o corteza representa entre 15% y 20% del peso total de la raíz, y que la pulpa o cilindro central equivale a 80% - 85% aproximadamente. La mayor proporción de proteína, grasa, fibra y minerales (ceniza) está localizada en la corteza, mientras que los carbohidratos se localizan preferencialmente en la pulpa. Las diferencias nutricionales entre ambos productos se pueden apreciar en el Cuadro 2.3. Por otra parte, el Cuadro 2.4 muestra las diferencias más importantes entre la raíz completa y la raíz sin cáscara, y proporciona una información más detallada sobre la disponibilidad de carbohidratos y el fraccionamiento de la fibra (fibra detergente neutra y fibra detergente ácida).

La composición nutricional del follaje de yuca, por su parte, presenta una gran variación en cuanto a su calidad y cantidad, por efecto de la variedad y de otros factores. Los más importantes de estos últimos están relacionados con la edad de la planta y con la proporción entre hojas y tallos; a mayor edad de la planta

Cuadro 2.3. Contenidos de nutrimentos en la corteza o cáscara y en la pulpa o cilindro central de la raíz de yuca (base húmeda y base seca).

Componentes	Contenidos (%)			
	Corteza		Pulpa (cilindro central)	
	B. húm.	B. seca	B. húm.	B. seca
Materia seca	28.0	100.0	41.0	100.0
Proteína cruda	1.5	5.4	1.0	2.4
Carbohidratos	21.7	77.5	37.5	91.0
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

Cuadro 2.4. Composición química de la harina de yuca de la raíz completa y de la raíz sin cáscara (base seca).

Componentes	Contenidos (%)	
	Raíz con cáscara	Raíz sin cáscara
Materia seca	100.00	100.00
Carbohidratos disponibles	83.80	92.40
Proteína cruda	3.05	1.56
Extracto etéreo	1.04	0.88
Cemiza	2.45	2.00
Fibra detergente neutra	6.01	3.40
Fibra detergente ácida	4.85	1.95
Hemicelulosa	1.16	1.45

FUENTE: Agudo, 1979. Adaptación.

menor contenido de proteína y mayor cantidad de fibra y materia seca, y a mayor proporción de hojas en relación con los tallos y pecíolos se obtiene mayor concentración de proteína y menor concentración de fibra y materia seca.

La proteína y la fibra determinan en gran parte la calidad del producto final para la alimentación de animales, especialmente de monogástricos.

Normalmente las hojas contienen más del doble de proteína que los tallos, y también son más ricas en caroteno, calcio y fósforo.

Proteína. Las raíces de yuca se caracterizan por su bajo contenido de proteína cruda y aminoácidos; es especialmente notable su deficiencia en los aminoácidos esenciales metionina, cistina y triptófano. Por otro lado, las raíces presentan un exceso en la concentración de arginina, ácido aspártico y ácido glutámico en comparación con la de los aminoácidos restantes.

Aproximadamente el 50% de la proteína cruda de la raíz corresponde a proteína verdadera (nitrógeno proteico), mientras que el otro 50% o más está constituido por aminoácidos en forma

libre (ácidos aspártico y glutámico), y por componentes no proteicos entre los cuales se destacan los nitritos, los nitratos y el ácido cianhídrico.

La corteza de la raíz presenta mayor concentración de proteína cruda que la pulpa o parte central. También se observan diferencias notables en cuanto a la concentración de principios nitrogenados entre las variedades analizadas (Cuadro 2.5). Aunque la mayoría de las variedades comerciales muestran contenidos de proteína que fluctúan entre 2% y 4% (sobre una base seca), el rango es bastante amplio, ya que se han encontrado variedades con niveles mayores que 10%.

Es importante anotar que las raíces que resultan con un alto nivel de proteína generalmente son aquéllas que han sido cosechadas muy tempranamente o que corresponden a variedades con rendimientos totales muy bajos, y por tal razón no se consideran como variedades comercialmente promisorias.

Cuadro 2.5. Diferencias entre tres variedades de yuca con respecto al contenido de componentes nitrogenados en la pulpa y en la corteza.

Variedad y parte de la raíz	Contenidos (%)				
	Base húmeda			Base seca	
	Humedad	N	NNP ^a	N	NNP
CMC 84					
Raíz completa	63.9	0.16	0.06	0.45	0.20
Pulpa	64.3	0.12	0.07	0.33	0.17
Corteza	76.0	0.33	0.16	1.37	0.67
CMC 60					
Raíz completa	70.2	0.14	0.07	0.48	0.23
Pulpa	68.1	0.10	0.06	0.31	0.21
Corteza	71.9	0.20	0.14	0.71	0.50
CMC 11					
Raíz completa	58.6	0.36	0.24	0.86	0.57
Pulpa	58.2	0.32	0.20	0.80	0.48
Corteza	64.1	0.41	0.29	1.14	0.81

a. NNP = nitrógeno no proteico.

FUENTE: Maner, 1972.

En contraste con lo que ocurre en las raíces, el contenido de proteína en el follaje de yuca ofrece un potencial de mucha importancia, tanto cuantitativa como cualitativamente. El nivel de proteína en el follaje presenta una amplia variación, dependiendo de la variedad, la edad, la época de la cosecha, el suelo y la proporción entre hojas y tallos.

En el Cuadro 2.6 se pueden apreciar las diferencias en la concentración de proteína y de otros nutrimentos mayores en la harina de diferentes partes del follaje de yuca. La calidad de esta proteína es comparable con la de otras proteínas de origen foliar que se utilizan en nutrición animal, especialmente la de la harina de alfalfa. Igual que sucede en la raíz, en el caso del follaje los aminoácidos azufrados (metionina y cistina) son factores limitativos en cuanto a la proteína.

Cuadro 2.6. Composición química de diferentes clases de harina de follaje de yuca (base seca).

Componentes	Composición según origen de la harina (%)		
	Hojas	Hojas, tallos tiernos y pecíolos	Tallos tiernos y pecíolos
Materia seca	100.0	100.0	100.0
Proteína cruda	28.9	13.1	7.6
Carbohidratos	43.7	48.5	51.8
Extracto etéreo	5.9	1.2	1.3
Fibra cruda	13.8	30.9	32.8
Ceniza	7.5	6.2	6.4

FUENTE: Gramacho, 1973b.

Extracto no nitrogenado. Los componentes principales del extracto no nitrogenado en la raíz de yuca son los carbohidratos solubles, constituidos por almidones y azúcares. El almidón constituye el 80% del extracto no nitrogenado.

El almidón, a su vez, contiene aproximadamente 70% de amilopectina y 20% de amilosa. La estructura molecular de la amilosa es recta, mientras que la amilopectina está formada por

muchas cadenas (Figura 2.1); esta conformación es la causa de la viscosidad propia del almidón de yuca.

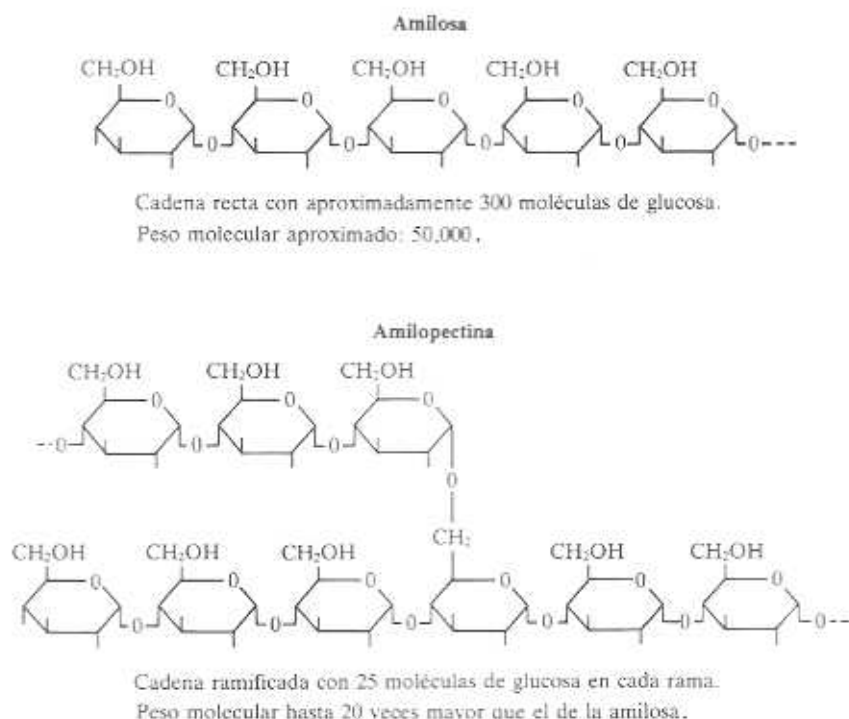


Figura 2.1. Estructura molecular de la amilosa y de la amilopectina.

La molécula d-glucosa es el producto final resultante de la hidrólisis de los almidones y azúcares de la raíz de yuca. Los productos intermedios y finales de la hidrólisis de la amilosa y la amilopectina incluyen dextrinas, maltosa y glucosa.

Los carbohidratos del follaje de la yuca también están constituidos en su mayor parte por almidones, con un contenido de amilosa de 19% a 24%.

Fibra. El nivel de fibra cruda en la yuca presenta pequeñas variaciones de acuerdo con la variedad de la planta y la edad de la raíz; sin embargo, normalmente sus valores no son superiores a 1.5% en la raíz fresca y a 4% en la harina. En el follaje, los

niveles de fibra son generalmente inferiores a los que se observan en otros forrajes tropicales utilizados como fuente de proteína.

La hemicelulosa y la celulosa son los constituyentes principales de la pared celular; el otro componente es la lignina que, en su mayor parte forma con la celulosa un complejo conocido como lignocelulosa. Esta es una fracción no aprovechable como nutrimento para aves y cerdos. El proceso de lignificación se incrementa considerablemente después de que la planta disminuye su crecimiento, y, como resultado de la madurez, afecta tanto a los tallos como a las hojas ocasionando una disminución progresiva en su valor nutritivo.

La lignocelulosa, como se observa en el Cuadro 2.4 donde está representada por el componente 'fibra detergente ácida', tiene en la raíz con cáscara un valor (4.85%) mayor que en la raíz sin cáscara, lo cual indica una menor disponibilidad de carbohidratos en el primer caso.

Extracto etéreo. Los nutrimentos grasos se encuentran en una concentración mínima en la raíz de yuca, y están constituidos principalmente por galactosil-diglicéridos y ácidos grasos saturados. La concentración de extracto etéreo es mayor en la cáscara o corteza que en la pulpa.

Aunque el nivel de principios grasos y de otros principios solubles en grasas (xantofilas, clorofilas, resinas, etc.) en el follaje es mayor que en la raíz, algunos de tales componentes (ácidos grasos volátiles, clorofila y resinas) no aportan energía a las raciones; por esta razón el valor energético relativo del extracto etéreo es menor en el follaje que en la raíz, donde los ácidos grasos y glicéridos son el principal componente de dicho extracto.

Según Escobar (1978), la concentración porcentual de los principales ácidos grasos presentes en el extracto etéreo del follaje es la siguiente:

Láurico (C ₁₂)	1.0-2.2
Mirístico (C ₁₄)	0.3-0.5
Palmítico (C ₁₆)	27.6-36.1
Palmitoleico (C _{16:1})	3.2-5.4
Esteárico (C ₁₈)	3.9-5.7

Oleico (C _{18:1})	6.4 - 8.9
Linoleico (C _{18:2})	12.3 - 18.2
Linolénico (C _{18:3})	26.6 - 34.5
Araquídico (C ₂₀)	0.7-1.2
Behénico (C ₂₂)	0 - 0.7

Calcio y fósforo. Normalmente, en el caso de la yuca la concentración de fósforo es mayor en la raíz, mientras la de calcio es mayor en el follaje (ver Cuadro 2.2).

Comparando los contenidos de calcio y de fósforo en la raíz se observa que el de calcio presenta mayor variación, y que su concentración es mayor en la cáscara que en la pulpa. El nivel de fósforo en las diferentes partes de la raíz (alrededor de 0.10% a 0.15%) es más constante, pero su disponibilidad nutricional fluctúa, al igual que en la hojas, entre 30% y 50%.

Se debe tener en cuenta que los valores de las concentraciones de calcio, fósforo y demás minerales pueden resultar alterados en el caso de la raíz, debido a su contaminación con suelo y con materiales extraños durante el proceso de recolección y procesamiento.

Aminoácidos

El Cuadro 2.7 presenta información sobre el contenido de diferentes aminoácidos en la raíz y el follaje de yuca; debido al mayor contenido de proteína en el follaje, las cifras correspondientes a éste tienen mayor importancia relativa que las de la raíz.

La metionina y la cistina son aminoácidos pertenecientes al grupo de los azufrados, cuyos bajos niveles en las raíces y el follaje de yuca resultan limitativos para la nutrición de monogástricos; por lo tanto, cuando en la alimentación de este tipo de animales se utilizan niveles apreciables de raíces o de follaje de yuca, es necesario incluir en la ración productos con un alto contenido de metionina, o bien metionina sintética. Esta práctica no sólo permite equilibrar la deficiencia de metionina,



Cuadro 2.7. Aminoácidos en las raíces y el follaje de la yuca; su contenido en relación con el peso total de estas partes de la planta y su concentración con respecto al total de proteínas.

Aminoácido	En las raíces			En el follaje		
	Contenidos base húm. (% peso)	Contenidos base seca (% peso)	Concentración (% proteína)	Contenidos base húm. (% peso)	Contenidos base seca (% peso)	Concentración (% proteína)
Arginina	0.10	0.29	11.0	0.30	1.48	5.3
Histidina	0.02	0.07	2.6	0.13	0.66	2.3
Isoleucina	0.01	0.03	1.0	0.33	1.67	5.9
Leucina	0.11	0.31	11.7	0.54	2.72	9.7
Lisina	0.02	0.07	2.6	0.37	1.87	6.7
Metionina	0.01	0.03	1.0	0.07	0.36	1.3
Fenilalanina	0.01	0.03	1.0	0.18	0.92	3.3
Treonina	0.01	0.03	1.0	0.27	1.35	4.8
Triptofano	—	—	0.5	0.05	0.24	0.8
Valina	0.01	0.04	1.5	0.20	0.99	3.5
Alanina	0.05	0.15	5.7	0.34	1.70	6.1
A. aspártico	0.04	0.13	4.9	0.49	2.44	8.7
Cistina	0.003	0.01	0.4	0.04	0.21	0.7
A. glutámico	0.05	0.15	5.7	0.40	1.99	7.1
Glicina	0.003	0.01	0.4	0.35	1.73	6.2
Prolina	0.01	0.03	1.0	0.18	0.88	3.1
Serina	0.01	0.04	1.5	0.34	1.68	6.0
Tirosina	0.003	0.01	0.4	0.18	0.89	3.2

FUENTE: Hutzgalung, 1977.

sino que tiene un efecto importante en los mecanismos de desintoxicación por ácido cianhídrico. El efecto de desintoxicación se debe a que los grupos sulfidrilos ($-SH$) del aminoácido reaccionan con el ion cianuro para formar la molécula tiocianato, que es inocuo para el organismo y que normalmente es excretado en la orina.

Componentes energéticos

Como un complemento a la información presentada hasta aquí sobre el aporte energético general de la yuca, en el Cuadro 2.8 se comparan los valores de la energía metabolizable en las raíces y el follaje para las principales especies de animales domésticos. Para el caso de las aves, acerca de las cuales se dispone de información más abundante, se presentan datos comparativos entre los valores energéticos de diferentes tipos de harina de yuca (Cuadro 2.9).

Debido al alto contenido de humedad de las raíces y el follaje de yuca, en los productos frescos los niveles de energía metabolizable están muy diluidos en contraste con lo que ocurre en los productos secos; por esta razón, en la mayoría de los casos de monogástricos el uso de los productos frescos está limitado.

Cuadro 2.8. Energía metabolizable de las raíces y el follaje de yuca frescos y secos en cuatro especies de animales domésticos.

Producto de yuca	Base ^a	Energía metabolizable según especies (Mcal/kg)			
		Aves	Porcinos	Bovinos	Ovinos
Raíces	B. húm.	1.25-1.40	1.35-1.50	1.20	1.26
	B. seca	3.23-3.65	3.55-3.80	3.25	3.07
Follaje	B. húm.	0.345	0.365	-	-
	B. seca	1.59	1.68	-	-

a. B. seca = producto seco (base seca); B. húm. = producto fresco (base húmeda).

FUENTE: Hutagalung, 1977.

Cuadro 2.9. Energía metabolizable en diferentes tipos de harina de raíces de yuca utilizados en raciones para aves, según diferentes autores.

Tipo de harina de raíz	Energía metabolizable ^a (Mcal/kg)	Investigador
Con cáscara	3.41	Agudu (1979)
Con cáscara	3.66	Fetuga y Oluyemi (1976)
Parcialmente sin cáscara	3.20-3.58	Williams (1975)
Parcialmente sin cáscara	3.23	Hutagalung et al. (1974)
Sin cáscara	3.43	Agudu (1979)
Sin cáscara	3.44	Olson et al. (1969)

a. Valores sobre la base seca.

Por otra parte, al comparar las cifras sobre la energía metabolizable en las raíces y el follaje se aprecia gran diferencia entre estos dos productos, debido al alto contenido de fibra cruda en el follaje.

Nutrientos menores

Vitaminas y minerales trazas. En general, el contenido de vitaminas y minerales trazas en las raíces de yuca es mínimo, especialmente en comparación con otras materias primas de uso común en la alimentación animal. En el Cuadro 2.10 se pueden apreciar las cifras correspondientes a las vitaminas más importantes en las raíces y las hojas de esta especie, mientras en el Cuadro 2.11 se encuentra información acerca de la concentración de los minerales menores más importantes.

En la yuca se observan algunas diferencias importantes entre el follaje tierno y el maduro, principalmente en cuanto a los valores de las vitaminas A y del complejo B. La mayor parte de la vitamina A del follaje se encuentra en forma de B-caroteno o

Cuadro 2.10: Principales vitaminas en las raíces y hojas de yuca frescas (B. húm.) y secas (B. seca).

Vitamina		Contenidos/100 g de producto			
		Raíces		Follaje	
		B. húm.	B. seca	B. húm.	B. 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

FUENTES: Para raíces: Chadha, 1961. Adaptación.
Para follaje: Terra, 1964. Adaptación

Cuadro 2.11. Concentración de los principales minerales trazas en las raíces y hojas de yuca.

Minerales		Contenidos/100 g de producto			
		Raíces		Follaje	
		B. húm.	B. seca	B. húm.	B. seca
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

FUENTE: Ravindran et al., 1983a.

provitamina A, la cual se convierte en vitamina A en la mucosa intestinal; la eficiencia de esta conversión es mayor en las aves (100%) que en los cerdos (30%) y que en el ganado (25%).

Pigmentantes. En los planes de alimentación para aves es de suma importancia considerar la adecuada pigmentación de la piel en los pollos para matadero, y de la yema del huevo en las aves

de postura. La pigmentación se debe de manera especial a la presencia de principios pigmentantes naturales (xantofilas) o sintéticos en la ración alimenticia.

En el caso de los pigmentantes en la planta de yuca, nuevamente se observa un contraste marcado entre la raíz y las hojas: mientras que la raíz está desprovista de ellos, la harina de las hojas aporta una considerable concentración de xantofilas totales (605 mg/kg) y de xantofilas pigmentantes (508 mg/kg). Estos valores se pueden comparar favorablemente con los de otras fuentes tradicionales de pigmentantes naturales (Cuadro 2.12).

Cuadro 2.12. Concentración de xantofilas pigmentantes en varios productos naturales.

Productos	Xantofilas (mg/kg)
Harina de hojas de yuca	508
Harina de hojas de alfalfa	450
Harina de <i>Leucaena leucocephala</i>	650
Maíz amarillo	25
Gluten de maíz (60% proteína)	330
Harina de algas (<i>Spongiococcum excentricum</i>)	2200
Harina de pétalo de marigold (<i>Tagetes erecta</i>)	8000

FUENTES: Agudu, 1972 y Scott et al., 1969. Adaptación

Acido cianhídrico

En este capítulo se alude sólo brevemente a la presencia de principios antinutricionales en la yuca conocidos como glucósidos cianogénicos (linamarina, lotaustralina), los cuales se transforman eventualmente en ácido cianhídrico (HCN) o en el ion cianuro (CN); estos son productos responsables de los efectos tóxicos de las variedades amargas de yuca. En el Capítulo 3 se hace un análisis más detallado sobre el modo de acción y los síntomas de intoxicación por ácido cianhídrico en el organismo animal.

Aproximadamente el 90% del ion cianuro se encuentra en forma del glucósido denominado linamarina (cianuro ligado). El

porcentaje restante está constituido principalmente por el cianuro libre y la lotaustralina.

La linamarina libera el ácido cianhídrico mediante la acción de la enzima linamarasa, presente normalmente en los tejidos de la raíz, especialmente en la cáscara. Esta reacción que libera el ácido cianhídrico ocurre principalmente cuando la estructura celular de los tejidos de la raíz se destruye por acción mecánica al momento de la cosecha. En el Cuadro 2.13 se comparan las concentraciones de cianuro total y cianuro libre en diez variedades de yuca procedentes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Los niveles de ácido cianhídrico presentan valores distintos en las diferentes partes de la planta de yuca, dependiendo de factores como la variedad y la edad de la planta, las condiciones del cultivo, la fertilización, etc. Existen variedades dulces de yuca con niveles inferiores a 20 ppm de ácido cianhídrico en el parénquima fresco, mientras que algunas variedades amargas sobrepasan las 600 ppm.

En general, los glucósidos cianogénicos se encuentran en los diferentes tejidos de la planta, pero su concentración siempre es

Cuadro 2.13. Concentración de cianuro (total y libre) en raíces frescas y completas de diferentes variedades de yuca, cosechadas a los 14 meses.

Variiedad	Materia seca (%)	Cianuro total (mg/kg de M.S.)	Cianuro libre (%)
Llanera	31.4	173	24
Valluna	23.9	137	28
MCol22	36.8	267	27
MVen 218	35.8	281	26
MCol 1684	30.2	884	48
CM 305-38	34.1	227	34
CM 321-188	36.1	306	40
CM 323-375	37.3	573	35
CM 326-407	37.4	403	29
CM 342-55	31.7	381	36

FUENTE: Gómez, 1982.

mayor en la parte aérea (hojas y tallos) que en la raíz. Considerando la raíz independientemente se ve que el nivel de cianuro es mayor en las capas más externas, y que alcanza los valores más altos en la corteza o cáscara. Las hojas se comportan en forma un poco diferente, de acuerdo con la variedad y la edad de la planta, pero en promedio el valor del cianuro es intermedio entre el de la cáscara y el del parénquima de la raíz.

A medida que aumenta la edad de la planta el contenido total de cianuro tiende a disminuir en los tejidos de la raíz, como puede observarse en la Figura 2.2, donde se compara una variedad colombiana dulce (CMC-40) con una variedad amarga (CMC-84).

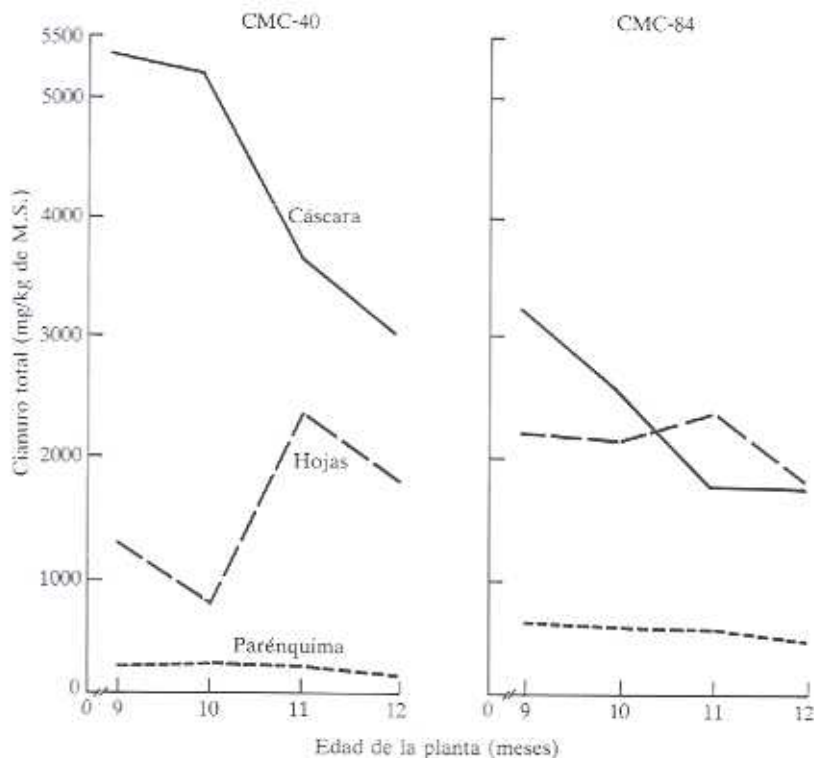


Figura 2.2. Influencia de la edad de la planta de yuca sobre el contenido de cianuro en las diferentes partes de la misma, en dos variedades.

(FUENTE: CIAT, 1981).

Gondwe (1974) encontró las siguientes concentraciones de ácido cianhídrico total en diversas partes de la planta de variedades africanas de yuca, con niveles altos de ácido cianhídrico:

Pulpa de la raíz	45-330 mg/kg de materia fresca
Cáscara de la raíz	610-950
Hojas tiernas	560-620
Hojas maduras	400-530

En el Cuadro 2.14 se puede apreciar la diferencia entre variedades dulces y amargas procedentes de Brasil, analizando nuevamente la concentración de ácido cianhídrico en diferentes tejidos de la planta.

Cuadro 2.14. Concentración de ácido cianhídrico (HCN) en diferentes partes de la planta de variedades dulces y amargas de yuca (variedades brasileñas).

Partes de la planta	HCN total (mg/kg de materia fresca)	
	Yuca dulce	Yuca amarga
Pulpa de la raíz	4	53
Hojas maduras	16	41
Tallos verdes	14	24
Tallos adultos (leñosos)	43	113
Médula del tallo	19	26

FUENTE: Domínguez, 1983.

Composición Nutricional de los Subproductos de la Yuca

Toda la información que se ha analizado hasta ahora se refiere a dos partes de la planta de yuca que se pueden utilizar directamente como productos alimenticios para animales: las raíces y el follaje. Durante los procesos de industrialización y de transformación de la yuca en otros productos, generalmente se obtienen uno o más subproductos que pueden destinarse también a programas de

alimentación, de acuerdo con su valor nutricional y los costos de oportunidad.

La variación en la composición nutricional de estos materiales es muy amplia, como consecuencia de la extensa gama de procesos posibles de desarrollar en la transformación de la yuca. Por esta razón no se incluirá información nutricional detallada sobre todos los productos y subproductos de la yuca, sino sobre aquéllos de mayor importancia por su volumen y características nutricionales, y que además presenten una composición química más homogénea.

Los procesos industriales más comunes a base de raíces de yuca comprenden la producción de harina, 'raspas' o trocitos, almidón, tapioca, alcohol, ácido láctico, glucosa, dextrinas y gomas. De estos productos el almidón es el que permite, durante su fabricación, obtener una mayor cantidad de subproductos de importancia para la alimentación animal.

Normalmente, la elaboración de almidón y/o de harina es el primer paso en el proceso de industrialización de la yuca, y en la mayoría de los casos se realiza en forma rudimentaria, cerca de las zonas de producción; esta situación determina una gran variación en la cantidad y la calidad de los productos y subproductos generados. Los procesos industriales restantes, que incluyen entre otros la obtención de alcohol, dextrinas, ácido láctico, y gomas, se desarrollan en su mayoría sobre la base de la harina y el almidón.

No se discutirá muy detalladamente el valor nutricional del almidón de yuca ni su papel como componente de raciones alimenticias para animales, ya que se trata de un producto que se utiliza primordialmente para procesos industriales. Por el contrario, hay algunos subproductos de la fabricación de almidón que tienen importancia especial en la alimentación animal, y que se conocen con diversas denominaciones según la región; entre ellos están el bagazo, ripio o afrecho, la mancha o cachaza, el almidón no refinado, y otros.

Debido a la gran cantidad de agua que se utiliza durante la extracción de almidón, todos los subproductos mencionados se

caracterizan por su alto contenido de humedad (generalmente más de 80% en su forma original); esto hace difícil su utilización inmediata, y exige condiciones especiales de manejo.

Teniendo en cuenta esa variación en el contenido de humedad y el uso restringido que los subproductos tienen en su forma original, la información nutricional al respecto estará referida sólo a análisis efectuados con el producto fresco o sólo a análisis en base seca. Estos análisis se presentan en los Cuadros 2.15 y 2.16, donde se comparan los componentes proximales de los principales productos y subproductos de la elaboración de almidón de yuca, en términos de base húmeda y de base seca.

Cuadro 2.15. Materia seca y nutrimentos mayores de los principales subproductos de la raíz de yuca, con la humedad original (base fresca).

Subproductos ^a	Mat. seca (%)	Componentes ^b (%)				
		Prot. cruda	ENN	Ext. 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 = rípio; cachaza = mancha.

b. ENN = extracto no nitrogenado.

Cuadro 2.16. Contenido de nutrimentos mayores en subproductos de la raíz de yuca (base seca).

Subproductos ^a	Nutrimentos ^b (% de la mat. seca)				
	Prot. cruda	ENN	Ext. 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 = rípio; cachaza = mancha.

b. ENN = extracto no nitrogenado.

Es razonable encontrar una gran variación en los valores de la concentración de ácido cianhídrico en los diferentes subproductos, debido a un buen número de factores entre los cuales se pueden mencionar los sistemas de procesamiento, las variedades utilizadas para la fabricación del almidón, y la duración del proceso. La mayor parte del ácido cianhídrico se solubiliza en los subproductos acuosos resultantes del lavado de la pulpa, después de la extracción del almidón, como se puede apreciar en el Cuadro 2.17.

Cuadro 2.17. Concentración de cianuro en la yuca y diferentes subproductos de la extracción del almidón, en el caso de una variedad de yuca dulce.

Subproducto	Humedad (%)	Contenidos de cianuro (mg/100g de M.S.)	Cianuro en forma libre (% del cianuro 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.

Bibliografía

- Agudu, E. W. 1972. Preliminary investigation on some unusual feedstuffs as yolk pigments in Ghana. *Ghana J. Agric. Sci.* 5:33-38.
- * ———. 1979. An evaluation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) as a dietary ingredient for chicks. Tesis Ph.D. College Park University of Maryland. 81 p.
- y Thomas, O. P. 1982. Available carbohydrate in cassava meal determined by chick bioassay. *Poultry Science* 61(6):1131-1136.
- Araujo, E. C. y Languidey, P. H. 1982. Composição química, consumo voluntario e digestibilidade aparente de feno da rama da mandioca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 17(11):1679-1684.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- * Arguedas, P. y Cooke, R. D. 1982. Residual cyanide concentrations during the extraction of cassava starch. *Journal of Food Technology* 17:251-261.
- Arman, P. y Hopcraft, D. 1975. Nutritional studies on East African herbivores; 1: Digestibilities of dry matter, crude fiber and crude protein in antelope, cattle and sheep. *British Journal of Nutrition* 33(2):225-264.
- Bell, G. D. y Norton, B. W. 1981. The nutritive value of cassava leaf for sheep. Cassava Research Program, University of Queensland, Department of Agriculture, St. Lucia, Australia. p. 84-86.
- Bertolin, A. y Salomoni, A. C. A. 1978. Pão dos trópicos, bom nutriente animal. Quem é Quem na Agropecuária Brasileira. p. 78-80.
- Campos, O. F. De y Silva, J. F. C. 1978. Determinação do valor nutritivo da raspa de mandioca e da cruveira para ruminantes. *Seiva* 38(86):6-10.
- * Chadha, Y. R. 1961. Sources of starch in Commonwealth territories; 3: Cassava. *Trop. Sci.* 3:101-113.
- * CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Informe anual, Programa de Yuca, Cali, Colombia. 268 p.
- * Cours, G. 1951. Le Manioc a Madagascar. Mémoires l'Institut Scientifique de Madagascar. Série B. Biologie Végétale 3(2):203-400.
- Davendra, 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.
- Domínguez, C. E. (compilador) 1983. Yuca: investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (CIAT-PNUD), Cali, Colombia. 660 p.
- El Tinay, A. H.; Bureng, P. L. y Yas, E. A. E. 1984. Hydrocyanic acid levels in fermented cassava. *Journal of Food Technology* 19(2):197-202.
- * Escobar, M. I. 1978. Utilización de hojas y tallos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en alimentación animal. Tesis. Universidad Simón Bolívar, Facultad de Agronomía, Caracas, Venezuela.
- Ferrer, D. 1966. La yuca como alimento para ganado vacuno. *Agricultor Venezolano* 30(230):57-61.
- * Fetuga, B. L. y Oluyemi, J. A. 1976. The metabolizable energy of some tropical tuber meals for chicks. *Poultry Sci.* 55:868-873.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- * Gómez, G. 1982. Cassava, cyanide and animal nutrition. En: Cassava toxicity and thyroid: Research and public health issues. Memorias. Ottawa, Canadá. IDRC-207-e. 148 p.
- ; Santos, J. y Taborda, E. 1979. Utilización de ripo o afrecho de yuca en dietas para cerdos en crecimiento y acabado. Reunión Latinoamericana de Producción Animal, 7ª Panamá, Panamá. p. NR-49.
- * Gondwe, A. T. D. 1974. Studies on the hydrocyanic acid contents of some local varieties of cassava and some traditional cassava food products. East Afr. Agric. For. J. 40(2):161-167.
- Gramacho, D. D. 1973a. Contribuição ao estudo químico-tecnológico do feno de mandioca. Escola da Agronomia. Cruz das Almas, Brasil. Universidade Federale da Bahia. Brascan Nordeste. Série Pesquisa 1(1):143-152.
- * ——— 1973b. Projeto mandioca. Convenio U.F.B. Escola de Agronomia, No. 1, Cruz das Almas, Brasil. 159 p.
- * Hutagalung, R. I. 1977. Additives other than methionine in cassava diets. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop, University of Guelph, Canadá, 1977. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 18-32.
- ; Jalaludin, S.; y Chan, C. C. 1974. Evaluation of agricultural products and byproducts as animal feeds. Mal. Agric. Res. 3:49-59.
- Jalaludin, S. 1980. La yuca como alimento para ganado y aves de corral. Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos, Xalapa, México. 31 p.
- Khajarern, S. 1978. Final conclusions and recommendations. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture, Cassava nutrition project. Annual report, Khon Kaen, Thailandia. p. 144-188.
- . 1978. Biological titration of Thai cassava root products of various quality grades with broiler chicks. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Cassava nutrition project. Annual report, Khon Kaen, Tailandia. p. 42-53.
- Kok Choo, T. L. y Hutagalung, R. I. 1972. Nutritional value of tapioca leaf for swine. Malaysian Agricultural Research 1:38-47.
- Longe, O. G.; Famojuro, E. O. y Oyenuga, V. A. 1977. Available carbohydrates and energy values of cassava, yam and plantain peels for chicks. East African Agricultural and Forestry Journal 42(4):408-413.
- Maini, S. B. 1981. Cassava: A protein rich animal feed. Indian Farming 30(11):27-30.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- * Maner, J. H. 1972. La yuca en la alimentación de cerdos: Seminario sobre Sistemas de Producción de Porcinos en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 368 p.
- Maust, L. E.; Scott, M. L. y Pond, W. G. 1972. The metabolizable energy of rice bran, cassava flour and blackeye cowpeas for growing chickens. *Poultry Science* 51(4):1397-1401.
- Muindi, P. J. y Hansen, J. F. 1981. Nutritive value of cassava root meal enriched by *Trichoderma harzianum* for chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 32:647-654.
- Noon, R. A. y Booth, R. H. 1977. Nature of post-harvest deterioration of cassava roots. *Transactions of the British Mycological Society* 69(2):287-290.
- Obigbesan, G. O. y Fafunso, M. 1980. Some chemical components of Nigerian cassava cultivars and of the processed product. *Tropenlandwirt* 81(2):151-161.
- * Olson, D. W.; Sunde, M. L. y Bird, H. R. 1969. The metabolizable energy content and feeding value of mandioca meal in diets for chicks. *Poultry Sci.* 48:1445-1452.
- Oyenuga, V. A. y Fetuga, B. C. 1975. Chemical composition, digestibility and energy values of some varieties of yam, cassava, sweet potatoes and cocoyams for pigs. *Nigerian Journal of Science* 9(1):63-110.
- Perez, J. M.; Castaing, J.; Grosjean, F.; Chauvel, J.; Bourdon, D. y Leuillet, M. 1981. Valeur énergétique de deux types de manioc et utilisation comparée dans les régimes du porc en croissance et du porcelet. *Journées de la Recherche Porcine en France* 13:125-144.
- Raja, K. C. M.; Abraham, E.; y Mathew, A. G. 1982. Effect of defatting on amylose content, viscosity characteristics and organoleptic quality of cassava. *Journal of Food Technology* 17:761-765.
- * Ravindran, V.; Kornegay, E. T.; Cherry, J. A. 1983a. Feeding values of cassava tuber and leaf meals. *Nutrition Reports International* 28(1):189-196.
- ; ———; Potter, M. L.; Webb Jr., K. E. y Parsons, C. M. 1983b. True metabolizable energy values of cassava tuber and leaf meals for poultry. *Tropical Agriculture* 60(2):82-84.
- Ross, E. y Enriquez, F. Q. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. *Poultry Science* 48:846-853.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- * Scott, M. L.; Nesheim, M. C. y Young, R. J. 1969. Nutrition of the chicken. W. F. Humphrey Press. Geneva, USA: 511 p.
- Shimada, A.; Peraza, C.; y Cabello, F. T. 1971. Valor alimenticio de la harina de yuca *Manihot utilissima* Pohl, para cerdos. Técnica Pecuaria en México 15-16:31-35.
- Siriwardene, J. A. y Ranaweera, K. N. P. 1974. Manioc leaf meal in poultry diets. Ceylon Veterinary Journal 22(3-4):52-57.
- Stevenson, M. H. y Graham, W. D. 1983. The chemical composition and true metabolizable energy content of cassava root meal imported into Northern Ireland. Journal of the Science of Food and Agriculture 34(10):1105-1107.
- Tejada, I. y Brambila, S. 1979. Investigaciones acerca del valor nutritivo de la yuca para el pollito. Técnica Pecuaria en México 12:5-11.
- * Terra, G. J. A. 1964. The significance of leaf vegetables, especially of cassava in tropical nutrition. Trop. Geog. Med. 16:97-108.
- Totsuka, K. 1978. Study of nutritive value of cassava in rations for growing and finishing pigs. Japanese Journal of Zootechnical Science 49(4):250-257.
- Ugochukwu, E. N. y Osisiogu, I. U. W. 1977. Hydrogen sulphide from leaves of *Manihot utilissima* cassava. Planta Médica 32:105-109.
- * Williams, G. E. S. 1975. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz); a source of energy in diets for broiler chicks. Diss. Abs. Int. 36:10B- 11B.
- Yoshida, M. 1970. Bioassay procedure of energy sources for poultry feed and estimation of available energy of cassava meal. Japan Agricultural Research Quarterly 5(4):44-47.
- Zarate, J. J. 1956. The digestibility by swine of sweet potato vines and tubers, cassava root, and green papaya fruits. Philippine Agriculturist 40:78-83.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

Capítulo 3

Características de la Yuca que Inciden en su Uso como Alimento Animal, y su Manejo

A pesar de la versatilidad de la yuca en cuanto a su uso en la alimentación animal, para que ella pueda contribuir de una manera efectiva a la solución de las necesidades nutricionales de las diferentes especies se requieren condiciones especiales, igual que ocurre con otros materiales que se usan con el mismo propósito. Tales condiciones tienen que ver con el adecuado manejo de ciertos factores nutricionales y algunos principios 'antinutricionales' que presentan la yuca y sus derivados en general, así como con el aprovechamiento eficiente de las características específicas de cada producto.

En términos generales, al incluir la yuca en cualquiera de sus formas o productos en programas de alimentación animal se deben tener en cuenta los siguientes factores:

1. la concentración de nutrimentos;
2. la presencia de ácido cianhídrico y glucósidos cianogénicos y
3. el deterioro acelerado que sufren las raíces después de cosechadas.

Concentración de Nutrimentos

Los principales factores nutricionales que facilitan o limitan la utilización de yuca en la alimentación animal tienen que ver con las concentraciones de energía, nitrógeno no proteico y nitrógeno proteico, aminoácidos azufrados, vitaminas y minerales en este producto. Como factor específicamente antinutricional se debe considerar el contenido de ácido cianhídrico.

Concentración energética

La concentración de energía útil para la alimentación animal que tienen la yuca y sus subproductos está afectada por su nivel de humedad. Así, cuando las raíces están frescas contienen sólo 30%-35% de materia seca y proporcionan menos de 1500 kcal de energía metabolizable por kilogramo; estos niveles tan bajos de energía limitan las posibilidades de usar la yuca fresca para alimento de aves y cerdos en las etapas iniciales de su desarrollo. Al deshidratar las raíces, la concentración de energía metabolizable se incrementa hasta 3200-3600 kcal/kg, nivel que ya resulta adecuado para las especies mencionadas de todas las edades.

El fenómeno anterior también se observa en el follaje de la yuca, en cuyo caso el contenido de fibra bruta tiene un importante efecto adicional en la disminución del nivel de energía. Las hojas frescas contienen menos de 500 kcal/kg de energía metabolizable, mientras la harina de hojas contiene 1600 a 1700 kcal. Los dos factores limitativos mencionados hacen de las hojas de yuca un producto más adecuado para la alimentación de rumiantes.

En el Cuadro 3.1 se indican los subproductos más importantes de la yuca con su contenido energético y sus niveles de humedad y fibra cruda.

Cuadro 3.1. Productos derivados de la yuca útiles como fuentes de energía para la alimentación animal (indicados en orden descendente).

Productos	Energía digestible (Mcal/kg)	Humedad (%)	Fibra (%)
Almidón	4.0	10	-
Harina de raíces	3.4	10	2.8
Harina de ripio ^a	2.9	10	11.8
Harina de cáscara ^b	2.2	10	13.0
Harina de hojas	1.5	10	19.0
Ensilaje de raíces	1.3	55	1.2
Raíz fresca	1.2	65	1.1
Ripio húmedo	1.0	70	3.5
Cáscara fresca	0.8	72	2.8
Hojas frescas	0.6	74	5.9

a. Ripio = bagazo.

b. Cáscara = corteza.

Concentración de proteína y aminoácidos esenciales

Los productos derivados de la raíz (raíz fresca, almidón, ripo o bagazo) tienen un bajo nivel de proteína cruda. Los aminoácidos más limitativos son, en orden de importancia, la metionina, la cistina y el triptófano. Debido a esa limitación, una ración animal que tenga una cantidad alta de productos derivados de la raíz debe ser complementada con proteína de otras fuentes, y casi siempre se hace necesaria la adición de metionina sintética.

Los productos derivados del follaje (hoja fresca, harina de hojas), son, por el contrario, fuentes importantes de proteína, aunque el orden mencionado para los aminoácidos limitativos en el caso de la raíz se conserva en el follaje.

Cuando las raciones para aves y cerdos tienen un alto contenido de raíces y/o follaje de yuca, en la mayoría de los casos es necesario adicionar pequeños niveles (0.1%-0.3%) de metionina sintética. La metionina no sólo cumple funciones metabólicas como aminoácido esencial; también tiene una importante participación en el proceso de desintoxicación de ácido cianhídrico, especialmente cuando se han utilizado raciones con alto contenido de raíces o follaje de yuca amarga. Dentro de ese proceso de desintoxicación la metionina aporta, conjuntamente con la cistina, los grupos sulfidrilos ($-SH$) que participan en las reacciones para transformar el ion cianuro en tiocianato.

En las Figuras 3.1 y 3.2 se representan respectivamente los contenidos de aminoácidos esenciales en las raíces y en las hojas de yuca, en contraste con los niveles requeridos en una ración estándar para aves, con 19% de proteína.

Contenido de vitaminas

En general, el contenido de vitaminas de las raíces de yuca es deficiente si se compara con las cifras correspondientes al sorgo o al maíz (Cuadro 3.2). Las vitaminas más limitativas en los productos derivados de la raíz de yuca pertenecen al grupo de las liposolubles (A, E, D y K). La deficiencia es menos marcada con respecto a la mayoría de las vitaminas del complejo B y a la vitamina C.

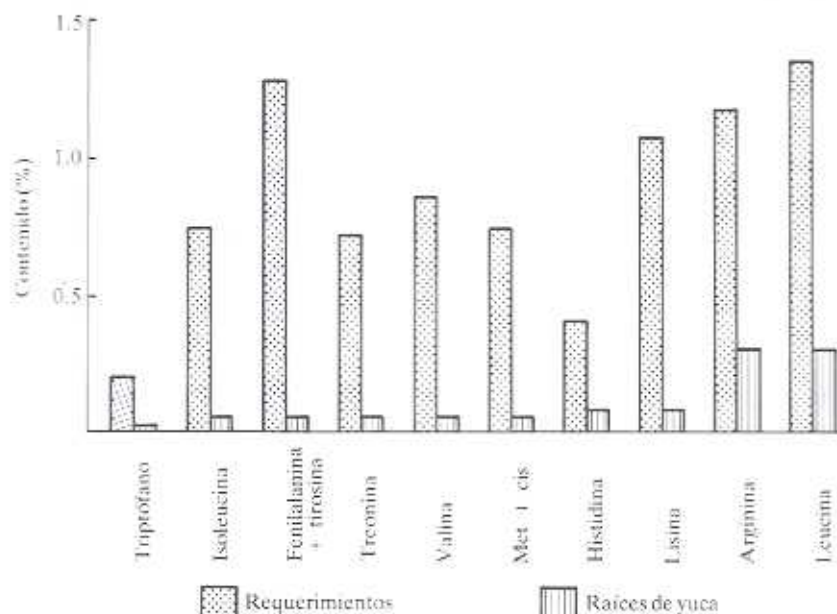


Figura 3.1. Concentración de aminoácidos esenciales en la raíz de yuca (base seca) y su relación con los requerimientos en raciones para aves, con 19% de proteína.

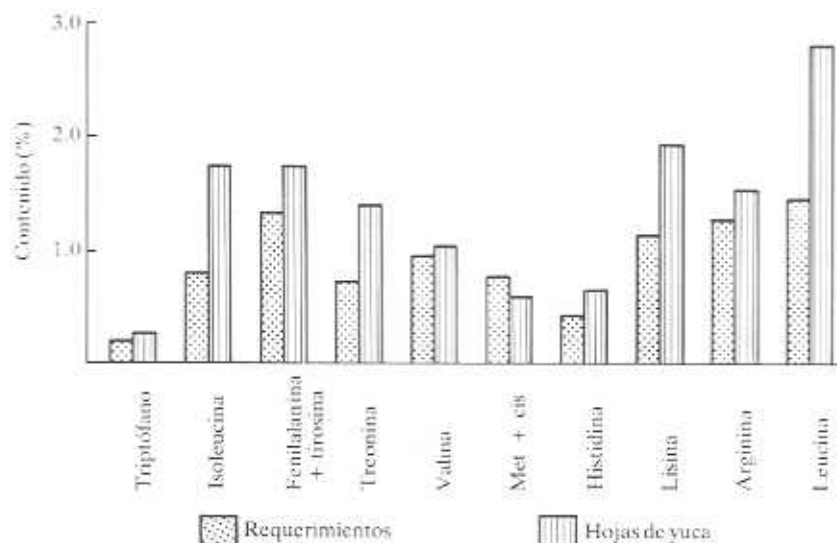


Figura 3.2. Concentración de aminoácidos esenciales en las hojas de yuca (base seca) y su relación con los requerimientos en una ración con 19% de proteína.

Cuadro 3.2. Concentración de vitaminas en la harina de yuca, en el sorgo y en el maíz.

Vitaminas		Contenido según producto		
		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

FUENTE: Hutagaung, 1977.

Al preparar raciones a base de raíces de yuca se debe dar atención especial a la deficiencia en vitamina A, ya que normalmente en las raciones para animales esta vitamina es aportada por los cereales (sorgo, maíz), en un gran porcentaje; también se debe tener el cuidado de suplementar la ración con niacina, vitamina B12 y vitamina E.

Algunas vitaminas (especialmente la A y la C) se destruyen parcialmente cuando se usan altas temperaturas durante el procesamiento de la yuca; sin embargo, cuando en la deshidratación con calor artificial no se utilizan temperaturas extremas, el contenido de vitamina A resulta muy superior al que se obtiene con la deshidratación por calor solar.

El follaje de yuca, por su parte, contiene mayor cantidad de caroteno, vitamina C y vitaminas del complejo B, pero sus niveles de vitamina E son muy bajos.

Teniendo en cuenta las interrelaciones nutritivas metionina-vitamina B12, y triptófano-niacina y la deficiencia de estos aminoácidos en los subproductos de yuca, es necesario reforzar la suplementación vitamínica cuando ellos se utilicen como componentes principales de la ración.

En el Cuadro 3.3 se presenta un ejemplo sobre las cantidades de las principales vitaminas que se deberían adicionar a una ración elaborada con sorgo y torta de soya y a una ración a base de harina de yuca y torta de soya. Se ha tomado como referencia una ración para aves con 19% de proteína y 3000 kcal de energía metabolizable.

Cuadro 3.3. Necesidades de vitaminas adicionales en raciones a base de sorgo o de harina de yuca, para aves.

Vitaminas		Adiciones necesarias/1000 kg de alimento	
		Sorgo - torta soya	Harina de yuca - torta soya
Vitamina A	(U.I.)	3,000,000	3,500,000
Vitamina D	(U.I.)	200,000	220,000
Vitamina E	(U.I.)	5,000	10,000
Vitamina K	(mg)	450	600
Tiamina	(mg)	0	0
Riboflavina	(mg)	2,300	2,500
Niacina	(mg)	500	19,000
Colina	(mg)	300,000	500,000

Contenido de minerales

El contenido de minerales mayores (calcio y fósforo) en la yuca es relativamente alto, en comparación con el de otros productos energéticos utilizados en la alimentación animal. En cambio, los minerales menores, principalmente el cobre, el yodo, el hierro y el zinc están presentes en cantidades deficientes en la yuca y sus subproductos.

Normalmente las vitaminas y los minerales trazas se adicionan a las raciones animales por medio de premezclas o micromezclas que tienen concentraciones variables de estos elementos menores. En los Cuadros 3.4 y 3.5 se presentan sugerencias sobre premezclas de vitaminas y minerales trazas para complementar raciones a base de cereales (sorgo o maíz) o de harina de yuca, destinadas a aves y a cerdos en diferentes etapas de producción.

Cuadro 3.4. Premezcla de vitaminas y minerales trazas para suplementar raciones tipo sorgo-torta de soya y harina de yuca-torta de soya, para aves.

Nutrimentos	Cantidad de nutrimentos/t de alimento según animal y ración				
	Pollos de engorde		Aves en postura		
	Sorgo - soya	Yuca - soya	Sorgo - soya	Yuca - soya	
Vitaminas					
Vitamina A	(U.I.)	4,000,000	5,000,000	3,500,000	4,000,000
Vitamina D ₃	(U.I.)	400,000	500,000	1,000,000	1,500,000
Vitamina E	(U.I.)	6,000	12,000	5,000	10,000
Vitamina K	(g)	1.5	2.0	1.5	2.0
Riboflavina	(g)	4.0	4.5	4.0	4.5
Niacina	(g)	25.0	30.0	20.0	25.0
A. pantoténico	(g)	8.0	8.0	5.0	5.0
Vitamina B ₁₂	(g)	0.010	0.012	0.010	0.012
Pridoxina	(g)	1.5	1.6	1.2	1.5
Tiamina	(g)	0.5	1.0	0	0
Minerales					
Manganeso	(g)	60.0	55.0	80.0	70.0
Zinc	(g)	50.0	50.0	40.0	40.0
Hierro	(g)	35.0	40.0	30.0	40.0
Cobre	(g)	6.0	8.0	4.0	6.0
Yodo	(g)	1.0	1.2	1.0	1.2
Cobalto	(g)	0.16	0.16	0.10	0.10

Manejo de la baja concentración de nutrimentos en las raíces frescas

A pesar de la importancia de las raíces de yuca como fuente de energía para la alimentación de animales, en el caso de la yuca fresca aún la concentración de energía resulta inferior a los requerimientos del animal, en ciertas fases de producción. Debido a esta baja concentración de energía, el animal tendría que consumir grandes cantidades del producto para poder satisfacer sus requerimientos energéticos, y eso sólo es posible en especies con alta capacidad digestiva como son los rumiantes.

En el caso de las aves, cuyo sistema digestivo es de poca capacidad, es difícil establecer programas intensivos de

Cuadro 3.5. Premezcla de vitaminas y minerales trazas para suplementar raciones tipo sorgo-torta de soya y harina de yuca-torta de soya, para cerdos:

Nutrimentos		Cantidad de nutrimentos/l de alimento según animal y ración			
		Cerdos en desarrollo		Cerdos en reproducción	
		Sorgo - soya	Yuca - soya	Sorgo - soya	Yuca - soya
Vitaminas					
Vitamina A	(U.I.)	4,000,000	5,000,000	3,000,000	4,000,000
Vitamina D ₃	(U.I.)	300,000	400,000	200,000	250,000
Vitamina E	(U.I.)	5,000	6,000	5,000	6,000
Vitamina K	(g)	2.5	3.0	2.5	3.0
Riboflavina	(g)	3.0	4.0	3.0	3.5
Niacina	(g)	25.0	30.0	15.0	20.0
A. pantoténico	(g)	13.0	13.0	12.0	12.0
Vitamina B ₁₂	(g)	0.020	0.022	0.012	0.015
Piridoxina	(g)	1.0	1.2	0.8	1.0
Tiamina	(g)	0.	0.6	0	0
Minerales					
Manganeso	(g)	10.0	8.0	15.0	10.0
Zinc	(g)	100.0	100.0	50.0	50.0
Hierro	(g)	90.0	95.0	45.0	50.0
Cobre	(g)	11.0	12.0	5.0	5.0
Yodo	(g)	0.20	0.25	0.15	0.20
Cobalto	(g)	0.10	0.10	0.10	0.10

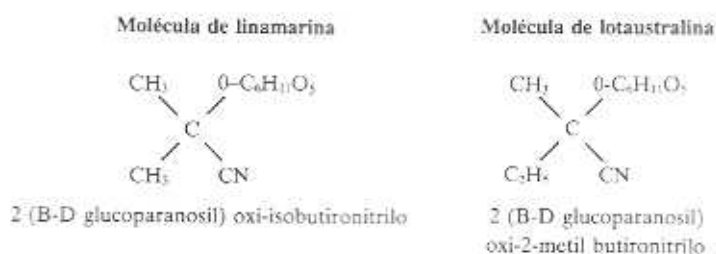
alimentación a base de yuca fresca, porque ellas no podrían consumir una cantidad suficiente para compensar la baja concentración energética del producto. La situación es menos crítica en el caso de los cerdos porque la mayor capacidad de sus órganos digestivos les permite un mayor consumo; sin embargo, la utilización eficiente del producto solamente se logra durante ciertas fases de producción.

Para utilizar las raíces frescas de yuca como alimento para animales es necesario complementarlas con otros nutrimentos esenciales, los cuales se pueden suministrar al animal mezclados con la yuca o en forma separada. Es recomendable, aunque no esencial, lavar las raíces para eliminarles la tierra y los elementos extraños.

Presencia de Acido Cianhídrico y Glucósidos Cianogénicos

Los tejidos de la planta de yuca contienen diferentes concentraciones de linamarina y lotaustralina, glucósidos cianogénicos que al hidrolizarse mediante la acción de la enzima linamarasa (glicosidasa) dan origen al ácido cianhídrico libre (Figura 3.3). Se considera que el ácido cianhídrico libre es el que produce efectos tóxicos en el organismo animal, mientras que el ácido cianhídrico ligado (en los glucósidos cianogénicos) no hace, a menos que sea hidrolizado para desarrollar su efecto tóxico.

El nivel de glucósidos cianogénicos y/o de ácido cianhídrico total presentes en la raíz de yuca determinan la diferencia entre variedades amargas (de mayor toxicidad) y variedades dulces. Aunque no existe una medida precisa, se consideran como variedades amargas aquéllas con un contenido de ácido cianhídrico superior a 100 mg/kg de pulpa o parénquima fresco (o sea 100 ppm) y como variedades dulces aquéllas con niveles inferiores. Bolhuis (1954) clasifica los valores del ácido



Producción de ácido cianhídrico:



Figura 3.3. Moléculas de los glucósidos linamarina y lotaustralina, y liberación de ácido cianhídrico de los tejidos de la planta de yuca.

cianhídrico en el parénquima fresco de la yuca de acuerdo con la siguiente escala:

No tóxicos:	< de 50 mg/kg	Tóxicos:	80-100 mg/kg
Poco tóxicos:	50-80 mg/kg	Muy tóxicos:	> 100 mg/kg

En las variedades dulces la mayor proporción del ácido cianhídrico se encuentra en la corteza, mientras en las variedades amargas éste se distribuye más uniformemente en la corteza y en el parénquima.

La dosis letal mínima de ácido cianhídrico en los humanos es de 60 mg; en aves y cerdos no se ha establecido en forma definitiva, pero se ha demostrado que toleran 150 mg/kg de alimento.

Efectos del ácido cianhídrico en el animal y mecanismos de desintoxicación

Aunque la intoxicación aguda por ácido cianhídrico es poco frecuente, el consumo prolongado de pequeños niveles del tóxico puede originar problemas nutricionales y fisiológicos serios.

La mayoría de los síntomas de intoxicación se pueden asociar con la afinidad del ácido cianhídrico con iones metálicos como el del hierro y el del cobre. El radical $-CN$ del ácido reacciona con el ion hierro de la hemoglobina y forma cianohemoglobina, hecho que imposibilita el transporte del oxígeno en la sangre; asimismo, dicho radical forma complejos con algunas enzimas que tienen iones cobre (i.e., citocromo-oxidasa), afectando ciertas reacciones del metabolismo intermediario.

Estas anormalidades metabólicas ocasionan depresión en los centros medulares, originando dificultades respiratorias y efectos tóxicos protoplasmáticos que pueden producir la muerte en casos extremos de intoxicación.

Generalmente cuando los alimentos se elaboran con productos derivados de yuca cuyo contenido de ácido cianhídrico es alto, los animales disminuyen drásticamente el consumo, y esto afecta su peso y rendimiento.

El modo de acción del ácido cianhídrico en el organismo puede ser afectado por otros componentes de la ración; entre éstos se destacan la vitamina B12, los aminoácidos azufrados, el yodo, el azufre, el hierro y el cobre. Algunos de tales elementos (i.e., el yodo y el cobre) pueden combinarse con el ácido cianhídrico y ocasionar trastornos metabólicos; otros componentes como la vitamina B12 y la metionina pueden participar en mecanismos de desintoxicación, hecho que reduce la disponibilidad de estos componentes esenciales para otras funciones metabólicas.

Mecanismos de desintoxicación. Se considera que el principal mecanismo de desintoxicación de ácido cianhídrico que tiene el organismo del animal es la conversión de dicho producto en tiocianato, el cual es excretado en la orina. Esta conversión se puede realizar en diversos tejidos, especialmente en el hígado, en condiciones aeróbicas, gracias a la acción de la enzima rodanasa, en presencia de azufre coloidal (tiosulfato):

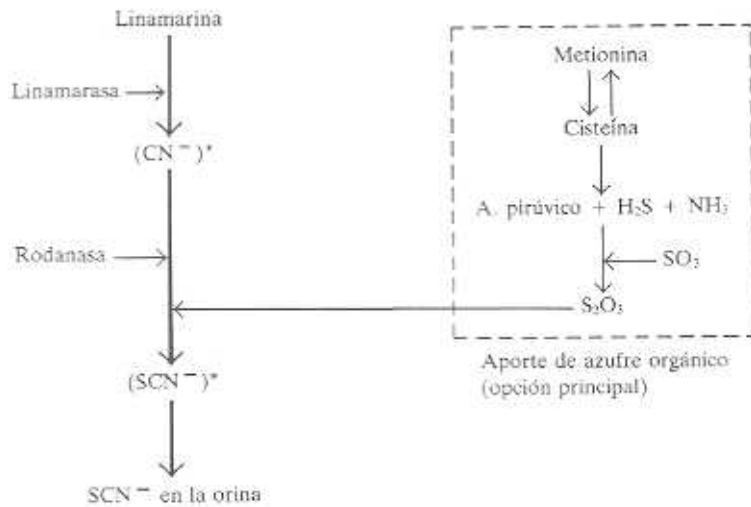


Existen varias moléculas en el organismo que pueden proveer azufre para el proceso de desintoxicación (metionina, cistina, cisteína), pero la mayoría de los mecanismos propuestos involucran el tiosulfato como la molécula que finalmente aporta el ion azufre para la conversión de ácido cianhídrico en tiocianato. También la vitamina B12 ha sido incluida como otra alternativa en el proceso de desintoxicación del ácido cianhídrico (Oke, 1973).

En la Figura 3.4 se presenta un diagrama de las principales reacciones involucradas en los mecanismos de desintoxicación del ácido cianhídrico.

Tratamiento de la yuca para eliminar el ácido cianhídrico

Para eliminar total o parcialmente el contenido de ácido cianhídrico de la yuca se pueden utilizar varios métodos de procesamiento; entre tales métodos están la deshidratación artificial de la raíz con temperaturas superiores a 40°C, la cocción en agua o la deshidratación por radiación solar.



* Iones que afectan el metabolismo intermediario

Figura 3.4. Principales mecanismos para la transformación del ácido cianhídrico en el organismo.

FUENTE: Job, 1975. (Adaptación.)

Usando temperaturas no inferiores a 40°C es posible eliminar hasta cerca del 80% del ácido cianhídrico libre, y cuando la temperatura es superior a 60°C se puede eliminar más del 90%. El calentamiento a temperaturas mayores de 70°C, con poca o ninguna humedad, elimina el ácido cianhídrico libre; sin embargo, con este método también se destruye la enzima linamarasa, que es la que permite que los glucósidos continúen transformándose en ácido cianhídrico libre.

El proceso de cocción en agua también es efectivo para eliminar el ácido cianhídrico libre; es posible destruir más del 90% del tóxico cocinando la yuca durante 15 minutos. Si se sumergen los trozos de yuca en agua fría se puede eliminar la mayor parte de su ácido cianhídrico libre después de 4-5 horas, aunque el ácido cianhídrico ligado permanece casi intacto.

La deshidratación natural por acción de los rayos solares es quizás el sistema más seguro para destruir el ácido cianhídrico libre. Este hecho se debe por una parte a que el ácido se volatiliza fácilmente con las temperaturas solares y la acción del viento, y

por otra parte a que las temperaturas no son suficientemente altas para desactivar la acción de la linamarasa; así se puede continuar la transformación de glucósidos en ácido cianhídrico para su posterior eliminación.

Rápido Deterioro de las Raíces

Uno de los aspectos que requieren mayor cuidado en cuanto al uso de la yuca en la alimentación animal es el relacionado con el proceso de deterioro de las raíces, el cual se inicia tan pronto como ellas se han cosechado y en unos pocos días las deja inservibles para el consumo (Figura 3.5). Es importante usar las raíces dentro de los tres días siguientes a la cosecha; transcurrido este plazo, el deterioro hace que el animal disminuya su consumo, y le provoca trastornos digestivos.



Figura 3.5. Corte de una raíz de yuca en proceso de deterioro.

Causas del deterioro

El deterioro de las raíces de yuca involucra dos procesos diferentes:

1. El deterioro fisiológico. Este se origina como una reacción de los tejidos internos de la raíz, al entrar en contacto con el aire por las heridas que se producen durante la cosecha. Se manifiesta como una coloración azul que aparece a las 24-48 horas después de la cosecha y que aumenta progresivamente, cambiando la buena apariencia y el sabor de la yuca.
2. El deterioro microbiano. Este es ocasionado por varios patógenos, y se manifiesta como una pudrición de los tejidos que se desarrolla generalmente entre los 5 y 7 días después de la cosecha.

El uso de raíces frescas frente al problema del deterioro

Para contrarrestar el deterioro de las raíces, una buena práctica puede consistir en efectuar siembras escalonadas; así se asegura la disponibilidad de yuca fresca durante todo el tiempo.

Por otra parte, puesto que el rallado y el picado de la yuca aceleran el proceso de deterioro, estas actividades se deben hacer sólo inmediatamente antes de utilizar la raíz, sea que ella se vaya a suministrar fresca a los animales, o sea que se vaya a procesar como ensilaje o como yuca seca.

Además de las recomendaciones anteriores para escapar al deterioro de la yuca fresca, existen diferentes métodos que permiten conservar las raíces en buenas condiciones durante unos pocos días después de cosechadas. Uno de los métodos más sencillos consiste en sumergir las raíces en agua o cubrirlas con una capa de tierra, barro o paja; así se pueden preservar hasta por 4-6 semanas, aunque puede presentarse una rápida conversión de los almidones en azúcares (glucosa, fructosa y sucrosa) durante las primeras dos semanas de almacenamiento, como se ilustra en el Cuadro 3.6.



Cuadro 3.6. Efecto del almacenamiento de raíces de yuca cubiertas con tierra en la transformación de carbohidratos.

Semanas de almacenamiento	Contenido de carbohidratos (% de mat. seca)		
	Azúcares totales	Azúcares reductores	Almidón
0	5.2	1.6	84.4
1	13.9	3.7	76.3
2	15.9	4.0	75.1
3	14.3	4.4	76.1
4	15.9	5.8	73.3
5	15.0	4.2	74.9
6	16.4	3.3	74.9

FUENTE: Booth, 1976.

Para la conservación de las raíces frescas a largo plazo no se dispone de técnicas adecuadas, aparte de métodos costosos como son la refrigeración, el parafinado o los tratamientos con productos químicos (bromuros, formalina, trietanolamina, benzoato de sodio, tiabendazol, etc.).

Factores Nutricionales y Nocivos en las Raíces Ensiladas

El objetivo principal de la práctica del ensilaje es conservar la calidad de las raíces una vez que han sido cosechadas, para poderlas utilizar posteriormente. El ensilaje es una técnica útil especialmente cuando no es posible disponer de yuca fresca en forma permanente.

Las raíces de yuca ofrecen condiciones muy propicias para el ensilaje, ya que su nivel de humedad (63%-68%) y su contenido de carbohidratos de fácil fermentación permiten el desarrollo del proceso sin mayores dificultades. En este caso la fermentación ocurre mediante la intervención de bacterias y microorganismos que se desarrollan en condiciones anaeróbicas, y conduce a la transformación parcial del almidón en ácidos orgánicos: acético,

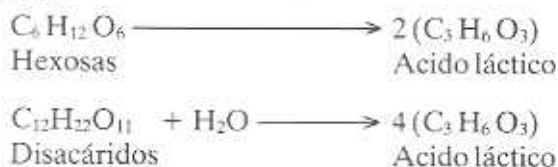
butírico, propiónico y láctico. En cambio, en el proceso de deterioro la fermentación ocurre en condiciones aeróbicas (en presencia del oxígeno) y degrada los carbohidratos en calor de combustión, con la producción de agua y bióxido de carbono.

El proceso de fermentación en el ensilaje

En la fermentación bacteriana del ensilaje se presentan tres etapas principales: a) la fermentación inicial, que es causada por microorganismos del grupo *Coli aerogens*, cuyo producto principal es el ácido acético; b) la etapa siguiente comprende especialmente la fermentación ocasionada por el grupo *Streptococos*, que producen pequeñas cantidades de ácidos acético y láctico, y c) finalmente intervienen los *Lactobacilos*, en la fase más larga durante la cual se obtiene una máxima producción de ácido láctico.

Cuando las condiciones del ensilaje no son favorables se presenta una gran actividad de organismos del grupo *Clostridios*, los cuales pueden desdoblar el ácido láctico y los azúcares en ácido butírico, y las proteínas en amoníaco, deteriorando así la calidad del ensilaje; la presencia de amoníaco neutraliza parte del ácido láctico que se ha formado, acelerando la descomposición del ensilaje. La actividad de los *Clostridios* se inhibe con la acidez pero se estimula con la humedad; un ensilaje húmedo (con más de 80% de humedad) debe tener un pH bajo (inferior a 4) para evitar su descomposición, mientras que un ensilaje más seco (más de 40% de materia seca) puede conservarse adecuadamente a un pH mayor (alrededor de 5).

En condiciones favorables se puede formar hasta un 8-10% de ácido láctico con respecto al contenido de materia seca del producto original; sin embargo, es necesario que el silo reúna las características adecuadas y que exista una óptima concentración de carbohidratos para promover las siguientes reacciones de fermentación:



La rápida declinación en el contenido de carbohidratos solubles es característica de un ensilaje satisfactorio y no debe interpretarse como una pérdida nutricional. Una gran proporción de estos carbohidratos se ha transformado en ácido láctico, que tiene un valor nutritivo equivalente al de la glucosa.

Características de un buen ensilaje

La intensidad de la transformación del almidón en ácidos orgánicos generalmente se mide por los cambios en el pH de la masa ensilada; así, la calidad del ensilaje está determinada en gran parte por el grado de acidez. El pH debe ser inferior a 4.5 y preferiblemente a 4.0; en estas condiciones, la concentración de ácido butírico será mínima, mientras que la de otros ácidos orgánicos (especialmente el láctico y el acético) será alta. Por otra parte, a este pH los productos de la descomposición de las proteínas serán principalmente aminoácidos, con cantidades muy pequeñas de bases volátiles.

La producción de ácidos orgánicos es la reacción más importante en la fermentación bacteriana ya que, una vez se alcanza el grado de acidez indicado, la fermentación se detiene y se impide el desarrollo de las bacterias de la putrefacción. Después de que la fermentación se detiene, las reacciones en el material ensilado son mínimas y los cambios en los principios nutritivos son de poca importancia, siempre y cuando las condiciones sean favorables al ensilaje; es especialmente importante tomar precauciones para evitar la entrada de aire al producto ensilado.

De acuerdo con el tipo y la duración del ensilaje de yuca, los cambios más importantes que se presentan en su valor nutritivo se relacionan con el contenido de humedad y con la transformación que sufren los carbohidratos.

En silos aéreos o de trinchera, dotados de un buen sistema de drenaje, es posible que se presente un aumento notable en el contenido de la materia seca debido a la pérdida de agua por filtración; eso representa una mayor densidad energética en el producto final, proporcional a la duración del ensilaje. Cuando

el ensilaje es reciente, su contenido de materia seca (35%-40%) no cambia en relación con el del producto fresco; pero si el ensilaje tiene más de seis meses es posible que el nivel de la materia seca se incremente hasta un 45% o más. Sin embargo en el caso de ensilaje en bolsas de polietileno o en silos mal drenados, no se observan cambios apreciables en el contenido de materia seca.

En el Cuadro 3.7 se compara la composición proximal de una yuca ensilada durante seis meses (silo de trinchera) con la de la yuca fresca y la de harina de yuca. Los contenidos porcentuales de materia seca, ácidos orgánicos y nitrógeno amoniacal en el ensilaje de yuca después de tres meses de almacenamiento son, según Serres y Tillon (1972) los siguientes:

Materia seca	35.50
Acidos volátiles totales	0.36
Acido acético	0.30
Acido butírico	0.09
Acido láctico	0.90
N amoniacal (N total)	14.00
pH	4.00

Cuadro. 3.7. Composición proximal de la yuca ensilada, fresca y deshidratada (harina de yuca).

Componentes	Contenido según estado (%)		
	Ensilada	Fresca	Harina
Humedad	55.00	65.00	10.00
Proteína total	1.61	1.25	3.21
Fibra	1.86	1.45	3.73
Grasa	0.37	0.29	0.75
Ceniza	1.84	1.43	3.68
Extracto no nitrogenado	39.60	30.84	79.30

FUENTE. Buitrago, 1978.

En la Figura 3.6 se ilustran los cambios en el pH y en la materia seca de muestras de yuca ensiladas en un silo aéreo durante seis meses.

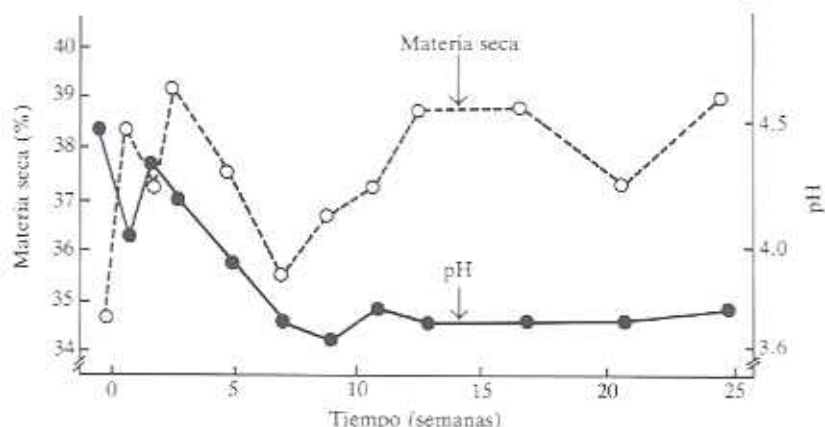


Figura 3.6. Variación en el contenido de materia seca y el pH de la yuca ensilada, según el tiempo.

Fuente: CIAT, 1978.

Conviene tener en cuenta que el proceso de ensilaje elimina parte del ácido cianhídrico; este hecho es de primordial importancia cuando se tienen que usar variedades de yuca amarga en la alimentación animal. En el Cuadro 3.8 se puede apreciar cómo en una variedad dulce (CMC-40), sometida al proceso de

Cuadro 3.8. Concentración de cianuro total en raíces de yuca ensiladas durante seis meses (variedad CMC-40).

Tiempo (semanas)	Cianuro total (mg/kg de materia seca)	Diferencia con concentración inicial (%)
0	503	100
1	433	86
2	396	79
4	341	68
8	319	63
14	167	33
26	180	36

FUENTE: CIAT, 1981.

ensilaje, el valor del cianuro total se redujo al cabo de seis meses hasta aproximadamente la tercera parte de la concentración inicial.

Aunque los cambios que ocurren durante el ensilaje permiten ampliar la gama de utilización de las raíces de yuca, subsisten factores limitativos para su uso en algunas especies y etapas de producción; estos factores tienen que ver especialmente con la concentración energética del producto ensilado, y coinciden en su mayor parte con los ya analizados para la yuca fresca.

Factores Nutricionales y Nocivos en las Raíces Deshidratadas

La deshidratación de las raíces tiene el propósito de elevar la concentración de todos sus nutrimentos y facilitar la conservación de los alimentos preparados con ellas; adicionalmente, la deshidratación por calor permite eliminar la mayor parte del ácido cianhídrico y de otros componentes volátiles de la yuca fresca.

La deshidratación se puede hacer por medio de la energía solar o usando secadores artificiales. El sistema que se utilice puede incidir negativamente en la calidad nutricional de la yuca, como ocurre con las condiciones extremas de temperatura y humedad que se utilizan en ciertos procesos industriales, o cuando el proceso es prolongado; en estos casos ciertos nutrimentos, especialmente los aminoácidos, pueden resultar afectados.

Industrialmente la calidad de la harina de yuca depende en gran parte de su contenido de humedad y del grado de contaminación con otros productos no deseables, principalmente fibra y arena. Con niveles de humedad superiores a 15% se favorece el desarrollo de bacterias y hongos, que ocasionan trastornos nutricionales y sanitarios.

El material deshidratado debe tener alrededor de 10% de humedad; entonces se muele para poderlo utilizar directamente en la preparación de raciones para animales, o para trasformarlo en comprimidos o gránulos (pélets).

Composición de la harina de yuca

La harina de raíces de yuca es un producto esencialmente energético (3.25 y 3.40 Mcal de energía metabolizable para aves y cerdos, respectivamente), de gran utilidad para la alimentación de todas las especies animales. Su principal factor nutricional limitativo es su bajo contenido de proteína y de los aminoácidos azufrados metionina y cistina; por esta razón requiere una suplementación proteínica, especialmente orientada a mejorar el nivel de metionina.

En procesos de tipo industrial, la deshidratación al sol utilizando raíces de buena calidad permite obtener una harina con la siguiente composición nutricional, en ausencia de materiales extraños:

humedad	< 12.0%
almidón	>63.0%
arena	<1.5%
ceniza total	<3.0%
fibra cruda	<3.5%

No existe en la actualidad un método oficial para clasificar la harina de yuca con destino a la alimentación animal; por tratarse de un producto sujeto a variaciones de diversa índole tanto durante el cultivo como durante el procesamiento, resulta difícil diseñar un sistema consistente para el efecto.

Como un punto de referencia para la formulación de raciones que garanticen mayor precisión y uniformidad en la comparación de diferentes programas de alimentación, en el Cuadro 3.9 se presenta, aunque en forma un poco arbitraria, el esquema de clasificación propuesto por Muller et al. (1972) y complementado por el autor de esta publicación. Se hace referencia solamente a los parámetros nutricionales de importancia primaria en la determinación del valor energético, dejando otros elementos (por ejemplo proteína o aminoácidos) para casos específicos, donde se sospeche la ocurrencia de variaciones más allá de lo normal.

Cuadro 3.9. Calificación de la calidad de harina de yuca para la alimentación animal.

Grado	Contenido de ingredientes críticos ^a			
	Fibra cruda (%)	Cenizas (%)	E. met. aves (Mcal/kg)	E. dig. cerdos (Mcal/kg)
1	<2,5	<2,0	>3,25	>3,40
2	<3,5	<2,5	>3,16	>3,26
3	<4,0	<3,5	>2,93	>3,05
4	<5,0	<4,5	>2,60	>2,75

a. Bajo condiciones similares de humedad (menos de 8%).

FUENTE: Muller et al. (1972), complementado

La harina de yuca prevista en los ejemplos sobre programas de alimentación que se presentan en el Capítulo 7 corresponde a los grados 1 a 3, así:

- a. En las raciones para aves:
 - Grado 1 para pollos iniciación, pollos engorde, pollitas
 - Grados 1-2 para ponedoras y reproductoras
 - Grados 1, 2 y 3 para pollas levante (recría).
- b. En las raciones para cerdos:
 - Grado 1 para lechones, cerdos crecimiento
 - Grados 1-2 para cerdos engorde, cerdas lactancia
 - Grados 1, 2 y 3 para cerdas gestación.

Presencia de agentes nocivos en la harina de yuca

Al usar harina de yuca para la alimentación animal no sólo se debe conocer su composición proximal; es indispensable, además, tener información precisa sobre dos factores que pueden constituir limitaciones importantes: la concentración de ácido cianhídrico, ya discutida anteriormente, y la presencia de hongos.

La alta relación carbohidratos/nitrógeno de la harina de yuca hace de ella un sustrato adecuado para el desarrollo de hongos, principalmente de los géneros *Aspergillus*, *Penicilium*, *Rhizopus* y *Fusarium*.

Las condiciones de alta humedad durante un tiempo prolongado favorecen el crecimiento de hongos y la producción de metabolitos tóxicos. *Aspergillus flavus*, por ejemplo, es un hongo cuyas cepas tóxicas pueden crecer en la harina de yuca cuando las condiciones de temperatura ambiental y de humedad del sustrato resulten favorables (más de 25°C y más de 18% humedad), lo cual facilita la producción de toxinas (aflatoxinas). Afortunadamente, bajo los sistemas normales de producción de harina de yuca las raíces frescas se deshidratan y procesan rápidamente, sin dejar oportunidad para el desarrollo de hongos.

Solamente en el caso de raíces y/o subproductos que permanezcan un tiempo prolongado en condiciones de alta humedad y alta temperatura es posible la contaminación por aflatoxinas. Estos metabolitos son resistentes al calor y ofrecen peligro de toxicidad para los animales cuando las concentraciones son superiores a 20 µg/kg de alimento. Los principales trastornos en el organismo del animal se relacionan con disminución en la síntesis de proteínas, efectos carcinogénicos, hepatomas y otros daños hepáticos.

Es muy importante establecer la diferencia entre las aflatoxinas y la escopolatina (cumarina involucrada en el deterioro fisiológico que sufren las raíces de yuca); esta sustancia tiene cualidades cromatográficas parecidas a las de las aflatoxinas, pero no tiene sus características de toxicidad. Los métodos de diagnóstico clásicos, basados en la luz ultravioleta, no permiten efectuar un diagnóstico diferencial; sin embargo, Wheatley (1984) ha evaluado pruebas específicas que permiten separar las dos clases de sustancias (ver Anexo 1).

Factores Nutricionales y Nocivos en el Follaje de Yuca

La parte aérea de la yuca que se considera útil para la alimentación animal está constituida por los tallos primarios, tallos secundarios y las hojas, en proporciones variables según sean la variedad, la edad, la fertilización, el medio ambiente y las distancias de siembra, entre otros factores. A medida que la

proporción de hojas sea mayor en relación con los otros componentes de la parte aérea, mejor es la calidad nutricional del follaje, evaluada tanto sobre la base húmeda como sobre la base seca.

El nivel de proteína en el follaje integral puede alcanzar valores hasta de 30% (base seca), dependiendo de la variedad y la edad de la planta de yuca; el aminoácido más limitativo es la metionina, por lo que debe adicionarse a las raciones para aves y cerdos.

En general, la calidad y la cantidad de nutrimentos presentes en el follaje de yuca dependen primordialmente de la edad del material al momento del corte. Cuando se realizan cortes desde una edad temprana de la planta (por ejemplo, a partir de tres meses) y se continúan haciendo a intervalos frecuentes (cada tres meses), se logra obtener un rendimiento excelente en términos de calidad y cantidad de nutrimentos. Se han logrado rendimientos de follaje fresco hasta de 160 t/año, lo que equivale a una producción de proteína de 3 t/ha/año. Este método afecta drásticamente el rendimiento de las raíces.

Por otra parte, el follaje de la yuca se puede cosechar después de 8-9 meses de edad para no afectar mucho el rendimiento de la raíz. Sin embargo, en este caso no sólo se puede disminuir el volumen del follaje en más del 50%, sino también la concentración proteínica del mismo, debido a que a esa edad de la planta la proporción de hojas en relación con los tallos es menor (Montaldo y Montilla, 1976).

En condiciones prácticas, cuando se requiere una alta producción de forraje verde es preferible utilizar variedades orientadas exclusivamente para ese fin, sin cosechar las raíces. Las variedades cultivadas para la obtención de raíces pueden también suministrar una o dos cosechas de follaje verde después de los ocho meses, aunque en menor cantidad y con calidad inferior que las que se logran con las variedades dedicadas únicamente a la producción de follaje. Vale la pena mencionar que la cosecha tardía del follaje retarda el deterioro de las raíces después de cosechadas.

Follaje deshidratado. Debido al bajo contenido energético y a problemas de palatabilidad, la utilización del follaje fresco tiene mayor interés en las especies rumiantes (ver Capítulo 10 para mayores detalles).

El método de deshidratación en el caso del follaje de yuca también afecta la calidad y la cantidad de los nutrimentos en el producto final. Las altas temperaturas afectan la disponibilidad de los aminoácidos, especialmente la lisina, debido a su tendencia a reaccionar con los azúcares reductores (sucrosa) para formar el complejo carbonil-lisina y finalmente furosina y piridosina (Reacción Maillard); así se disminuye en forma considerable la disponibilidad biológica del aminoácido.

Por otra parte, la deshidratación muy lenta (por ejemplo, el secamiento al sol) ocasiona la pérdida de gran parte del caroteno (precursor de vitamina A), debido a enzimas cuya acción se suspende cuando el follaje se deshidrata; por esta razón, mientras más rápidamente se realice el proceso de deshidratación, mayor será el contenido de caroteno en la harina de follaje.

La harina de las hojas o el follaje se puede incluir como componente parcial en raciones para monogástricos durante ciertas etapas de producción, especialmente en aves de postura, ya que aporta una concentración importante de pigmentantes naturales (xantofilas). El principal obstáculo para utilizar follaje de yuca en raciones para monogástricos radica en el alto contenido de fibra (20%-30%) y en el mayor nivel de ácido cianhídrico que tiene la parte aérea de la planta.

Para mayor información sobre la utilización de follaje deshidratado en programas de alimentación animal consultar el Capítulo 11 de este libro.

Factores Nutricionales y Nocivos en los Subproductos de la Fabricación de Almidón y Cazabe

El propósito de la producción industrial de almidón de yuca es obtener de la raíz la mayor cantidad posible de gránulos de este

producto, los cuales están atrapados dentro de las células. La mayor o menor eficiencia en el proceso de extracción incide inversamente en la calidad nutricional de los subproductos; a menor eficiencia se obtienen subproductos de mejor calidad, como consecuencia de la mayor retención de almidón.

Los principales subproductos resultantes del proceso de fabricación de almidón de yuca son: a) la corteza o cáscara, la cual se separa de la pulpa antes del procesamiento; b) el bagazo o ripio, que es el material fibroso que queda después de la extracción del almidón y c) la mancha o cachaza, constituida en gran parte por impurezas del almidón y por sustancias sobrenadantes en el agua utilizada durante el proceso de lavado y refinación del almidón. El subproducto de mayor importancia es el bagazo o ripio, el cual representa alrededor del 10% del peso de las raíces completas.

El cazabe, por su parte, es un producto para el consumo humano que se fabrica en varios países como Brasil, Venezuela, Cuba, Guyanas y Santo Domingo. Durante su elaboración se obtiene el yare, un subproducto líquido con niveles variables de almidón según sea la técnica aplicada en la molienda y el exprimido; el yare se utiliza en la misma región productora, principalmente para la alimentación de cerdos.

Los factores que limitan la utilización de los principales subproductos resultantes de la extracción de almidón o de la fabricación de cazabe son semejantes a los ya descritos para las raíces frescas o deshidratadas: altos niveles de humedad, bajos niveles de energía digestible, y alto contenido de fibra, en el caso del bagazo.

Bibliografía

- Abraham, T. E. 1979. Some quality aspects of a few varieties of cassava. *Journal of Food Science and Technology* 16(6):237-239.
- Adegbola, A. A. 1977. Methionine as an additive to cassava-based diets. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop*, University of Guelph, Canadá, 1977. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, p. 9-17.

- Adenyanju, S.A. y Pido, P. P. 1978. The feeding value of fermented cassava peel in broiler diets. *Nutrition Reports International* 18(1):79-86.
- Athanassof, N. 1923. Contribuição para o estudo das ramas de mandioca commun como forragem na alimentação do gado leiteiro. Secretaria da Agricultura, Commercio e Obras Publicas do Estado de São Paulo, São Paulo, Brasil. 25 p.
- Balogun, O. O. y Fetuga, B. L. A. 1981. Methionine requirements of weanling european pigs given cassava flour-soybean meal diets. *Animal Production* 33(3):305-312.
- Bolhuis, G. G. 1954. The toxicity of cassava roots. *Neth. J. Sci.* 2 (3):176-185.
- * Booth, R. H. 1976. Storage of fresh cassava (*Manihot esculenta*). I Post harvest deterioration and its control. *Exptl. Agric.* 12:103-111.
- Bourdoux, P.; Seghers, P.; Mafuta, M.; Vanderpas, J.; Vanderpas, M.; Delange, F. y Ermans, A. M. 1982. Cassava products: HCN content and detoxification processes. En: Delange, F.; Iteke, F. B.; Ermans, A. M. (eds.), Nutritional factors involved in the goitrogenic action of cassava. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 51-58.
- * Buitrago, J. A. 1978. Yuca ensilada para alimentación de cerdos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá, Colombia. 49 p.
- Carvalho, J. L. H.; Perim, S.; y Costa, I. R. S. 1983. Parte aerea da mandioca na alimentação animal. Comunicado Técnico No. 29. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Planaltina, D.F. Brasil. 6 p.
- Christensen, A. C.; Knight, A. D.; y Rauscher, G. F. 1977. An evaluation of cassava root meal as an energy source for broiler chicks. *Turrialba* 27(2):147-149.
- * CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Informe anual, Programa de Yuca, 1978. Cali, Colombia.
- * ———. 1981. Informe anual, Programa de Yuca, 1981. Cali, Colombia.
- Conci, V. A. 1978. Composição química da raiz de mandioca conservada como silagem adicionada de cloreto de sodio. *Anuario Técnico do Instituto de Pesquisas Zootecnicas Francisco Osorio* 5(2):1085-1095.
- Gómez, G. y Buitrago, J. A. 1982. Effect of processing on nutrient content of feeds; root crops. En: Rechcigl, M. (ed.). Handbook of nutritive value of processed food, vol. II, CRC Press, Boca Ratón, Estados Unidos. p. 221-239.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- * Hutagalung, R. I. 1977. Additives other than methionine in cassava diets. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.), *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop*, University of Guelph, Canadá, 1977. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 18-32.
- Iwatsuki, N.; Kojima, M.; Dam, E. S.; y Villegas-Godoy, C. D. V. 1984. Changes in cyanide content and linamarase activity in cassava roots after harvest. En: Uritani, I. y Reyes, E. D. (eds.), *Tropical root crops: Post harvest physiology and processing*. Scientific Societies Press, Tokyo, Japan. p. 151-161.
- Jalaludin, S. y Yin, O. S. 1972. Hydrocyanic acid (HCN) tolerance of the hen. *Malaysian Agricultural Research* 1:2.
- * Job, T. A. 1975. Utilization and protein supplementation of cassava for animal feeding and the effect of sulphur sources on cyanide detoxification. Tesis Ph.D. University of Ibadan, Department of Animal Science, Ibadan, Nigeria.
- Juárez, G. L. 1955. Las hojas y tallos de yuca como forraje. *Estación Experimental Agrícola La Molina. Boletín no. 58*. Lima, Perú. 66 p.
- Khajarern, J. 1979. Cyanide toxicity in cassava-based broiler rations. Annual report, Khon Kaen University, Faculty of Agriculture, Khon Kaen, Tailandia. p. 105-112.
- Kirilova, N. I. 1981. Influence of tapioca on digestive processes in hogs. *Soviet Agricultural Sciences* 6:43-44.
- Longe, O. G. y Oleyemi, J. S. 1977. Comparative use of cassava, maize and guinea corn as a major dietary source of carbohydrates for chicks. *Journal of the Association for the Advancement of Agricultural Science in Africa* 4(2):47-52.
- Maust, L. E.; Pond, W. G. y Scott, M. L. 1972. Energy value of cassava-rice bran diet with and without supplemental zinc for growing pigs. *Journal of Animal Science* 35(5):953-957.
- * Montaldo, A. y Montilla, J. J. 1976. Producción de forraje de yuca. *Rev. Fac. Agron. (Maracay, Venezuela)* 24:35-51.
- * Muller, Z.; Chou, K. C.; Nash, K. C. y Tan, T. K. 1972. Study of nutritive value of tapioca in economic rations for growing- finishing pigs in the tropics. United Nations Development Programme UNDP/SF project Sin 67/505. Pig and Poultry Research and Training Institute, Singapur. 35 p.
- Normanha, E. S. 1962. Farelo de ramas e folhas de mandioca. *Agrônômico* 14(5-6):16-19.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Oke, O. L. 1973. The mode of cyanide detoxification. En: Nestel, B. y MacIntyre, R. (eds.). *Chronic cassava toxicity: Proceedings of an interdisciplinary workshop*, Londres, 1973. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 97-104.
- Omole, T. A. 1977. Cassava in the nutrition of layers. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). *Cassava as animal feed; Proceedings of a workshop*, University of Guelph, Canadá, 1977. International Development Centre, Ottawa, Canadá. p. 51-55.
- Ong, H. K. y Hutagalung, R. I. 1981. A note on the digestibilities of pig diets containing fermented cassava manure. *Malaysian Agricultural Journal* 53(1):52-57.
- Oyenuga, V. A. 1961. Nutritive value of cereal and cassava diets for growing and fattening pigs in Nigeria. *British Journal of Nutrition* 15(3):327-338.
- Rajaguru, A. S. B. 1975. Problem of HCN in cassava. Paper No. 75-7, Peradeniya, University of Sri Lanka, Faculty of Agriculture, Sri Lanka. 9 p.
- Reed, J. D.; Mc Dowell, R. E.; Van Soest, P. J. y Horvath, P. J. 1982. Condensed tannins; a factor limiting the use of cassava foliage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 33(3):213-220.
- Saavedra, S. 1969. Grado de digestibilidad de la yuca en la alimentación del cerdo. *Veterinaria Ecuatoriana* 1(1):73-77.
- Santana, D. A. 1979. Efecto de la suplementación de metionina y zinc en dietas con alto contenido de harina de yuca en la alimentación de aves, cerdos y conejos. Tesis Mag. Sci. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. 81 p.
- * Serres, H. y Tillon, J. P. 1972. L'ensilage des racines de manioc. *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Trop.* 25 (3):455-456.
- Sonaiya, E. B. y Omole, T. A. 1977. Cassava peels for finishing pigs. *Nutrition Reports International* 16(4):479-486.
- Tewe, O. O. 1975. Implications of the cyanogenic glucoside fraction of cassava in the growth and reproductive performance of rats and pigs. Tesis Ph.D. University of Ibadan. 517 p.
- . 1983. Thyroid cassava toxicity in animals. En: Delange, F. y Ahluwalia, R. (eds.). *Cassava toxicity and thyroid: Research and public health issues. Memorias de un Taller, 1982*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 114-118.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras

- ; Maner, J. H.; y Gómez, G. 1977. Influence of cassava diets on placental thiocyanate transfer, tissue rodanase activity and performance of rats during gestation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28:750-756.
- y Pessu, E. 1982. Performance and nutrient utilization in growing pigs fed cassava peel rations containing different cyanide levels. *Nutrition Reports International* 26(1):51-58.
- Thomas, W. G. 1977. Considerations for the use of cassava as the energy source in broiler rations fed in tropical and subtropical regions. Tesis Ph.D. University of Illinois, Urbana, Estados Unidos, 159 p.
- Viettes, C. M. 1978. Empleo de alimentos no tradicionales en la alimentación de cerdos. *Revista de Medicina Veterinaria (Buenos Aires, Argentina)* 59(6):321-326.
- * Wheatley, C. 1984. Aflatoxinas en yuca ¿problema real? Yuca, Boletín Informativo, vol. 8, no. 2. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

Capítulo 4

Procesamiento de la Yuca para la Alimentación Animal

En este capítulo se describen las principales prácticas de manejo de la yuca fresca y los diferentes sistemas para procesarla con destino a la alimentación animal. En general, las raíces de yuca se pueden usar frescas, deshidratadas y convertidas en harina o en pélets, o ensiladas. Igualmente es posible usar el follaje fresco en la alimentación de animales, o ensilarlo o deshidratarlo para el mismo propósito.

Manejo de las Raíces Frescas

Los pasos iniciales para el procesamiento de las raíces de yuca son similares, bien sea que el producto se destine a una producción de tipo industrial (i.e. producción de alcohol, almidón, etc.) o que su destino final sea la utilización como alimento para animales.

La Figura 4.1 es un diagrama de flujo que ilustra las principales etapas en el procesamiento de las raíces de yuca; en él se hace especial énfasis en los procesos que conducen a la obtención de subproductos para la alimentación animal, sin pretender ilustrar detalladamente todas las posibilidades.

Lavado de las raíces

El lavado de las raíces tiene como objetivo eliminar al máximo la tierra, la arena y otros elementos extraños que vienen adheridos a ellas. Es una práctica importante especialmente cuando las

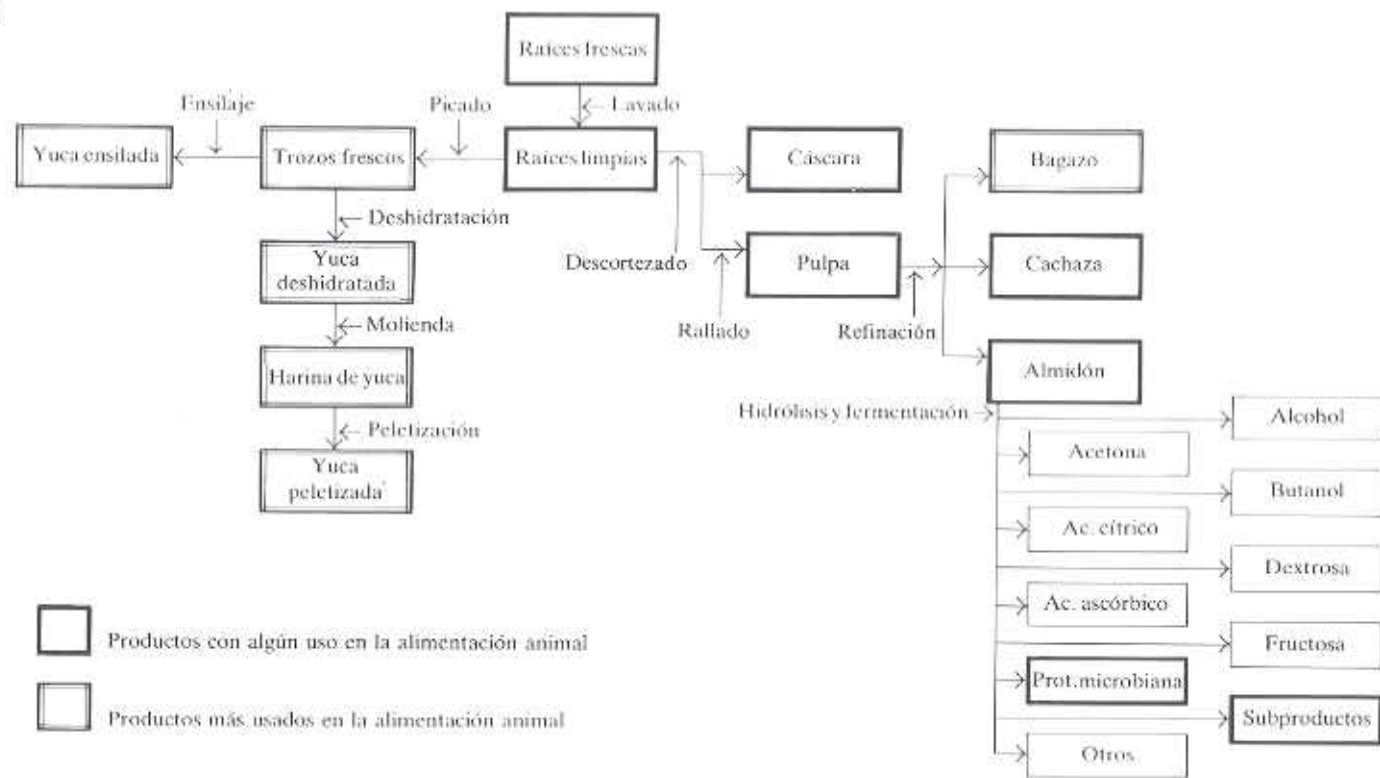


Figura 4.1. Flujo y principales productos del procesamiento de raíces de yuca.

raíces se procesan sin quitarles la corteza, con destino a la alimentación animal.

El lavado se necesita de manera especial en época de lluvias o cuando la yuca proviene de suelos pesados; sin embargo, puede omitirse en algunas ocasiones en épocas secas o en suelos arenosos. La operación se puede hacer simplemente usando agua a presión (Figura 4.2), o utilizando máquinas lavadoras con sistemas de agitación y rotación. La intensidad del lavado depende principalmente del sistema de procesamiento que se espera realizar, y de los requisitos de calidad que se exijan.



Figura 4.2. Es importante lavar las raíces recién cosechadas para eliminarles la tierra y otras materias extrañas que demeritan su calidad.

El grado de limpieza de las raíces de yuca se refleja principalmente en los contenidos de ceniza, sílice y fibra que presenta posteriormente la harina, los cuales individualmente o en conjunto demeritan su calidad. El lavado adecuado permite obtener materiales finales que reúnan las normas mínimas de calidad en cuanto al contenido de residuos. Suponiendo una humedad máxima de 14%, tales contenidos se deben ajustar a las siguientes especificaciones:

Ceniza:	no más de 3,0%
Arena:	no más de 1,5%
Fibra cruda:	no más de 3,5%
Celulosa:	no más de 3,0%

Corte o picado de las raíces

Las raíces se deben dividir en fragmentos pequeños para facilitar su uso en la preparación de raciones alimenticias, ya sea que la yuca se utilice en forma fresca o deshidratada. La conformación de los trozos (espesor, longitud, geometría) tiene importancia especial cuando la yuca se va a secar y a procesar posteriormente, y es menos importante si se va a utilizar fresca como alimento inmediato o para preparar ensilaje; en este caso sólo se recomienda que los trozos sean pequeños para obtener un ensilaje de mejor calidad.

El corte se puede hacer en forma rudimentaria con machetes o cuchillos, pero procurando que los fragmentos queden con el mínimo espesor posible para facilitar posteriormente el proceso de secamiento. Cuando el volumen de yuca es grande se utilizan máquinas picadoras (Figura 4.3) para agilizar la operación y uniformizar el tamaño de los trozos.

Tipos de picadoras. Existen dos modelos principales de máquinas picadoras de yuca, y alrededor de ellos se han desarrollado nuevos equipos mediante la introducción de ciertas modificaciones locales. Los modelos iniciales se desarrollaron en Malaysia y Tailandia, donde la yuca se produce a gran escala y la producción se dedica especialmente a la fabricación de harina y 'pélets' para la exportación hacia el Mercado Común Europeo, como materia prima para la alimentación animal.



Figura 4.3. Máquinas como ésta hacen más eficiente el corte de la raíz.

Tanto el modelo de Tailandia como el de Malaysia utilizan elementos similares, y se diferencian principalmente en el tipo de disco giratorio que lleva cada una.

La máquina tipo Malaysia tiene un disco giratorio de 1 m de diámetro y 12 mm de espesor, aproximadamente; a este disco se adhieren unas cuchillas intercambiables, hechas de láminas de acero (de 1-1.5 mm de espesor) y con estrías en el extremo por donde deben usarse para cortar las raíces de yuca.

En el modelo de Tailandia se utiliza un disco giratorio de 2-3 mm de espesor; el disco está perforado en toda su superficie con varias filas de agujeros de 25 mm de diámetro y bordes cortantes para dividir la raíz de la yuca en trozos.

Otras máquinas menos utilizadas industrialmente son una diseñada en Brasil (Sinicio y Roa, 1980) para producir fragmentos rectangulares de yuca de 10 mm cuadrados de sección y otra desarrollada en Alemania (Mathot, 1974), con cuchillas tipo 'Königsfelder' que permiten disminuir el tiempo de secado.

Ensilaje de las Raíces de Yuca

Las raíces que se van a ensilar deben estar sanas y recién cosechadas. Se deben lavar bien y enseguida picarlas en fragmentos pequeños para facilitar su compactación y una mejor conservación del producto ensilado; fragmentos de 0.5 a 1 cm de espesor y de 4 a 5 cm de longitud constituyen un material adecuado para la elaboración de un buen ensilaje.

Una vez que se ha picado el volumen necesario de yuca, se deposita en el silo; para ello se forman capas delgadas (30 a 40 cm) usando cantidades moderadas del producto y compactándolas con el fin de extraer al máximo el aire que pueda haber dentro de la masa ensilada.

Es indispensable que el silo pueda cerrarse herméticamente y que el material ensilado quede bien protegido del aire y del agua. En el momento de abrirlo se debe evitar exponer al aire una cantidad muy grande de ensilaje que no se va a utilizar

inmediatamente; en el caso de silos grandes es preferible hacer varias divisiones en forma tal que en cada sección se pueda almacenar el producto que se ha de usar en unos pocos días.

Existen diferentes tipos y tamaños de silos, entre los cuales se puede escoger el que mejor corresponda a la cantidad de material que se va a ensilar, al tiempo durante el cual se quiere almacenar, y a la funcionalidad y economía del equipo que se haya seleccionado (Figura 4.4).

Pérdidas de nutrimentos y características del producto. Se deben tomar todas las precauciones posibles para que el material ensilado no pierda principios nutritivos; sin embargo, siempre se presentarán alteraciones que pueden afectar en mayor o menor grado los nutrimentos.

La principal pérdida ocurre como consecuencia del mismo proceso de oxidación anaeróbica, ya que la fermentación normal



Figura 4.4. Llenado de un silo comercial de yuca, en México.

de los almidones y azúcares para producir ácidos orgánicos conduce también a la producción de anhídrido carbónico y agua; éstos son subproductos no utilizables como alimento y representan, por lo tanto, una pérdida nutricional con respecto al material original. Esas pérdidas, que no deben representar más de 5%-10% de la materia seca del producto ensilado, están relacionadas con la calidad del producto inicial y con el sistema de ensilaje. Cuando las condiciones del ensilaje son adversas (sellado deficiente del silo, poca o excesiva humedad del ensilaje, poca compactación, etc.), el porcentaje de pérdidas es mayor.

Otras pérdidas en el ensilaje son las ocasionadas por el contacto con el oxígeno del aire en algunas áreas más expuestas del silo, como son la parte superior y las paredes del mismo.

Una pérdida adicional es la que ocurre cuando el producto tiene una cantidad excesiva de agua al momento de ser ensilado, ya que parte de esa agua se pierde por filtración, arrastrando algunos principios nutritivos solubles en ella.

Cuando se cumplen todas las condiciones favorables para que el proceso de ensilaje se desarrolle adecuadamente, a los 18 a 20 días después de almacenadas las raíces se puede obtener el material útil. En este momento, la fermentación ácida ha llegado a su máximo y se inicia el proceso de conservación anaeróbica, sin que ocurran mayores cambios adicionales en el valor nutritivo ni en la palatabilidad del ensilaje.

Las características del buen ensilaje se miden en gran parte por el grado de acidez; el pH debe ser, en lo posible, de 3.5-4.0 para garantizar una mayor concentración de los ácidos láctico y acético y mínima cantidad de ácido butírico, y evitar así fermentaciones indeseables.

En el Capítulo 9 se puede encontrar más información sobre el ensilaje de las raíces.

Deshidratación o Secado de las Raíces

La deshidratación es importante para conservar la calidad de la yuca después de cosechada y facilitar su uso en la fabricación

de alimentos completos. Dependiendo del volumen y los costos de producción, los trozos de yuca se pueden deshidratar mediante sistemas naturales (secamiento al sol) o por sistemas artificiales (secadores con otras fuentes de energía).

Factores que inciden en el secado

Cualquiera que sea el sistema de deshidratación, es importante considerar ciertos factores que afectan la velocidad del secamiento; entre ellos están: la geometría de los trozos, la densidad y la humedad inicial de los mismos y las condiciones del aire. El análisis más detallado de cada uno de estos puntos se presenta en los trabajos realizados por Best (1978).

Geometría de los trozos. La velocidad del secado está directamente relacionada con la superficie total de los trozos. El tiempo de secado se puede abreviar cuando los fragmentos son regulares y permiten una circulación libre de aire entre ellos; formas rectangulares (8 x 8 x 50 mm) y cúbicas (10 x 10 x 10 mm) ofrecen las mejores características para un secado rápido y uniforme.

Carga por unidad de superficie de secamiento. La cantidad de fragmentos por unidad de superficie afecta la velocidad del secado, aunque existen diferencias muy marcadas entre el sistema de secado natural al medio ambiente y el efectuado por métodos artificiales.

En los sistemas tradicionales de secado (sobre pisos de concreto), la carga puede llegar hasta 12 kg/m², mientras que en los secadores industriales se pueden lograr densidades considerablemente mayores.

Condiciones del aire. Tanto en el caso de sistemas naturales como en sistemas artificiales, las condiciones del aire que tienen mayor influencia en la rapidez de secamiento son su velocidad (del aire), su temperatura y su humedad.

En las etapas iniciales del secado los trozos de yuca pierden humedad más rápidamente, y por lo tanto la velocidad del aire es más importante que la temperatura y la humedad. Durante la

etapa final, cuando el nivel de humedad es inferior a 30%, la deshidratación de los trozos es muy lenta y se necesitan temperaturas altas para eliminar de ellos el agua residual.

El nivel de la humedad ambiental es particularmente importante durante la fase final del proceso en el sistema de secado natural. Una humedad relativa superior al 65% puede prolongar demasiado la labor.

Humedad inicial de la yuca. La humedad inicial de los trozos de yuca determina la cantidad de agua que debe extraerse durante el secado e influye, por lo tanto, en la velocidad de la operación. Si esa humedad es alta, se necesita evaporar más agua para secar los trozos hasta el nivel deseado y el proceso requiere mayor cantidad de energía; la mayor demanda de energía redundará en un mayor tiempo de secado. Sin embargo, en los sistemas artificiales el tiempo de secado se puede mantener constante aumentando el caudal o la temperatura del aire.

La humedad inicial de la yuca influye no sólo en el rendimiento del proceso de deshidratación (cantidad de materia seca/kg de yuca fresca usada) sino también en el factor de conversión (unidades de yuca fresca requeridas para producir una unidad de yuca seca); el factor de conversión equivale al inverso del rendimiento.

En el Cuadro 4.1 se puede observar la variación que presenta el factor teórico de conversión según sea la humedad inicial de

Cuadro 4.1. Efecto de la humedad inicial de la yuca sobre el factor de conversión.

Humedad inicial (%) ^a	Yuca seca/kg de yuca fresca (g) ^b	Factor conversión ^c
75	280	3.6
70	335	3.0
65	390	2.6
60	445	2.2
55	500	2.0

a. Cifras en base húmeda.

b. Cantidad de yuca seca hasta un 10% de humedad (base húmeda).

c. Unidades de yuca fresca requeridas para obtener una unidad de yuca seca.

la yuca. Es de advertir que en la práctica el factor de conversión resulta mayor que los que se presentan en el cuadro, a causa de las pérdidas que ocurren durante el procesamiento.

El sistema de secamiento natural

El método más rudimentario para deshidratar los trozos de yuca consiste en esparcirlos sobre una superficie plana (Figura 4.5) para exponerlos a la acción del sol y del viento, y a otras condiciones ambientales que determinan la velocidad del secamiento.



Figura 4.5. Secamiento de trozos de yuca en patios de cemento.

Con el fin de acelerar el proceso, los trozos se deben remover a intervalos regulares, ojalá no mayores de dos horas, utilizando un rastrillo o herramienta parecida.

La densidad de la carga (cantidad de fragmentos por unidad de superficie) depende de las condiciones ambientales específicas, pero en general se estima que cuando se trata de pisos convencionales de concreto, ella no debe exceder de 10 kg/m² para lograr un secamiento eficiente en uno a dos días. Sobre esta base, se puede calcular que para obtener 1 t de yuca seca el área de piso requerida es de 250 m² aproximadamente.

Se ha demostrado que, cuando se opera con densidades de carga bajas, se puede incrementar la velocidad de deshidratación mediante la práctica sencilla de pintar el piso de color negro; este color aumenta la absorción de la radiación solar.

Otro método que permite acelerar efectivamente la velocidad del secamiento natural consiste en utilizar bandejas cuyo fondo o base sea de malla, colocándolas con una inclinación de 25-30 °C; así se puede aprovechar mejor el efecto del viento y de la temperatura ambiental, ya que la forma y la colocación de las bandejas facilitan la circulación de aire a través de los trozos. En este sistema, que permite incrementar la cantidad de material deshidratado por unidad de superficie hasta 15 kg/m², las bandejas se pueden construir con marcos de madera y bases de malla de gallinero y malla fina de plástico.

En el Cuadro 4.2 se muestra el efecto de diferentes condiciones ambientales sobre el tiempo de secamiento de trozos de yuca esparcidos en pisos de concreto y en bandejas inclinadas.

Es importante anotar que la deshidratación por exposición a los rayos solares es un sistema de mucha efectividad para eliminar el ácido cianhídrico de los trozos de yuca. Este aspecto es de primordial importancia en el caso de las variedades amargas o con alto contenido de glucósidos cianogénicos, en las que otros métodos de secamiento posiblemente no faciliten la eliminación de una cantidad tan alta de ácido cianhídrico sin ocasionar la destrucción de la enzima linamarasa.



Cuadro 4.2. Efecto de las condiciones del aire sobre la velocidad de secamiento de trozos de yuca esparcidos en pisos de concreto o en bandejas inclinadas.

Temperatura (°C)	Condiciones ambientales			Horas de secado	
	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (m/seg)	Radiación solar (cal/cm ² /min)	En	En
				piso ^a	bandejas ^b
24	70	1.9	0.73	11	12
26	67	0.8	0.58	17	19
26	66	1.2	0.61	15	13
30	64	0.9	0.65	10	12
31	68	1.0	0.71	13	13

a. Piso de concreto con una carga de 5 kg/m².

b. En bandejas inclinadas con cargas de 10 kg/m².

FUENTE: Best y Gómez, 1982.

Sistemas de secamiento artificial

Existen diferentes tipos de equipos para deshidratar la yuca mediante el calor artificial, y la elección entre ellos depende de varios factores, especialmente del costo del combustible o fuente de calor y de la cantidad de material que debe deshidratarse. Entre los principales equipos se pueden mencionar el secador de capa fija, la cámara secadora con bandejas estáticas, los secadores rotatorios y el secador de transportador.

Secador de capa fija. En este sistema se hace circular aire caliente a través de una capa o lecho fijo de trozos de yuca; este aire suministra la energía necesaria para evaporar la humedad del material. En forma simple el secador es una cámara de ladrillo, con láminas de hierro galvanizado colocadas a cierta altura del piso; estas láminas, que están perforadas en el 3% de su área con agujeros de 3 mm de diámetro, conforman un piso falso sobre el cual se cargan los trozos de yuca a razón de 50 a 200 kg/m² (Figura 4.6). Durante la operación los trozos se deben voltear regularmente para facilitar un secado homogéneo.

El aire se puede calentar por medio de calentadores eléctricos, de vapor de agua o con quemadores con intercambiadores de



Figura 4.6. Secador de capa fija con ventilación forzada.

calor que utilizan madera, carbón mineral, gas propano, diesel o cualquier otro combustible. Un ventilador debe impulsar el aire a una presión suficiente para vencer las resistencias que presentan el equipo de calentamiento, las láminas perforadas y los trozos de yuca.

Cámara con bandejas. Este sistema consta de una cámara con un número variable de compartimentos, donde se colocan bandejas con capas delgadas del material que se va a deshidratar. Una vez colocadas las bandejas en su sitio, la cámara se cierra y desde afuera se activa el sistema de calor y ventilación artificial; entonces se produce la corriente de aire caliente que se mueve a través de las bandejas, removiendo la humedad del material.

Secador rotatorio. Consiste básicamente en un cilindro metálico donde se deposita el material; el cilindro gira en forma horizontal o inclinada mientras por su interior pasa una corriente de aire caliente que se obtiene utilizando el mismo tipo de combustibles del secador de capa fija. La superficie interior generalmente está provista de aletas o paletas que facilitan el movimiento del producto para que reciba la corriente de aire caliente a medida que el tambor está girando.

Secador de transportador. Este es un equipo de tipo continuo que consta de un túnel de longitud variable, a través del cual pasa una banda transportadora provista de compartimentos para el material que se debe deshidratar. El aire caliente generalmente tiene un flujo vertical sobre la superficie del material, para lograr una mayor eficiencia.

Molienda de las Raíces Secas

La yuca en forma de trozos, tajadas o cubos que se ha deshidratado se debe moler para obtener la harina; ésta se puede utilizar bien sea directamente en las mezclas concentradas para animales o bien para la producción de comprimidos o pélets. Cuando la harina se destina inmediatamente para la alimentación animal, los trozos secos se muelen generalmente utilizando molinos convencionales de martillos.

Para producir la harina, los trozos de yuca deben estar deshidratados en forma homogénea, con una humedad que no exceda de 15%. En el caso de que haya peligro de contaminación con hongos, es conveniente agregarle (a la harina) productos a base de ácido propiónico u otros compuestos fungicidas.

Obtención de Pélets y Factores que Afectan su Calidad

Los pélets son pequeños agregados de forma cilíndrica y uniformes en textura y apariencia, que se obtienen de la yuca deshidratada mediante procesos mecánicos de aglomeración.

Debido a sus ventajas sobre la yuca en trozos, los pélets han adquirido mucha importancia para la comercialización de la yuca con destino a la alimentación animal, principalmente en los mercados de exportación. Las principales de tales ventajas son su mayor uniformidad en calidad, mejor conservación de la forma física gracias a su dureza, y menores costos de almacenamiento y transporte. Esta última ventaja se debe a que los pélets ocupan un espacio 20% a 30% menor que el de los trozos; así, mientras en un metro cúbico se pueden almacenar 640 kg de yuca peletizada, sólo caben 550 kg de harina y 440 kg de trozos secos.

Para la producción del pélet se pueden usar equipos de diversas especificaciones, pero en todo caso la harina se debe 'acondicionar' previamente con vapor de agua; éste proporciona a la harina humedad para la lubricación y permite la gelatinización parcial del almidón.

En la unidad peletizadora, la masa de harina acondicionada pasa, mediante un mecanismo de presión, a través de los orificios de un 'dado' o anillo perforado para el efecto.

Cuando se usa harina de yuca de buena calidad se obtiene un pélet que se clasifica como de tipo duro; los que se obtienen de otros materiales con menos almidón o que contienen más de 30% de melaza son blandos y se rompen con mayor facilidad.

La calidad final del pélet depende principalmente de la naturaleza y composición del material que se va a procesar, de las condiciones físicas bajo las cuales se desarrolla el proceso y de las características del equipo utilizado en el procesamiento.

Naturaleza y composición del material

Hay que considerar por una parte el contenido de proteína, almidón, fibra y grasa, y por otra parte las impurezas que influyen en las características del producto final.

Los productos ricos en proteína se vuelven plásticos con el calor y actúan como pegantes para producir pélets duros. En presencia de humedad, los almidones se gelatinizan con el calor, lo que facilita la producción de pélets duros. La fibra ofrece dificultad

para el proceso de aglomeración, pero cuando las partículas son finas ayuda en la conformación de un producto duro. La grasa influye en la dureza del pélet y actúa como un lubricante que facilita el proceso de presión y aumenta la velocidad de la producción.

Las impurezas (arena, tierra) tienen un efecto negativo, no sólo en la calidad del pélet, sino en la durabilidad de los dados y rodillos del equipo.

Condiciones físicas

Tienen que ver con tres aspectos principales: el tamaño de la partícula de la materia prima, el contenido de humedad de la misma y la temperatura utilizada en el proceso.

En cuanto al tamaño de las partículas, los mejores resultados se obtienen cuando se mezclan partículas finas y medianas; las partículas muy finas ofrecen dificultades en el proceso de compresión, mientras que las partículas muy grandes favorecen la producción de pélets que se rompen con facilidad.

El nivel de humedad de la harina debe ser el adecuado para permitir la gelatinización del almidón y para lubricar el canal de peletización; se recomienda un 16% a 18% de humedad para obtener un pélet de buena calidad.

La temperatura tiene especial importancia en la gelatinización del almidón, el cual actúa de esa manera como pegante de las partículas que se están peletizando. Para la gelatinización se requieren condiciones precisas de temperatura y humedad; cuando se trata de materiales con alto contenido de almidón, como es la harina de yuca, se recomienda una temperatura de 80 a 85°C. El material se debe precalentar antes de que entre en la prensa de peletización; luego la temperatura aumenta por efecto de la fricción de la harina al pasar por el canal u orificio del dado.

Características del equipo

Se sabe que las características del equipo afectan la calidad y los costos de producción del pélet, y existen diferentes

especificaciones para el mismo según sean los materiales que se van a procesar. De todas maneras la óptima combinación de las variables longitud del canal (espesor del dado), diámetro del orificio del dado, velocidad de la rotación en el proceso y velocidad en el flujo de material permiten obtener un pélet de buena calidad y con costos de producción razonables.

Procesamiento del Follaje de Yuca

La parte aérea de la yuca también se puede someter a diferentes procesos para la obtención de productos con destino a la alimentación animal. En la Figura 4.7 se hace una breve descripción de los sistemas más elementales de procesamiento, con énfasis en aquéllos que tienen una mayor utilidad en la alimentación de rumiantes y monogástricos.

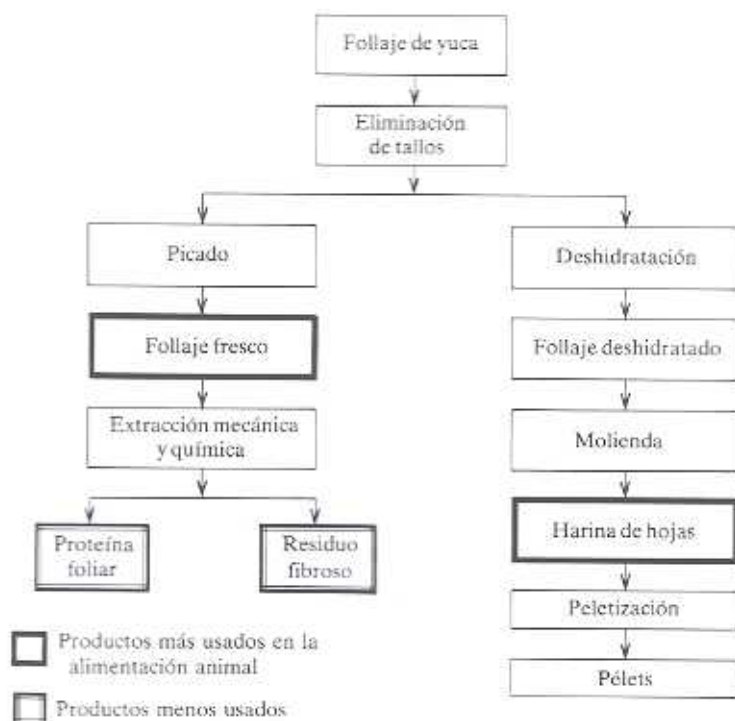


Figura 4.7. Diagrama de flujo y productos en el procesamiento del follaje de yuca.

La calidad de cada uno de los productos y subproductos que se obtienen de la parte aérea dependen, naturalmente, de la calidad del follaje original; esta calidad varía ampliamente, ya que depende en gran parte de la proporción entre hojas y tallos, y de la edad de la planta.

Después de cosechado el follaje es necesario decidir rápidamente si se va a utilizar fresco, o si se va a deshidratar para utilizarlo posteriormente. Cuando el follaje se destina a la producción de harina para monogástricos es importante eliminar de él la mayor cantidad posible de tallos y material leñoso; en el caso de alimentación para rumiantes esta selección no es tan crítica.

Follaje fresco y follaje ensilado

El follaje de yuca en forma fresca se usa casi exclusivamente para la alimentación de rumiantes y/o equinos. Se debe picar en trozos de tamaño mediano (3-5 cm) para estimular un mayor consumo y evitar el desperdicio; se puede suministrar solo o mezclado con otros ingredientes. Para picar el follaje se utilizan picadoras y equipos similares a los que se usan para procesar pastos de corte u otro tipo de forrajes fibrosos.

Otra posibilidad para el follaje de yuca es ensilarlo, ya picado, para usarlo posteriormente en la alimentación de rumiantes. En este caso es necesario agregar al material verde productos carbohidratados para obtener una buena fermentación; adicionalmente, se deben aplicar las recomendaciones mencionadas antes, cuando se hizo la descripción para el ensilaje de raíces.

Follaje deshidratado

La alternativa de deshidratar el follaje de yuca abre nuevas posibilidades para el uso de la parte aérea de la planta en la alimentación de rumiantes y monogástricos; mediante procesos de deshidratación y molienda, se obtiene una harina que ofrece numerosas ventajas para su manejo y uso.

El equipo necesario para estos procesos es similar al que ha sido mencionado anteriormente para la elaboración de harina de raíces. La deshidratación mediante energía solar se efectúa rápidamente debido a la conformación de las hojas. Las secadoras a base de otro tipo de energía son similares a las que se utilizan para la producción de harina de alfalfa o de otros productos foliares.

El producto final de la deshidratación del follaje, la harina, se puede utilizar directamente o se puede mezclar con otros componentes de la ración. También se puede 'peletizar' mezclándole otros productos alimenticios que favorezcan la formación de los agregados, o aditivos como bentonita, almidón y gomas que mejoren su dureza y calidad.

Bibliografía

- Araullo, E. U.; Nestel, B.; y Campbell, M. 1974. Cassava processing and storage: Proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Tailandia, 1974. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 125 p.
- Aschengreen, N. H. 1969. Microbial enzymes for alcohol production. *Process Biochemistry* 4(8):23-25.
- Banzon, J.; Fulmer, E. I.; y Underkofler, L. A. 1949. Fermentative utilization of cassava; the production of ethanol. *Iowa State J. Sci.* 23(2):219-235.
- Bates, W. N. 1957. *Mechanization of tropical crops*. Temple Press, Londres.
- Baumer, G. W. A. 1962. Report to the Government of Nigeria on processing of gari and tapioca in rural industries. FAO Report no. 1486, Roma. 18 p.
- * Best, R. 1978. Cassava processing for animal feed. En: Weber, E. J.; Cook, J. H.; y Chouinard, A. (eds.). *Cassava harvesting and processing: Proceedings of a workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 1978*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 84 p.
- * ——— y Gómez, G. 1982. Procesamiento de las raíces de yuca para alimentación animal. En: Domínguez, C. E. (ed.). *Yuca: Investigación, producción y utilización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Programa de Yuca, Cali, Colombia. 660 p.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Booth, R. H. 1975. Cassava storage: post-harvest deterioration and storage of fresh cassava roots. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 18 p.
- Brautlecht, CH. 1953. Starch: Its sources, production and uses. Reinhold, Nueva York.
- Chadha, Y. R. 1961. Sources of starch in Commonwealth territories. *Tropical Science* 3:3.
- Chirife, J. y Cachero, R. A. 1970. Through circulation drying of tapioca root. *J. Food Sci.* 35:364-368.
- . 1971. Diffusional process in the drying of tapioca root. *J. Food Sci.* 36:327-330.
- Collard, P. y Levi, S. 1959. A two-stage fermentation of cassava. *Nature* 183(4661):620-621.
- Eynon, L. y Cane, J. H. 1928. Starch: Its chemistry, technology and uses. Cambridge, Heffer.
- Ghosh B. 1968. The manufacture of starch from cassava roots in Uganda. *East African Agricultural and Forestry Journal* 34:78-83.
- Grace, M. R. 1971. Cassava processing. Food and Agriculture Organization. FAO Agricultural Services Bulletin no. 3, Roma. 155 p.
- ; Wahby, O. y Eriksen, C. 1970. The present production, processing and marketing of tapioca in Malaysia. Report of the FAO/SF Food Technology Research and Development Centre, Serdang. Food and Agriculture Organization (FAO), Roma.
- Holleman, L. W. J. 1950. Java tapioca: its manufacture, grading and use. Publication no. 22. Organization for Scientific Research, Yakarta, Java.
- . 1952. Tapioca as an agricultural industry product of Indonesia. *Journal of Scientific Research* 1:10-12.
- y Aten, A. 1956. Elaboración de la yuca y sus productos en las industrias rurales. Cuaderno de Fomento Agropecuario no. 54, FAO. 123 p.
- ; Goethals, C. A.; y Soenarto, R. 1952. A simple remilling process for tapioca. *Journal of Scientific Research* 1(5):130-134.
- Ingram, J. S. 1972. Cassava processing: Commercially available machinery. Report no. G 75. Tropical Products Institute. 8 p.
- Kennedy, F. N. 1955. Starch: Raw material sources and economics. *Industrial and Engineering Chemistry* 97:1405.

- Kerr, R. W. 1968. Chemistry and industry of starch. Academic Press, Nueva York.
- Knight, J. 1969. The starch industry. Pergamon Press, Oxford.
- Krochmal, A. 1966. Labour input and mechanization of cassava. *World Crops* 18:28-30.
- Kuppuswamy, S. 1962. Studies on the dehydration of tapioca. *Food Science* 11(4):99-100.
- Manurung, F. 1974. Technology of cassava chips and pellets processing in Indonesia, Malaysia and Thailand. En: Araullo, E. V.; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). *Cassava processing and storage: Proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Tailandia, 1974*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 89-112.
- * Mathot, P. J. 1974. Production and export control in Thailand and the marketing in Europe of tapioca pellets. En: Araullo, E. V.; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). *Cassava processing and storage: Proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Tailandia, 1974*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 125 p.
- Muller, Z. 1977. Improving the quality of cassava root and leaf product technology. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop, University of Guelph, 1977*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 120-126.
- Pacheco, J. A. C. 1954. Changes in starch content during the storage of cassava roots. *Bragantia* 13(6):15-16.
- Radley, J. A. 1953. Starch and its derivatives. Chapman, Londres.
- Roa, G. 1974. Natural drying of cassava. Tesis Ph.D. Michigan State University, Department of Agricultural Engineering, East Lansing, Michigan, E.U. 132 p.
- Sills, V. E. 1959. Cassava starch. *Agricultural Journal (Fiji)* 29:16.
- * Sinicio, R. y Roa, G. 1980. Secador rural de café, cacao, mandioca e outros productos agropecuarios com uso de energia solar. Serie Centreinar No. 1. Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem. 22 p.
- Thanh, N. C. 1974. Technology of cassava chips and pellets processing in Thailand. En: Araullo, E. V.; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). *Cassava processing and storage: Proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Tailandia, 1974*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 113-122.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- ; Pescod, M. B.; y Muttamara, S. 1976. Technological improvement of tapioca chips and pellets produced in Thailand. Research Report no. 57. Asian Institute of Technology, Bangkok. 41 p.
- ; Muttamara, S.; y Lohani, B. N. 1978a. Drying techniques for improvement of tapioca chips in Thailand. *Thai. J. Agr. Sci.* 11:45-55.
- Vesey-Fitzgerald, D. 1950. Brazilian methods of preparing cassava. *East African Agricultural Journal* 15:165.
- Vitti, P. 1966. Industrialização de mandioca, produção e amido, raspa e farinha de raspa. *Bol. Cent. Trop. Pesq. Technol. Aliment.* 6:26-33.
- Webb, B. H. y Gill, K. S. 1974. Artificial heat drying of tapioca chips. *Mal. Agric. Res.* 3:67-76.
- Weber, E. J.; Cook, J. H. y Chouinard, A. (eds.). 1978. Cassava harvesting and processing: Proceedings of a workshop held at CIAT, Cali, Colombia, 1978. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 83 p.

Capítulo 5

Características del Animal que Condicionan el Uso de Yuca en su Alimentación

En los capítulos anteriores se han analizado los aspectos relacionados con la composición, el procesamiento y las limitaciones nutricionales de los principales productos primarios y secundarios de la planta de yuca. El presente capítulo se refiere específicamente a ciertas condiciones fisiológicas en el organismo del animal que inciden en el aprovechamiento de tales productos. Solamente se presentan los fundamentos de mayor importancia para definir el potencial que los productos derivados de la yuca tienen como componentes de raciones para las diferentes especies y fases de producción animal.

Uso de los Productos según la Especie del Animal

La presencia de una mayor o menor cantidad de almidón, fibra, humedad, nitrógeno no proteico y ácido cianhídrico en la yuca y sus derivados determina el grado de utilización de estos productos en la alimentación animal, de acuerdo con el sistema digestivo característico de cada especie.

El sistema digestivo del animal es, por lo tanto, el primer factor que se debe tener en cuenta para seleccionar el tipo y la cantidad del producto derivado de la yuca que se puede incluir en la ración. Desde el punto de vista de su sistema digestivo, las especies domésticas se pueden agrupar, en términos generales, en tres categorías importantes: monogástricos, rumiantes y herbívoros no rumiantes.

Monogástricos

Los monogástricos domésticos (aves, cerdos) se caracterizan por tener un estómago relativamente simple que posee funciones muy preliminares en el proceso digestivo; la mayor parte de las funciones de digestión y absorción se realizan en el tracto intestinal, mediante mecanismos enzimáticos y bioquímicos.

Los tractos digestivos de las aves y los cerdos (Figuras 5.1 y 5.2) presentan diferencias notables; sin embargo, en términos generales tanto los procesos digestivos como los productos finales de la digestión y el grado de utilización de los nutrientes son muy similares. Al mismo tiempo, estos dos grupos de animales se identifican mucho en sus diferencias con los rumiantes en cuanto a la utilización final de los nutrientes.

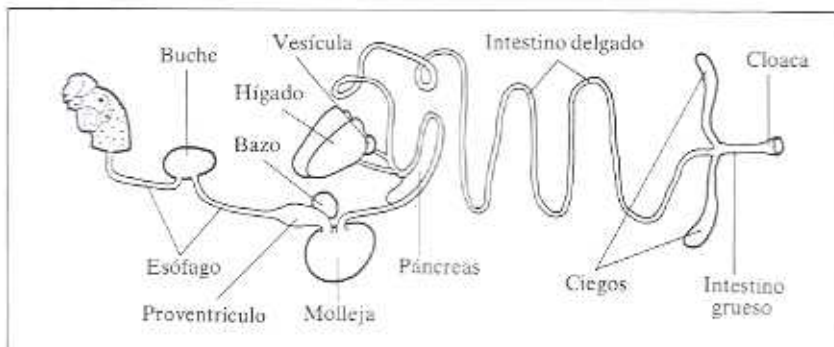


Figura 5.1. Principales partes del sistema digestivo de las aves.

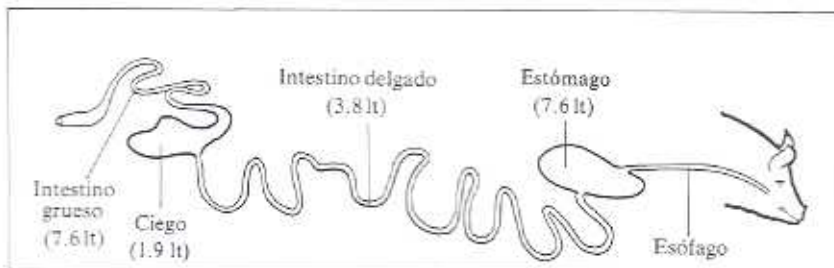


Figura 5.2. Sistema digestivo del cerdo y capacidad de sus órganos.

En contraste con los rumiantes, los monogástricos no desarrollan procesos importantes de fermentación microbiana y ese hecho limita la utilización de productos fibrosos (forrajes, bagazos, cortezas, etc.) y de nitrógeno no proteico (urea, amonio, amidas, etc.).

Considerando los mecanismos de digestión y absorción que tienen los monogástricos, la alimentación de estos animales se debe basar en productos que se puedan digerir enzimáticamente. Es necesario que los principios nutricionales de tales productos se puedan desdoblar y absorber principalmente en el intestino delgado, para poder obtener un buen grado de asimilación y utilización de los nutrimentos con fines productivos. Como se puede observar en la Figura 5.3, tales nutrimentos son principalmente almidones, azúcares, grasas y proteínas.

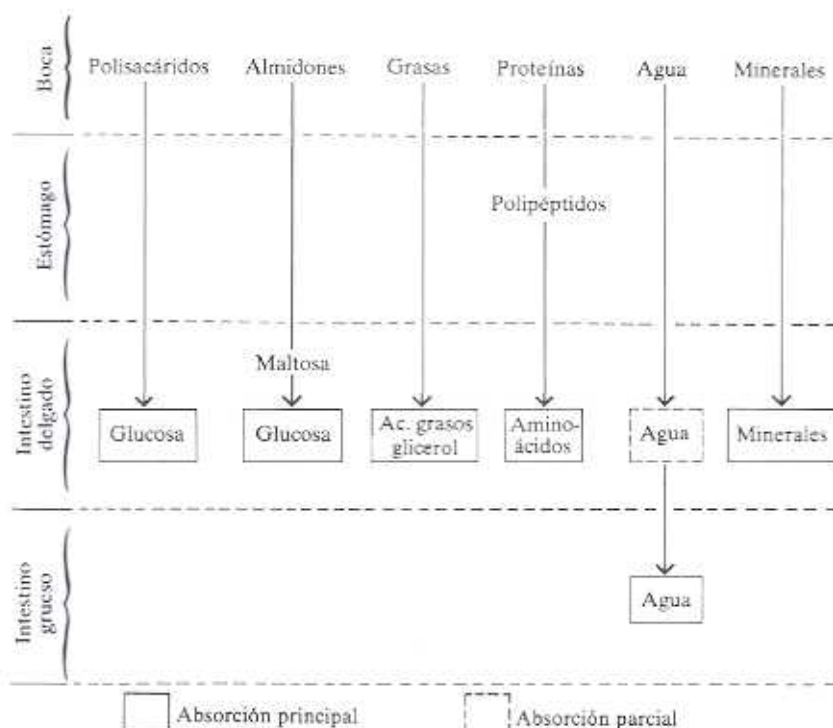


Figura 5.3 Procesos de digestión y absorción de diferentes alimentos en los monogástricos, y parte del tracto digestivo donde tales funciones tienen lugar.

Rumiantes

En las especies rumiantes domésticas (bovinos, ovinos y caprinos) la característica digestiva principal es la de poseer un estómago complejo, de importancia fundamental en los procesos de digestión y absorción (Figura 5.4). En los cuatro compartimentos que tiene su estómago (rumen o panza, retículo, omaso y abomaso) se desarrollan procesos digestivos y de fermentación microbiana que permiten al animal utilizar grandes cantidades de forrajes fibrosos, y hacen posible la inclusión de compuestos nitrogenados no proteicos en su programa de alimentación.

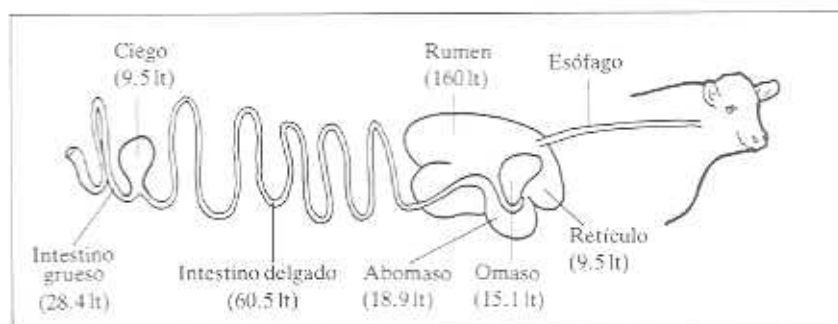


Figura 5.4. Sistema digestivo de los bovinos y capacidad de sus órganos principales.

Las materias primas con un alto contenido de fibra (pastos, forrajes toscos, cascarilla, corteza, bagazo, etc.) sufren, a nivel del rumen, un proceso de fermentación microbiana que permite la transformación de carbohidratos complejos (celulosa, hemicelulosa, pectina) en ácidos grasos volátiles (AGV) y en glucosa; en esta forma, son aprovechados por el rumiante como fuente de energía útil. Por otra parte, los microorganismos ruminales tienen la capacidad de transformar los compuestos nitrogenados no proteicos en proteína verdadera, la cual es posteriormente digerida y absorbida en el intestino delgado (Figura 5.5).

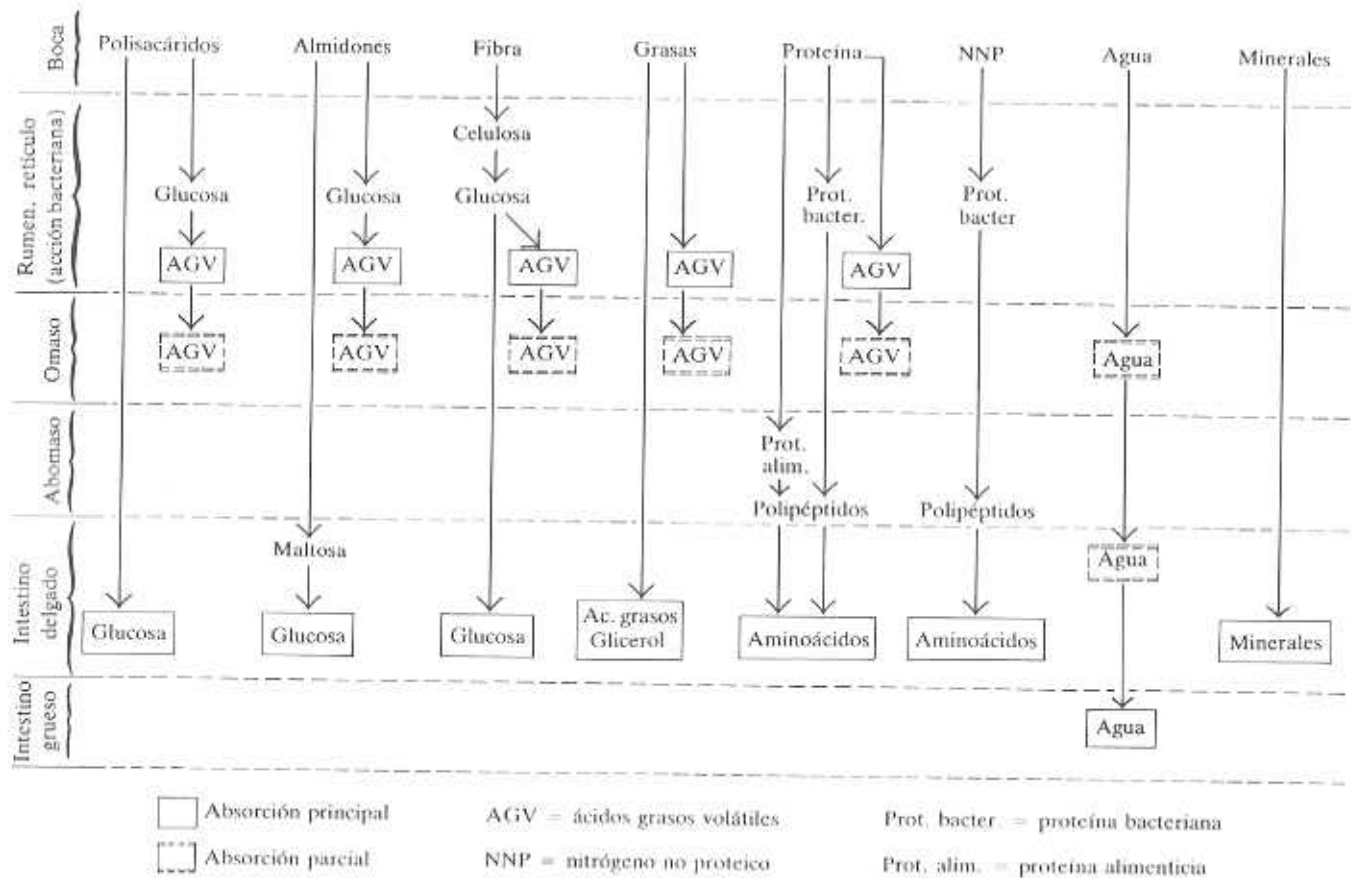


Figura 5.5. Procesos de digestión y absorción de nutrimentos en los rumiantes, y sitios del tracto digestivo donde se realizan estas funciones.

Herbívoros no rumiantes

Los equinos y otras especies herbívoras no rumiantes, a pesar de no poseer el complejo sistema digestivo de los rumiantes, pueden aprovechar eficientemente raciones con alto contenido de fibra. En este caso, la característica principal es el gran desarrollo que alcanza el ciego (Figura 5.6), lo cual facilita una importante actividad microbiana. De esa manera, en estas especies de herbívoros no rumiantes se presenta una fermentación semejante a la que se produce en el rumen de los rumiantes.

La conformación del tracto digestivo de los equinos permite que el alimento se exponga a los mecanismos de digestión estomacal e intestinal antes de llegar al ciego, en forma similar a como sucede en los monogástricos. De aquí en adelante, los productos como la celulosa, la hemicelulosa, y el nitrógeno no proteico, que han escapado a la digestión gastrointestinal, quedan sometidos a los procesos fermentativos del ciego; las reacciones aquí son en su mayoría equivalentes a las reacciones en el rumen.

En los herbívoros no rumiantes, los ácidos grasos volátiles son absorbidos y utilizados por el organismo en forma similar a como ocurre en los rumiantes. Esto no ocurre, en cambio, con la proteína microbiana sintetizada a partir de componentes no proteicos; ella no puede ser utilizada completamente porque su formación ocurre después de que el alimento ha pasado por los órganos que pueden degradarla y absorberla (intestino delgado).

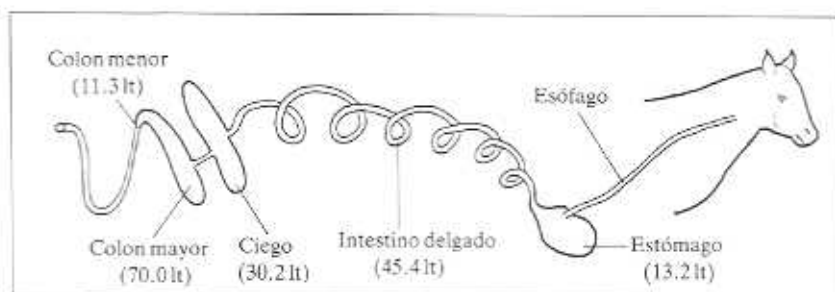


Figura 5.6. Representación esquemática del sistema digestivo del caballo.

Uso de Productos según la Edad del Animal y su Fase de Producción

Además de las diferencias que existen entre las especies en cuanto a la utilización de determinado tipo de alimento, también existen diferencias según la edad de los animales y la fase de producción. En general, los animales jóvenes poseen características digestivas diferentes a las de los animales adultos; los procesos digestivos y enzimáticos que ocurren en ellos no permiten la utilización completa de ciertos almidones, azúcares y otros componentes nutricionales que posiblemente son de fácil digestión en el caso de los animales adultos de la misma especie.

La fase de producción también es un factor de importancia en la selección del tipo de producto que se va a incluir en el plan de alimentación. Para las primeras etapas de crecimiento se requieren normalmente productos ricos en proteína y energía de alta digestibilidad, mientras que para la reproducción y/o mantenimiento es posible diluir la concentración de proteína y energía a expensas de mayores niveles de fibra y humedad.

Animales lactantes (lechones, terneros, potros)

La alimentación suplementaria para los animales desde el nacimiento hasta el momento del destete debe basarse en ingredientes muy similares a los elementos de la leche materna, ya que los componentes enzimáticos del animal lactante están desarrollados primordialmente para digerir y asimilar la leche.

El carbohidrato de más fácil digestión en los animales lactantes es la lactosa, y la actividad digestiva de la enzima correspondiente, la lactasa, se incrementa durante los primeros días de vida, pero comienza a declinar después de la segunda semana. Los animales recién nacidos no tienen capacidad para digerir almidones y carbohidratos diferentes a la lactosa, debido a la ausencia de las enzimas digestivas correspondientes.

La digestión del almidón requiere dos tipos de enzimas (amilasas y maltasas) las cuales se comienzan a sintetizar con posterioridad al nacimiento del animal, para alcanzar niveles

apreciables después del primer mes. Para aumentar la digestibilidad del almidón en las fases iniciales de crecimiento del animal, se puede recurrir a tratamientos que faciliten el acceso de las enzimas específicas a los gránulos; entre tales tratamientos están la cocción o el vapor, que permiten romper los gránulos del almidón.

No todas las fuentes de almidón presentan idénticas características; así, el almidón de los cereales generalmente se degrada con mayor facilidad que el almidón de las raíces y los tubérculos. El producto final de la digestión del almidón es la glucosa, que es absorbida en el intestino.

Con respecto a la digestión de la fibra existen igualmente diferencias notables entre animales lactantes y animales adultos. Como se sabe, la celulosa es el principal componente de la fibra, y la celulasa, que es la enzima responsable de su digestión, sólo se produce en etapas posteriores al nacimiento del animal, cuando existen condiciones que permiten el desarrollo de una flora microbiana funcional a nivel del rumen o del ciego.

Es importante que al incluir elementos diferentes a la lactosa y a la caseína (azúcar y proteína de la leche) en la ración del lactante, la adición se haga en forma paulatina, con el fin de ajustar gradualmente el programa de alimentación de acuerdo con el desarrollo de los procesos digestivos y evitar trastornos al animal.

Animales adultos

Después del destete, el animal generalmente no recibe leche materna y depende por completo de alimentos y forrajes con carbohidratos y proteínas diferentes de la lactosa y la caseína.

Los rumiantes y herbívoros no rumiantes desarrollan a nivel del rumen o del ciego una flora microbiana muy completa que les permite la utilización eficiente de alimentos fibrosos; por esta razón, el follaje de la yuca y el bagazo o ripio resultante de la extracción de almidón son útiles para la alimentación de estas especies.

Los monogástricos, en cambio, poseen actividad bacteriana muy limitada, motivo por el cual el uso de los productos fibrosos tiene limitaciones para las fases productivas (crecimiento, ceba). En estos casos la utilización de harina de yuca, de almidón o de la raíz completa adquiere mayor importancia, ya que se adapta más a los procesos enzimáticos a nivel del intestino delgado; estos procesos permiten la degradación y posterior asimilación de almidones, azúcares, grasas y proteínas verdaderas (Cuadro 5.1 y Figura 5.7).

Cuadro 5.1. Productos finales en el proceso de digestión de los carbohidratos, las proteínas y las grasas.

Sustrato	Enzima responsable	Producto final
Almidón	Amilasa	Maltosa Maltotriosa Dextrinas
Dextrinas	Isomaltasa	Glucosa
Maltosa Maltotriosa	Maltasa	Glucosa
Lactosa	Lactasa	Glucosa Galactosa
Sucrosa	Sucrasa	Glucosa Fructosa
Proteína	Pepsina	Proteosas Peptonas
Proteína Proteosas Peptonas	Tripsina Quimotripsina	Polipéptidos Dipéptidos
Polipéptidos Dipéptidos	Carboxipeptidasa Aminopeptidasa	Aminoácidos
Dipéptidos	Dipeptidasa	Aminoácidos
Grasas	Lipasa (Sales biliares y álcalis)	Ácidos grasos Monoglicéridos Diglicéridos Glicerol

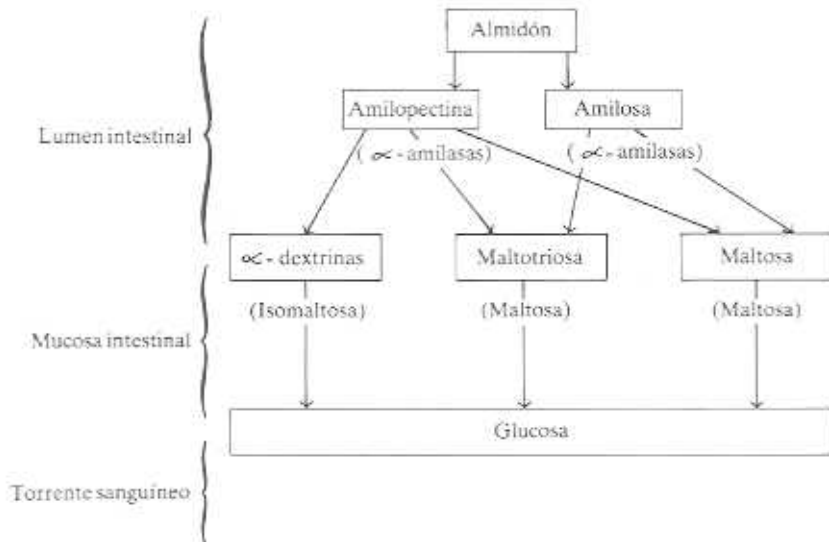


Figura 5.7. Esquema del proceso digestivo del almidón.

Animales en fases de producción intensa

Según sea la especie animal y su fase de producción, existen diferencias notorias en cuanto a los nutrimentos requeridos, especialmente en relación con los niveles de energía útil y proteína digestible. Por otra parte, los productos y subproductos de yuca presentan una gran variación en sus niveles de energía y proteína, tal como se ha mencionado en capítulos anteriores.

Es necesario, por lo tanto, ajustar el uso del producto (o los productos) a la fase de producción del animal, teniendo en cuenta los hechos señalados.

Los pollos de engorde en iniciación y finalización y los cerdos en crecimiento y acabado requieren niveles elevados de energía metabolizable o digestible (3.1-3.2 Mcal/kg de alimento), y una relación precisa entre la energía útil y los aminoácidos, las vitaminas y los minerales. Las vacas y las cerdas en la fase inicial de lactancia requieren, igualmente, altas concentraciones de energía metabolizable. Para estas etapas de producción intensa, el sistema de alimentación debe basarse en productos de mayor

concentración energética como la que puede proporcionar la harina de yuca y/o la yuca deshidratada; los productos o subproductos con alta humedad (yuca fresca, yuca ensilada), o fibrosos (follaje, cáscara) presentan limitaciones en este caso.

Animales en fases de producción moderada

Ciertos estados o etapas de producción (aves en postura, pollas de reemplazo, cerdas en gestación, reproductores) requieren menor cantidad de energía en la ración. Por lo tanto, en este caso es posible incluir productos con niveles de fibra y humedad no adecuados para etapas de producción más intensa; así, la utilización de follaje, ripio, y raíces frescas de yuca adquiere mayor importancia, siempre y cuando se tengan en cuenta las limitaciones que tiene cada especie.

Las Condiciones Ambientales en la Formulación de Raciones para Animales

Como un complemento a las recomendaciones ofrecidas en cuanto a la especie y la fase de producción animal en los programas de alimentación a base de yuca y sus derivados, a continuación se presentan algunos comentarios sobre el efecto del medio ambiente en el buen desarrollo de un plan nutricional específico.

La mayor parte de las consideraciones sobre necesidades nutricionales del animal y suministro de raciones en sus diferentes fases de producción se refieren a situaciones ambientales adecuadas para una producción eficiente. Estas condiciones de 'confort' se relacionan principalmente con el control de la temperatura y la humedad dentro de rangos que permitan el desarrollo normal del animal y la obtención de rendimientos óptimos.

Las aves y los cerdos en explotación intensiva requieren construcciones y controles ambientales especiales para producir la mejor respuesta a los programas de alimentación. En ambos casos, durante los primeros días de desarrollo se necesitan temperaturas de 30 a 35°C, esto es, mayores que en las fases

posteriores de producción. Después de 6-7 semanas se obtienen rendimientos óptimos en el crecimiento y la eficiencia alimenticia con temperaturas de 21 a 24°C; las temperaturas inferiores o superiores a las incluidas en estos rangos afectan el consumo de alimento y el rendimiento productivo de los animales.

El efecto primario de las temperaturas extremas se manifiesta en el consumo de alimento y en la eficiencia de la conversión alimenticia; así, cuando las temperaturas son elevadas, hay un descenso en el consumo de alimento y también en el crecimiento y la eficiencia alimenticia; se hace necesario, entonces un mayor refuerzo con aminoácidos, vitaminas y minerales cuando las temperaturas son altas.

Potencial de la Yuca para la Alimentación de Aves, Cerdos y Rumiantes

Como un panorama global sobre el potencial nutricional y las limitaciones de la yuca y sus principales derivados para programas de alimentación de aves, cerdos y rumiantes, se presentan los datos de los Cuadros 5.2 a 5.5. Es una información basada en criterios muy generales desde el punto de vista nutricional, sujetos a consideraciones especiales de diversos órdenes (disponibilidad, rendimiento animal, costos de producción, manejo, etc.).

Los Cuadros 5.2 y 5.3 sintetizan la importancia relativa que los factores nutricionalmente limitativos de la yuca tienen en las aves, los cerdos y los rumiantes, mientras los Cuadros 5.4 y 5.5 presentan el potencial que la raíz de yuca, el follaje y los principales productos derivados de la raíz, ofrecen cuando se utilizan en la forma más eficiente posible, de acuerdo con la especie animal y con sus factores limitativos de mayor trascendencia práctica.

Cuadro 5.2. Disponibilidad de principios nutritivos (y nocivos) en las raíces frescas, ensiladas y deshidratadas de yucas dulces y amargas, para aves, cerdos y rumiantes.

Grupo Animal	Principio	Disponibilidad ^a en:					
		Raíces frescas		Raíces ensiladas		Raíces deshidratadas	
		dulces	amargas	dulces	amargas	dulces	amargas
Aves	Energía útil	+++	+++	+++	+++	-	-
	Humedad	+++	+++	+++	+++	-	-
	Proteína	+++	+++	+++	+++	++	++
	Metionina	+++	+++	+++	+++	++	++
	HCN	-	+	-	-	-	-
Cerdos	Energía útil	++	++	++	++	-	-
	Humedad	++	++	++	++	-	-
	Proteína	++	++	++	++	++	++
	Metionina	++	++	++	++	+	+
	HCN	-	+	-	-	-	-
Rumiantes	Energía útil	-	-	-	-	-	-
	Humedad	-	-	-	-	-	-
	Proteína	-	+	+	+	+	+
	Metionina	-	-	-	-	-	-
	HCN	-	+	-	-	-	-

a. Disponibilidad muy limitada (-) a (+), menos limitada (-) a (+), poco limitada (-) a (+), no limitada (-).

Cuadro 5.3. Disponibilidad de los principios nutritivos (y nocivos) más importantes, en el follaje y el ripo de yuca, para aves, cerdos y rumiantes.

Grupo Animal	Principio	Disponibilidad ^a en:					
		Follaje fresco		Follaje deshidratado		Ripo o bagazo	
		dulce	amargo	dulce	amargo	fresco	seco
Aves	Energía útil	+++	+++	+++	+++	+++	+
	Humedad	+++	+++	-	-	+++	-
	Proteína	-	+	-	-	+++	++
	Metionina	-	+	+	+	+++	++
	HCN	-	+	-	-	-	-
Cerdos	Energía útil	+++	+++	++	++	++	-
	Humedad	++	++	-	-	++	-
	Proteína	+	+	-	-	+++	++
	Metionina	+	+	-	-	++	+
	HCN	-	++	-	-	-	-
Rumiantes	Energía útil	+	+	-	-	-	-
	Humedad	-	-	-	-	-	-
	Proteína	-	-	-	-	+	+
	Metionina	-	-	-	-	-	-
	HCN	-	+	-	-	-	-

a. Disponibilidad muy limitada (-) a (+), menos limitada (-) a (+), poco limitada (-) a (+), no limitada (-).

Cuadro 5.4. Importancia relativa de las raíces de yuca frescas, ensiladas y deshidratadas para diferentes tipos y fases de producción de animales domésticos, según su grado de utilización de tales productos.

Grupo animal	Edad o fase de producción	Grado de utilización* según producto		
		Raíces frescas	Raíces ensiladas	Raíces deshidratadas
Aves	Pollos de engorde	—	—	+ + +
	Pollos de reemplazo	+	—	+ + +
	Ponedoras	+	—	+ + +
	Reproductoras	+	—	+ + +
Cerdos	Lechones	—	—	+ +
	Levante (crecimiento)	- + +	+ + +	+ + +
	Ceba (engorde)	- + +	- + +	+ + +
	Gestación	- + +	- + +	+ + +
	Lactancia	- + +	+ +	+ + +
Bovinos	Terneros lactantes	+	—	—
	Levante, ceba	- + +	+ + +	+ + +
	Vacas en lactancia	- + +	+ + +	+ + +
Equinos	Potros	+	—	—
	Adultos	- +	+	+ + +

* Grado de utilización: muy eficiente = + + +; aceptable = - + +; deficiente = - +; negativa = -.

Cuadro 5.5. Importancia relativa del tipo y el follaje de yuca para diferentes tipos y fases de producción de animales domésticos, según el grado de utilización de tales productos.

Animales	Edad o fase de producción	Grado de utilización* según producto			
		Ripo fresco	Ripo deshidratado	Follaje fresco	Follaje deshidratado
Aves	Pollos de engorde	—	+	—	+
	Pollos de reemplazo	—	- + +	—	+
	Ponedoras	—	- + +	—	+ +
	Reproductoras	—	+ + +	—	+ + +
Cerdos	Lechones	—	—	—	—
	Levante (crecimiento)	+ +	+ + +	—	—
	Ceba (engorde)	- + +	+ + +	—	+
	Gestación	- + +	- + +	+ +	+ + +
	Lactancia	- +	- + +	+	+ +
Bovinos	Terneros lactantes	—	—	+	+ +
	Levante, ceba	+ + +	- + +	+ + +	+ + +
	Vacas en lactancia	+ + +	+ + +	+ + +	- + +
Equinos	Potros	—	+ +	—	+ + +
	Adultos	- +	- + +	+ +	+ + +

* Grado de utilización: muy eficiente = + + +; aceptable = - + +; deficiente = - +; negativa = -.

Bibliografía

- Abrams, J. T. 1964. Nutrición animal y dietética veterinaria, 4 ed. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Church, D. C. 1975. Digestive physiology and nutrition of ruminants. 2 ed. Corvallis, Oregon, Estados Unidos. 350 p.
- Crampton, E. W. y Harris, L. E. 1969. Applied animal nutrition; the use of feedstuffs in the formulation of livestock rations, W. H. Freeman, San Francisco, Estados Unidos.
- Dukes, H. H. 1955. The physiology of domestic animals, 7 ed. Comstock Publishing Associates, Ithaca, Nueva York. 1020 p.
- Ganong, W. F. 1969. Review of Medical Physiology, 4 ed, Lange Medical Publications, Los Altos, California, Estados Unidos.
- Haresingn, W. y Lewis, D. 1978. Recent Advances in animal nutrition. Studies in the agricultural and food sciences. Butterworths, Londres.
- Harper, H. 1965. Review of physiological chemistry, 10 ed. Lange Medical Publications, Los Altos, California, Estados Unidos.
- Jurgens, M. H. 1974. Animal feeding and nutrition, 4 ed. Iowa State University. Kendall-Hunt Publishing, Dubuque, Iowa, Estados Unidos.
- Knut Schmidt - Nielsen. 1965. Animal physiology, 2 ed. Foundations of modern biology series. Prentice Hall, Londres.
- Maynard, L. A. y Loosli, J. K. 1962. Animal nutrition, 5 ed. McGraw Hill Book Co, Nueva York.
- Morgan, J. T. y Lewis, D. 1964. Nutrición de cerdos y aves. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Prosser, C. L. y Brown, F. A. 1951. Comparative animal physiology: An encyclopedic treatment of animal physiology, 2 ed. Saunders, Filadelfia, Estados Unidos.
- Wilson, E.D.; Fisher, K. H.; y Fugua, M. E. 1967. Principles of nutrition, 2 ed. Wiley Sons, Nueva York.

Capítulo 6

Los Costos en la Formulación de Raciones a base de Yuca y sus Derivados

Para que los programas de alimentación a base de yuca y sus derivados sean exitosos, no es suficiente considerar los factores analizados en los capítulos anteriores acerca del producto y de la especie animal; es indispensable considerar, además, los costos de producción. Por esta razón, en el presente capítulo se informa sobre métodos para el cálculo de raciones en los cuales se involucre el factor costo.

Aunque la información que se presenta aquí es muy general, sirve como punto de partida para diseñar programas más complejos, que involucren los costos de cada nutriente; esto sucede con las técnicas de programación lineal para la obtención de fórmulas de costo mínimo.

Participación Relativa de los Componentes de la Ración en los Costos

El primer factor que se debe tener en cuenta al determinar el costo de una materia prima para la alimentación animal es su contenido de materia seca, ya que ésta aporta la totalidad de la energía, la proteína, las vitaminas y los minerales en los programas convencionales de alimentación. Un aumento en el porcentaje de humedad de la ración disminuiría la concentración de esos nutrientes, lo cual haría necesario incrementar la cantidad de alimento para satisfacer las necesidades nutricionales del animal. En el caso de los monogástricos, la importancia de la

concentración de la materia seca en las raciones es mayor que en otras especies, debido a la alta concentración energética que ese grupo de animales requiere.

Contenido de humedad de la yuca frente al de otros productos

La mayoría de las materias primas que se utilizan como fuentes de energía y proteína para la preparación de concentrados tiene niveles de humedad inferiores a 15%. En los granos de cereales (sorgo, maíz, trigo, etc.) el nivel de humedad está entre 10% y 14%, mientras que en los componentes proteínicos (tortas vegetales, harinas de origen animal, etc.) ese nivel es generalmente menor (5%-10%). La yuca y sus derivados presentan una considerable variación en el contenido de humedad, lo que hace necesario el análisis preciso en cada caso.

En términos generales, existe una relación directa entre el costo de la materia prima y su concentración de materia seca; por lo tanto, si para obtener 1 kg de yuca seca se requieren 2.85 kg de yuca fresca, el valor de la yuca seca debe ser por lo menos 2.85 veces mayor que el de la yuca fresca.

Para que la yuca seca se pueda comparar más directamente con los cereales y otros productos de uso común en las raciones concentradas, su contenido de humedad debe ser de 10% aproximadamente. En estas condiciones, para producir una unidad de yuca seca con un nivel de humedad equivalente al de los cereales y otros concentrados (con 90% de materia seca), se requieren alrededor de 2.6 unidades de yuca fresca.

Energía

En los programas de alimentación para monogástricos, más del 90% de los costos de la ración están representados por los componentes energéticos y proteínicos. El resto de los costos (menos del 10%) se distribuye entre otras materias primas que aportan principalmente minerales y vitaminas.

Las fuentes de energía en los alimentos comerciales para animales están constituidas principalmente por granos de cereales

(sorgo, maíz, trigo, cebada) y sus subproductos; en menor proporción intervienen ciertas raíces, tubérculos y frutas como yuca, papa, banano, etc. Los subproductos de caña de azúcar también suministran energía en algunos casos especiales. Los aceites y las grasas son fuentes de gran concentración energética, que también se usan en la preparación de raciones, especialmente cuando se necesita incrementar el nivel de energía; su aporte es dos a tres veces mayor que el de los cereales.

El valor nutricional y, en consecuencia, el costo comercial de estos productos se deben evaluar sobre la base de su nivel de energía útil para la especie animal respectiva; ese nivel se refiere a la energía metabolizable (E. met.) en el caso de las aves, o a la energía metabolizable o digestible (E. dig.) en el de los cerdos y los rumiantes.

Las unidades energéticas que más se usan en los cálculos de raciones son las kilocalorías (kcal), las megacalorías (Mcal) y los julios (J) por kilogramo de producto. El costo de estas unidades constituye el factor de mayor peso en la evaluación económica del total de una ración. La ración no sólo debe proveer los niveles mínimos de nutrimentos sino que debe suministrar determinado nivel de energía útil al menor costo posible.

Proteínas y aminoácidos

En los programas de alimentación animal las materias primas que aportan mayores niveles de proteína son generalmente las más costosas. En ciertos casos resulta más económico complementar la ración con aminoácidos sintéticos (i.e. DL-metionina y L-lisina) que utilizar determinados productos proteínicos con costos excesivos.

Las fuentes de proteína que más se utilizan en la alimentación animal incluyen:

- a) Granos de leguminosas y tortas o harinas vegetales; entre estos productos están la soya en grano, las tortas de soya, algodón, ajonjolí, girasol, cártamo y maní, el gluten de maíz y otros.

- b) Harinas de origen animal como las de pescado, de carne, y de sangre.

En general, en la preparación de raciones para aves y cerdos se necesitan uno o más productos con alta concentración proteínica para complementar las fuentes energéticas; en las raciones para rumiantes, gracias a las características digestivas de este tipo de animales, es posible el uso de nitrógeno no proteico (urea, sulfato de amonio, etc.) para suplir parcialmente las necesidades nutricionales de proteína.

Las raciones para aves y cerdos, preparadas a base de harina de yuca suplementada con fuentes convencionales de proteína, generalmente requieren la adición de metionina sintética y, en ciertos casos, de lisina sintética. La necesidad de adicionar metionina es mayor cuando se usa torta o grano de soya como fuente de proteína, debido a la poca concentración de este aminoácido tanto en la harina de yuca como en los productos derivados de la soya.

Por otra parte es importante considerar que las raciones con alta concentración de proteína (más de 20%) muestran normalmente deficiencias marcadas en metionina. En las raciones con bajas concentraciones proteínicas (menos de 13%) la lisina también es un factor limitativo importante.

Minerales y vitaminas

Los costos de las materias primas que se usan como fuentes de minerales y vitaminas representan una fracción menor en los costos totales de la ración.

Los minerales mayores (calcio, fósforo y sal) generalmente se suministran en mezclas separadas de las de minerales menores o trazas. Las fuentes de calcio más utilizadas en la alimentación animal son el carbonato de calcio, los fosfatos cálcicos y la harina de huesos; el fósforo normalmente se suministra en forma de fosfato dicálcico, fosfatos desfluorinados, harina de huesos o harina de pescado.

Considerando en forma conjunta las fuentes suplementarias de calcio, fósforo y cloruro de sodio, su valor no debe representar más de 3%-3.5% de los costos totales de las raciones para aves o cerdos. Los minerales trazas y las vitaminas se reúnen normalmente en premezclas que no alcanzan a sobrepasar el 0.5% de la ración total, y cuyo costo equivale a 1%-2% del costo total de la ración.

Cálculos Económicos para Incluir Productos Derivados de Yuca en Raciones para Animales

Al calcular los costos de las raciones, los productos derivados de la yuca no se pueden analizar como fuentes de un solo nutriente específico (i.e. energía), lo que tampoco se puede hacer con la mayoría de materias primas utilizadas en alimentación animal. Es necesario considerar en forma ponderada el valor que alcanzan los diferentes nutrientes del producto, especialmente la energía y la proteína. Por ejemplo, si se van a evaluar los costos del sorgo y de la harina de yuca, hay que tener en cuenta tanto el valor de la energía como el de la proteína en cada uno de ellos; las sumas de tales valores proporcionan una aproximación más real para establecer una comparación directa entre los productos.

Para lograr un balance nutricional en las raciones básicas para aves y cerdos, es necesario que éstas contengan por lo menos una fuente de energía (sorgo, harina de yuca u otro producto) y una fuente de proteína (torta de soya, harina de pescado, etc.). Este modelo mínimo (i.e., sorgo-torta de soya) sirve de base para evaluar la posibilidad nutricional y económica de que otro(s) producto(s) pueda(n) ingresar en la composición de la ración.

Uno de los métodos que se utilizan para evaluar matemáticamente el precio que un producto debe tener para que pueda ser incluido en la ración, se basa en el cálculo de ecuaciones simultáneas. Los cálculos que se presentan en el ejemplo siguiente se pueden aplicar para diferentes ingredientes, así:

1. Se parte de dos ecuaciones para un modelo básico con dos productos específicos (sorgo y torta de soya en este ejemplo):

$$Y_1 = b_1 X_{11} + b_2 X_{12}$$

$$Y_2 = b_1 X_{21} + b_2 X_{22}$$

En estas ecuaciones:

Y_1 y Y_2 = Costo por unidad de los dos productos básicos.

En este ejemplo:

$$Y_1 = \text{US\$}0.15/\text{kg de sorgo}$$

$$Y_2 = \text{US\$}0.25/\text{kg de soya}$$

X_{11} y X_{21} = Contenido de proteína por unidad de cada producto.

En este ejemplo:

$$X_{11} = 90 \text{ g/kg de sorgo}$$

$$X_{21} = 450 \text{ g/kg de soya}$$

X_{12} y X_{22} = Contenido de energía por unidad de cada producto.

En este ejemplo:

$$X_{12} = 3.25 \text{ Mcal/kg de sorgo}$$

$$X_{22} = 2.48 \text{ Mcal/kg de soya}$$

b_1 y b_2 = Valores relativos de una unidad de proteína o energía (en g o Mcal) en los componentes de la ración. Estos valores se obtienen resolviendo simultáneamente las dos ecuaciones.

2. En ambas ecuaciones se sustituyen las Y y las X por sus respectivos valores, así:

$$\text{Para sorgo } (Y_1): \quad 0.15 = b_1(90) + b_2(3.25)$$

$$\text{para torta de soya } (Y_2): 0.25 = b_1(450) + b_2(2.48)$$

3. Se resuelven las ecuaciones por métodos aritméticos o algebraicos para llegar a los valores para b_1 y b_2 , así:
 - a) Escoger entre dos cifras correspondientes en ambas ecuaciones (entre X_{11} y X_{21} ó entre X_{12} y X_{22}) un factor común adecuado para eliminar transitoriamente una de las

variables; en este ejemplo se puede usar 5 como factor común de X_{11} y X_{21} (esto es, de 90 y 450). Enseguida se multiplican por este factor ambos miembros de la ecuación para el sorgo, así:

$$\begin{aligned} (Y_1): 0.15 \times 5 &= b_1 (90 \times 5) + b_2 (3.25 \times 5) \\ 0.75 &= 450b_1 + 16.25b_2 \end{aligned}$$

- b) Multiplicar por -1 los dos miembros de una de las ecuaciones para eliminar, por sustracción una de las variables y obtener el valor numérico de la otra, así:

$$\begin{array}{r} Y_1: 0.75 = 450b_1 + 16.25b_2 \\ Y_2: -0.25 = -450b_1 - 2.48b_2 \\ \hline 0.50 = 0 + 13.77b_2 \end{array}$$

$$b_2 = \frac{0.50}{13.77} = 0.03631$$

- c) Reemplazar el valor de b_2 en una de las ecuaciones para despejar b_1 así:

$$\begin{aligned} Y_2: 0.25 &= 450b_1 + 2.48b_2 \\ b_1 &= \frac{0.25 - (2.48 \times 0.03631)}{450} = 0.00035 \end{aligned}$$

De esta manera, en el modelo básico sorgo-torta de soya han quedado definidos los valores relativos para cada unidad de proteína (b_1) y energía (b_2) así:

$$\begin{aligned} b_1 &= 0.00035 \text{ US\$/g de proteína} \\ b_2 &= 0.03631 \text{ US\$/Mcal} \end{aligned}$$

4. El paso siguiente consiste en definir el costo al cual se puede considerar la posibilidad de incluir un producto nuevo (i.e. harina de yuca) en esa ración, sin alterar las especificaciones nutricionales ya establecidas.

Se plantea entonces una tercera ecuación para definir el costo máximo por unidad (i.e. costo/kg) del nuevo producto, para poder incorporarlo en la fórmula; la ecuación es:

$$Y_3 = b_1 X_{31} + b_2 X_{32}$$

En esta ecuación,

- Y_3 = precio máximo del nuevo producto
- X_{31} = contenido proteínico (g/kg de producto)
- X_{32} = contenido energético (Mcal/kg)
- b_1 y b_2 = costos por unidad de proteína y energía obtenidos al resolver las dos primeras ecuaciones.

Si se utiliza harina de yuca de la mejor calidad (grado 1) se tienen los siguientes valores para la proteína y la energía metabolizable:

$$\begin{aligned} X_{31} &= 38 \text{ g/kg} \\ X_{32} &= 3.25 \text{ Mcal/kg} \end{aligned}$$

Haciendo las sustituciones en la ecuación para Y_3 se tendrá:

$$\begin{aligned} Y_3 &= 0.00035 (38) + 0.03631 (3.25) \\ Y_3 &= 0.131 \text{ US\$/kg} \end{aligned}$$

El resultado permite concluir que, en el caso que presenta el ejemplo, la harina de yuca (grado 1) se puede incluir en la ración patrón (sorgo - torta de soya) siempre y cuando su costo no sea superior a US\$0.131 por kilogramo.

Para la solución de ecuaciones más complejas se puede recurrir al computador, en cuyo caso resulta de mucha utilidad mantener en la memoria la información básica de mayor importancia.

Formulación de Raciones a Base de Productos Derivados de la Yuca

En general, existen dos posibilidades para elaborar un programa de alimentación animal a base de productos o subproductos de

yuca; tales posibilidades dependen del tipo de producto, especialmente del contenido de humedad y de la especie animal.

La primera posibilidad consiste en usar materiales con una humedad alta (raíces frescas, subproductos húmedos, follaje fresco). En este caso es indispensable suministrar al animal diariamente las cantidades precisas del producto para evitar que éste se fermente o se desperdicie; se debe diseñar el plan de alimentación que satisfaga las necesidades diarias del animal según su fase de producción con respecto a los diferentes nutrimentos. El producto o subproducto húmedo se puede usar bien sea solo o bien en una mezcla completa con las materias primas que aporten el resto de nutrimentos (proteína, aminoácidos, minerales y vitaminas). Este sistema de alimentación se puede adoptar especialmente para el caso de ganado bovino y para cerdos en ciertas fases de producción (levante, ceba, gestación y lactancia); no se puede usar con lechones o aves, ni en los casos en que se necesiten raciones con poca humedad y alta concentración energética.

La segunda posibilidad para diseñar un plan de alimentación consiste en usar productos secos que se puedan mezclar y almacenar para utilizarlos posteriormente. Productos de este tipo (harina de raíces de yuca, almidón, harina de follaje), son los que normalmente se usan para la alimentación de aves y de cerdos.

El objetivo en esta segunda opción es elaborar mezclas completas que aporten al animal todos los nutrimentos en un volumen exacto de alimento. En ella los requerimientos nutricionales no se refieren a las cantidades que se deben suministrar diariamente al animal, sino a los porcentajes o a la concentración precisa de cada nutrimento en una determinada cantidad de alimento. De todas maneras, las mezclas de este tipo están diseñadas generalmente para que cuando el suministro se realiza a voluntad, los animales reciban las cantidades que requieren diariamente de cada nutrimento.

Existen diferentes métodos para la elaboración de raciones concentradas a base de mezclas completas; unos son más o menos elementales y otros son más sofisticados o complejos. Los métodos más elementales consisten en cálculos matemáticos al

alcance del nutricionista, e incluyen el cuadrado de Pearson, las ecuaciones simultáneas y el método de sustitución. Generalmente se trata de calcular la cantidad que se debe usar de cada materia prima (harina de yuca, torta de soya, etc.) para obtener una mezcla con concentraciones precisas de diferentes nutrimentos (proteína, energía metabolizable, calcio, etc.).

Cuando se trabaja con métodos manuales, los costos de las materias primas son más difíciles de considerar en la determinación de la cantidad de cada nutrimento en una ración. Sin embargo, tales costos constituyen un factor importante en el cálculo de raciones por métodos más elaborados, de tal manera que las fórmulas obtenidas no sólo determinan la concentración precisa de los nutrimentos, sino la mezcla final de más bajo costo. Debido a la inclusión de esta importante variable (costo mínimo), es necesario recurrir al uso de modelos matemáticos un poco más complejos, basados generalmente en la programación lineal.

Utilización de computadores para el cálculo de raciones

El uso del computador es altamente conveniente para calcular raciones que resulten de mínimo costo cuando en ellas se incluyan más de dos productos. Por otra parte, el computador permite incluir un gran número de variables, hecho que resultaría extremadamente difícil usando métodos manuales. Existe un buen número de programas desarrollados comercialmente para ese propósito, que se pueden utilizar en la mayoría de los computadores o microcomputadores disponibles. Tales programas pueden ser de dos tipos principales:

1. Los diseñados para la elaboración de fórmulas de costo mínimo por programación lineal. Este es un sistema versátil y sencillo, que soluciona problemas rutinarios en la formulación de raciones para cualquier especie o fase de producción animal, toma en cuenta sus requerimientos y las restricciones nutricionales, y busca fórmulas de mínimo costo.
2. Programas que incluyen variables adicionales, como sería el concepto de máximas ganancias; en este caso la formulación de las raciones considera otros aspectos de producción (i.e. precios de la carne o la leche).



Para los propósitos del presente capítulo, se hace referencia únicamente al método sencillo de programación lineal en raciones de mínimo costo.

La programación lineal permite calcular la fórmula de menor costo entre todas las opciones posibles, seleccionando cierto número de ingredientes en cantidades exactas para proveer todos los nutrimentos previamente especificados.

Los resultados que se obtienen de esta programación dependen de los valores numéricos de: a) los nutrimentos y otras especificaciones acerca de la ración que se desea obtener; b) la composición nutricional de los ingredientes o materias primas que se quieren utilizar, y c) el costo unitario de cada ingrediente o materia prima.

Entradas para el computador en la obtención de raciones de costo mínimo. Como se observa en la Figura 6.1, las 'entradas' que se suministran al computador para la programación lineal están constituidas por dos grandes grupos: uno de estos grupos comprende la información sobre las materias primas disponibles, especialmente sobre su costo y composición, mientras el otro grupo se refiere a las características que se desea reúna la fórmula en cuanto a su composición final y costo mínimo.

La composición final de la fórmula incluye las especificaciones, las restricciones, los rangos y las limitaciones en el uso de los diferentes ingredientes.



Figura 6.1. Obtención de fórmulas alimenticias de mínimo costo, mediante programación lineal.

Las especificaciones que se suministran al computador para la elaboración de una fórmula se refieren a los requisitos que debe reunir la ración buscada en cuanto a niveles mínimos requeridos de ciertos nutrimentos (i.e. calcio, metionina, etc.).

Las restricciones se refieren especialmente a ciertas materias primas para las cuales es necesario establecer un nivel máximo o uno mínimo, de acuerdo con el criterio del nutricionista. Es el caso de algunas materias primas que se deben usar en cantidad restringida por problemas de toxicidad (i.e. torta de algodón), o de presentación física de la ración (i.e. melaza, aceites). También es necesario en algunos casos establecer un nivel mínimo o uno máximo para evitar deficiencias o excesos; así, mientras en la ración de mínimo costo generalmente no es necesario establecer un límite para el nivel de energía, para el nivel de calcio generalmente sí es necesario hacer una especificación ya que el contenido de ese elemento podría ser excesivo en la formulación, como resultado de su bajo costo.

En una formulación se puede programar el contenido de algunos nutrimentos dentro de ciertos rangos para dar mayor flexibilidad al computador. Por ejemplo, en el caso del calcio y el fósforo es posible establecer rangos que permitan llegar a una fórmula en que los contenidos de estos nutrimentos sean variables, pero dentro de ciertos niveles mínimos y máximos establecidos por el nutricionista.

El método de programación lineal permite incluir un número ilimitado de especificaciones, restricciones y rangos, de acuerdo con el tipo de ración que se quiera establecer y con el criterio del nutricionista. Sin embargo, a medida que la información es más compleja, la flexibilidad en la solución del programa se afecta, y se disminuyen las posibilidades para minimizar el costo de la ración.

En raciones de tipo práctico para aves y cerdos se deben establecer por lo menos las siguientes especificaciones:

- a. El costo mínimo por kilogramo.
- b. La cantidad mínima de kilocalorías de energía metabolizable o digestible por kilogramo.

- c. El porcentaje de proteína, dentro de un rango específico.
- d. Los porcentajes de calcio y fósforo dentro de rangos específicos y en relación adecuada.
- e. La cantidad mínima de metionina (metionina + cistina), lisina y triptófano.
- f. Los porcentajes exactos de sal y de minerales trazas y vitaminas.

Requisitos para una programación lineal adecuada. Para asegurar exactitud y confianza en los cálculos elaborados por el computador, éste requiere información precisa, completa y actualizada, suministrada por un nutricionista experto en el manejo e interpretación de los datos. La información que se le suministra al computador sobre los ingredientes debe corresponder exactamente al análisis y la calidad de nutrimentos que se están usando; cualquier cambio en uno o en varios de ellos puede modificar completamente la fórmula.

Es necesario revisar continuamente la calidad de los ingredientes e incorporar en los programas del computador todos los cambios que se presenten en cuanto a la composición y los precios de la materia prima. Por ejemplo, si el contenido de metionina de un ingrediente no se incluye en la información suministrada al computador, al elaborar la fórmula éste no tomará en cuenta dicho ingrediente sino que buscará suplir los requerimientos de metionina con otros ingredientes cuyos contenidos de ese nutrimento sí hayan sido registrados. Si el ingrediente que ha sido discriminado de esta manera es de más bajo costo que aquéllos incluidos, la fórmula tendrá un costo final más elevado.

En la programación lineal todos los nutrimentos especificados (por ejemplo, la metionina, la lisina o el calcio) deben tener idéntica equivalencia nutricional en todas las materias primas utilizadas, y sus efectos biológicos deben ser aditivos; así, una unidad de metionina de harina de yuca más dos unidades de la de torta de soya deben ser biológicamente equivalentes a tres unidades de cualquier otra fuente, incluyendo la metionina sintética.

En el organismo del animal algunos nutrimentos se pueden transformar parcialmente en otros y pueden, por lo tanto, cubrir parte de los requerimientos de estos últimos; es el caso de los aminoácidos metionina y fenilalanina, que pueden ser reemplazados respectivamente por la cistina y la tirosina, en forma parcial. Para estos casos el computador también debe recibir la información que le permita desarrollar la operación. En fórmulas por programación lineal el caso más frecuente en este tipo de relación se presenta con la metionina; los valores para este aminoácido no pueden ser interpretados adecuadamente a menos que en la programación se incluya el total de metionina + cistina como un solo valor.

Ejemplo del cálculo de una ración por programación lineal

Se trata de formular una ración de costo mínimo para ponedoras (Fase 1), a base de harina de raíces y de follaje de yuca, utilizando como entradas los datos de los Cuadros 6.1 y 6.2. El Cuadro 6.1 contiene los requisitos que debe reunir la ración (especificaciones, restricciones, limitaciones y rangos), mientras el Cuadro 6.2 reúne la información sobre los costos y los nutrimentos por cada unidad (kg) de producto o materia prima disponible para la elaboración de la fórmula.

En el Cuadro 6.3 se presenta la fórmula que obtuvo el computador después de procesar la información suministrada en los cuadros anteriores. Los razonamientos y los principios algebraicos que operan en la obtención de esta fórmula se pueden explicar así:

- a. El contenido total de cada nutrimento está constituido en la fórmula por la suma de los aportes que hacen los diferentes ingredientes. Así, según los valores que aparecen en el Cuadro 6.2 la proteína estaría constituida en el ejemplo por la proveniente de la harina de raíces de yuca ($0.030 X_1$), más la de la harina de follaje de yuca ($0.19 X_2$), más la del sorgo ($0.088 X_3$), más la de la torta de soya ($0.46 X_4$).
- b. Puesto que el nivel de proteína requerido está entre 16.5 y 17.0% según el Cuadro 6.1, eso quiere decir que para

Cuadro 6.I. Características solicitadas en una ración para ponedoras (Fase 1) que se desea obtener por programación lineal. Valores para 1000 kg de alimento completo.

Características ^a		Columnas
Especificaciones		
Producción	(kg)	= 1000
Costo	(\$)	mínimo
Energía metabolizable	(Mcal)	≥ 2730
Metionina	(kg)	≥ 3.4
Metionina + cistina	(kg)	≥ 6.4
Lisina	(kg)	≥ 8.3
Fósforo disponible	(kg)	≥ 4.5
Rangos		
Proteína: Mínimo	(kg)	165
Máximo	(kg)	170
Calcio: Mínimo	(kg)	36
Máximo	(kg)	39
Restricciones		
Aceite vegetal	(kg)	≈ 50
Harina de follaje de yuca	(kg)	= 50
Limitaciones		
Sal	(kg)	= 3
Premezcla	(kg)	= 2

- a. Especificaciones = rubros con un tope mínimo; rangos = rubros con un tope mínimo y uno máximo; restricciones = rubros con un tope máximo; limitaciones = rubros con un valor definido.

1000 kg de ración se requieren 165 a 170 kg de dicho nutrimento. Por lo tanto, para ajustar la fórmula a ese requerimiento de proteína se plantean las ecuaciones siguientes:

$$(i) 0.030 X_1 + 0.190 X_2 + 0.088 X_3 + 0.46 X_4 \geq 165$$

$$(ii) 0.030 X_1 + 0.190 X_2 + 0.088 X_3 + 0.46 X_4 \leq 170$$

- c. Para cada uno de los requerimientos restantes se pueden plantear ecuaciones similares, así:

Energía digestible:

$$3,250 X_1 + 1,590 X_2 + 3,250 X_3 + 2,500 X_4 \geq 2,730 \text{ Mcal}$$

Cuadro 6.2. Información sobre costos y nutrientes de las materias primas utilizadas para la formulación de una ración para ponedoras (Fase 1) por programación lineal.

Factores considerados		Hileras: valores de cada factor considerado/kg de producto ^a										
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
Cantidad	(kg)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Costo	(US\$)	0.10	0.08	0.15	0.25	0.30	0.04	0.15	4.0	7.0	0.90	1.20
E. metabolizable	(Mcal)	3.25	1.59	3.25	2.50	0	0	0	0	0	7.80	0
Metionina	(kg)	0.0003	0.0035	0.0015	0.006	0	0	0	0.98	0	0	0
Metionina + Cistina	(kg)	0.0004	0.0055	0.0030	0.013	0	0	0	0.98	0	0	0
Lisina	(kg)	0.0007	0.018	0.002	0.029	0	0	0	0	0.98	0	0
Fósforo disponible	(kg)	0.0005	0.001	0.001	0.0067	0.21	0	0	0	0	0	0
Proteína	(kg)	0.030	0.19	0.088	0.46	0	0	0	0	0	0	0
Calcio	(kg)	0.008	0.013	0.003	0.003	0.18	0.38	0	0	0	0	0

a. X₁ = harina de raíces de yuca; X₂ = harina de follaje de yuca; X₃ = sorgo; X₄ = torta de soya; X₅ = fosfato bicálcico; X₆ = carbonato de calcio; X₇ = sal; X₈ = DL-metionina; X₉ = L-lisina; X₁₀ = aceite vegetal; X₁₁ = premezcla de vitaminas y minerales trazas.

Cuadro 6.3. Fórmula de costo mínimo desarrollada por el computador (de acuerdo con la información y las características indicadas en los Cuadros 6.1 y 6.2) para preparar 1000 kg de ración para ponedoras, Fase 1.

Ingredientes	Cantidad (kg)	Costo (US\$)
Harina de raíces de yuca	535.25	53.55
Harina de follaje de yuca	50.16	4.01
Sorgo	0	0
Torta de soya	307.15	76.79
Aceite vegetal	20.14	18.13
DL-metionina	3.16	12.64
L-lisina	0	0
Fosfato bicalcico	9.33	2.80
Carbonato de calcio	69.81	2.79
Sal	3.00	0.45
Premezcla de vitaminas y minerales	2.00	2.40
Totales	1,000.00	173.53

Metionina:

$$0.0003 X_1 + 0.0035 X_2 + 0.0015 X_3 + 0.006 X_4 \geq 3.4 \text{ kg}$$

Cuando un componente se requiere en cantidad exacta como sucede con la sal o con la premezcla de vitaminas y minerales, la ecuación debe escribirse así:

Sal:

$$1.0 X_7 = 3.0 \text{ kg}$$

Premezcla:

$$1.0 X_{11} = 2.0 \text{ kg}$$

Todas las posibilidades con respecto a las materias primas, nutrimentos y requerimientos (incluyendo los rangos y restricciones) pueden expresarse en forma de ecuaciones.

Por último, la variable correspondiente a los costos por unidad nutricional de cada ingrediente se analiza dentro del sinnúmero de posibilidades que pueden satisfacer las ecuaciones expresadas anteriormente.

La solución final (combinación de ingredientes que llenen los requisitos nutricionales exigidos al mínimo costo) corresponderá al valor numérico positivo para X_1 , X_2 , X_3 , etc. La mejor solución estará constituida por los valores para X_1 , X_2 , X_3 , etc. que satisfagan las ecuaciones expresadas y que al mismo tiempo presenten valores mínimos para $C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_{11} X_{11}$. En esta última ecuación, C_1 , C_2 , C_3 , etc. equivalen al costo para X_1 , X_2 , X_3 , ..., X_{11} , respectivamente.

Para el ejemplo que se viene analizando (ponedoras - Fase 1), se llegó a la fórmula que presenta el Cuadro 6.3, donde aparecen las cantidades que se requieren de cada ingrediente para preparar una tonelada de alimento completo, capaz de satisfacer todas las especificaciones y restricciones programadas en el Cuadro 6.1.

El costo total de la fórmula (\$173.53) es el menor posible para una ración de estas características y con estos ingredientes (teniendo en cuenta las restricciones impuestas a los ingredientes). Cualquier otra fórmula para el mismo caso será necesariamente más costosa.

En la solución (fórmula) obtenida se puede observar que la harina de raíces de yuca reemplaza totalmente al sorgo como fuente de energía, gracias a la diferencia en el precio, favorable para la harina de yuca; sin embargo, es necesario recurrir a una mayor cantidad de torta de soya. También se anota que el requerimiento del aminoácido lisina se puede satisfacer sin necesidad de utilizar el producto sintético, mientras que para satisfacer el nivel mínimo de metionina se requiere la adición de 3.16 kg de metionina sintética por tonelada de alimento completo.

Información adicional

Generalmente el computador presenta cierta información adicional a la solución de la fórmula de mínimo costo; esta información sirve como ayuda para tomar decisiones y para cuantificar el valor relativo de cada ingrediente y de cada nutrimento.

Los Cuadros 6.4 y 6.5, que contienen un informe resumido sobre las restricciones de los ingredientes y los nutrimentos respectivamente, ilustran esa situación.

Cuadro 6.4. Restricciones de ingredientes para una formulación de mínimo costo.

Ingredientes	Materia seca real (%)	Contenido ingredientes		Costo adicional ^a (US\$)
		Mínimo (%)	Máximo (%)	
Harina de raíces de yuca	52.90	-	-	-
Harina de follaje de yuca	5.00	5.00	-	1.598791 E-03
Sorgo	-	-	-	-
Torta de soya	30.35	-	-	-
Aceite vegetal	2.21	-	5.00	-
DL-metionina	0.35	-	-	-
L-lisina	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	1.03	-	-	-
Carbonato de calcio	7.67	-	-	-
Sal	0.30	0.30	0.30	6.601073 E-03
Premezcla vitaminas - minerales	0.20	0.20	0.20	1.710105 E-02

a. Costo adicional por cada unidad porcentual que se incluya de cada producto.

Cuadro 6.5. Restricciones de nutrimentos para una formulación de mínimo costo.

Factores Considerados	Contenido en la MS (%)			Costo adicional ^a (US\$)
	Mínimo	Real	Máximo	
Proteína	16.50	16.50	17.00	6.82956 E-03
Metionina	0.34	0.34	-	4.602152 E-02
Metionina + Cistina	0.64	0.78	-	-
Lisina	0.83	1.01	-	-
Fósforo disponible	0.45	0.45	-	2.583309 E-2
Calcio	3.60	3.60	3.90	1.486779 E-02
E. metabolizable	2.73 ^b	2.73 ^b	-	0.180783

a. Costo adicional por cada unidad porcentual que se incluya de cada producto.

b. Los contenidos de la energía metabolizable están dados en Mcal/kg.

En el Cuadro 6.4 se observan cifras que señalan el tope de las restricciones, expresadas como valores mínimos y máximos. El valor real del contenido de materia seca de cada producto se considera como un marco de referencia, dentro del cual la columna correspondiente a costo señala el valor que la restricción en determinado ingrediente ocasiona sobre el valor total de la mezcla completa, por cada punto de porcentaje de restricción. En el ejemplo que se analiza en el Cuadro 6.4, donde se exige que la fórmula incluya por lo menos 5% de harina de follaje de yuca (restricción mínima), se observa que por cada unidad porcentual que se incluya de este producto, la fórmula global tiene un costo adicional de US\$0.0016 (1.598791 E-03).

En el Cuadro 6.5 se presentan las restricciones con respecto al costo relativo de los nutrimentos de la fórmula global; en la columna de porcentaje real de materia seca se incluyen los respectivos puntos de referencia, mientras los valores mínimos y máximos expresan el tope de las restricciones. La columna correspondiente al costo nuevamente indica el valor que la restricción ocasiona sobre el valor total de la mezcla completa, por cada punto del porcentaje de restricción. En el ejemplo que se analiza en este cuadro, donde la fórmula tiene que incluir obligatoriamente por lo menos 16.5% de proteína (restricción mínima), se observa que por cada unidad porcentual de proteína que se incluya, el costo global de la fórmula se incrementa en US\$0.0068 (6.82956 E-03).

Es posible obtener otra serie de informaciones a partir de los datos que se suministran al computador, de acuerdo con el tipo de análisis nutricional que se quiera realizar. En los ejemplos anteriores solamente se han ilustrado los casos de mayor importancia práctica, como complemento a la fórmula de mínimo costo. Normalmente los costos relativos de las restricciones en los ingredientes (materias primas) y en los nutrimentos ofrecen un panorama amplio para las comparaciones y evaluaciones prácticas que se quieran hacer a partir de la solución óptima presentada en la fórmula de mínimo costo.

Bibliografía

- ARC (Agricultural Research Council). 1966. The nutrient requirements of farm livestock; Pigs. Summary of estimated requirements. Londres.
- . 1967. Necesidades nutritivas de los animales domésticos; Aves. Editorial Academia, León, España.
- Bender, A. E. 1965. The balancing of aminoacids mixtures and proteins. Proc. Nutr. Soc. 24:190.
- y Tribble, L. F. 1960. Protein-energy interrelationships in swine rations. Mo. Agri. Exp. Sta. Bul. 751.
- Buitrago, J. A. 1971. Interrelaciones nutritivas fibra-energía-proteína en raciones para cerdos y aves. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Revista ICA 8(1):47-61.
- . 1973. Uso del computador en formulación de raciones de mínimo costo para cerdos. Instituto Colombiano Agropecuario. Revista ICA 8(1):71-79.
- Combs, G. F. y Romoser, G. L. 1955. A new approach to poultry feed formulation. Publicación miscelánea 226. Maryland Agricultural Experimental Station.
- Dinussen, W. E.; Haugse, C. N.; McIlroy, D. L. y Harold, R. L. 1969. Fiber-protein-energy relationships in rations for growing finishing swine. N. Dakota Research Report, no. 21.
- Friedemann, T. E. 1967. Determination of available carbohydrates in plant and animal foods. Nutr. 91(3):1-40.
- Herrera, H. E.; Gallo, J. T.; Maner, J. H. y Ceballos, E. 1970. Análisis químico-bromatológico de algunas materias primas colombianas empleadas en nutrición animal. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá. 34 p.
- Hill, F. W. y Dansky, L. M. 1950. Studies of the protein requirements of chicks and its relation to dietary energy level. Poultry Sci. 29:763.
- IMB. 1969. Mathematical programming System/360. Operations Manual. White Plains, Nueva York.
- . 1964. An introduction to linear programming. Data Processing Application. White Plains, Nueva York.
- Kumpta, U. S.; Elias, L. G. y Harper, A. E. 1961. Aminoacid balance and imbalance, 4: Growth depressions from additives of aminoacids to diets low in fibrin. Jour. Nutr. 73:2229.
- NCR (National Research Council). 1979. Nutrient Requirements of Swine. 8 ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

- . 1977. *Nutrient Requirements of Poultry*. 7 ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Scott, M. B.; Nesheim, M. C.; y Young, R. J. 1982. *Nutrition of the Chicken*. 3 ed. M.L. Scott Ass, Ithaca, Nueva York.

Capítulo 7

Harina de Yuca en la Alimentación Animal

Los programas de alimentación a base de harina de yuca se pueden manejar más fácilmente y con mayor precisión que los programas a base de raíces frescas o ensiladas. Por ser un producto seco y molido, la harina se puede mezclar con otros ingredientes energéticos y proteínicos en cantidades exactas para producir una mezcla balanceada y de fácil manejo, tanto durante el proceso de fabricación, como en su almacenamiento y en el suministro a los animales.

Antes de incorporar en la ración un determinado nivel de harina de yuca se deben analizar algunos factores internos relacionados con la calidad que ésta tiene, su precio y su disponibilidad, como también los factores externos que tienen que ver principalmente con la especie animal, la fase de producción y los productos complementarios que se van a usar en el programa de alimentación.

La calidad de la harina de yuca depende de numerosas variables, las cuales son responsables del rendimiento que finalmente presente el animal alimentado con ella. Una de las medidas más precisas para evaluar su calidad nutricional es el contenido de energía útil (digestible o metabolizable) para determinada especie animal, ya que los componentes básicos de este producto son de tipo energético. Los valores de energía que se han obtenido experimentalmente varían muy ampliamente, y esa variabilidad hace difícil lograr uniformidad en el rendimiento.

En los programas de alimentación que se analizarán más adelante se ha supuesto que la harina de yuca es industrial de

variedades dulces (< 100 ppm de ácido cianhídrico) y con características nutricionales adecuadas, o sea aproximadamente del Grado 1 según la escala descrita en el Capítulo 3 (Cuadro 3.9). Los niveles de energía de la harina de esa calidad se comparan favorablemente con los de otras materias primas de amplia utilización en la alimentación de aves y cerdos (Cuadro 7.1); si se quiere utilizar harina de yuca de otra calidad nutricional o con niveles mayores de ácido cianhídrico, se deben realizar los ajustes nutricionales que sean necesarios.

La harina de yuca normalmente tiene características propicias para servir como base energética principal de las raciones para aves y cerdos de todas las edades; en estos casos los sistemas de alimentación comercial se basan generalmente en raciones pelletizadas o en forma de harina, en las cuales todos los componentes deben contener niveles bajos de humedad y ofrecer la posibilidad de satisfacer los requerimientos nutricionales propios de cada especie.

Cuadro 7.1. Comparación de la harina de yuca con otras fuentes energéticas utilizadas en nutrición animal.

Ingredientes	Aporte de energía ^a según especie (Mcal/kg)		
	Aves (E. met.)	Cerdos (E. dig.)	Rumiantes (E. dig.)
Harina de yuca	3.25	3.31	3.35
Sorgo, grano	3.26	3.27	3.52
Maíz, grano	3.40	3.42	3.70
Arroz, grano	2.70	3.20	3.40
Trigo, grano	3.05	3.26	3.45
Cebada, grano	2.55	3.10	3.27
Banano, harina	2.40	2.81	2.80
Papa, harina	2.91	3.30	3.20
Azúcar	3.72	3.75	4.30
Melaza de caña	1.96	2.54	3.00
Aceite vegetal	8.12	8.87	8.50
Grasa animal	8.15	9.22	9.50
Maíz, salvado	2.90	3.31	3.44
Arroz, harina (salvado)	2.10	3.26	2.84
Trigo, salvado	1.30	2.40	2.75

a. E. met. = energía metabolizable; E. dig. = energía digestible.

Puesto que los rumiantes y herbívoros no rumiantes tienen sistemas de alimentación más flexibles, capaces de aprovechar productos húmedos como son las raíces frescas o el follaje de yuca, la harina no tiene en ese caso la misma importancia que en los monogástricos. Sin embargo, para ciertas fases de producción como las de terneros y vacas en lactancia temprana, que requieren raciones con mayor concentración de energía, es importante considerar la posibilidad de utilizar niveles adecuados de harina.

En este capítulo se presentan ejemplos que ilustran diferentes alternativas para el diseño de programas de alimentación a base de harina de yuca. Se hace énfasis en los programas para aves y cerdos en consideración al mayor potencial que estos animales ofrecen para el uso de la harina, pero también se incluye alguna información sobre raciones para rumiantes.

Requerimientos Nutricionales del Animal según la Especie y la Fase de Producción

Las raciones a base de harina de yuca que se presentan en este capítulo se han calculado tomando en cuenta los principales requerimientos nutricionales de las diferentes especies y fases de producción animal, y la necesidad de usar suplementos de acuerdo con tales requerimientos. Esta información se resume en los Cuadros 7.2 a 7.9, así: Cuadros 7.2 (a y b) para pollos de engorde; Cuadros 7.3 (a y b) para pollitas y pollas de reemplazo; Cuadros 7.4 (a y b) para ponedoras; Cuadros 7.5 (a y b) para reproductoras; Cuadros 7.6 (a y b) para lechones; Cuadros 7.7 (a y b) para cerdos en crecimiento y engorde; Cuadro 7.8 para cerdas en gestación y lactancia y Cuadro 7.9 para rumiantes.

En los cuadros del Anexo 2, donde se presentan cifras más recientes sobre los requerimientos para cada especie, se puede obtener información detallada sobre otros parámetros nutricionales para las diferentes fases de producción.

Cuadro 7.2.a. Marcos de referencia utilizados en la elaboración de programas de alimentación para pollos de engorde, en cuanto a los nutrimentos requeridos para esta especie y fase de producción.

Nutrimentos	Cantidad según fase	
	Iniciación	Engorde
E. metabolizable (Mcal/kg)	3.00	3.10
Proteína total (%)	21.00	19.00
Metionina + cistina (%)	0.85	0.78
Lisina (%)	1.18	1.00
A. linoleico (%)	1.00	1.00
Calcio (%)	0.87	0.87
Fósforo disponible (%)	0.50	0.48
Sal (%)	0.30	0.30
Premezcla y aditivos (%)	0.20	0.20
Anticoccidial (%)	0.05	0.05

Cuadro 7.2.b. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para pollos de engorde, en cuanto a las necesidades de suplementación.

Tipo de harina ^a y factor nutricional	Adición de factores según contenido de harina en la ración	
	Contenido bajo: < 20%	Contenido alto: > 20%
Har. de yuca dulce		
Metionina	10% adicional al normal ^b	20% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	Recomendable	Altamente recomendable
Pigmentantes artific.	No necesaria	Recomendable
Peletización	Recomendable	Altamente recomendable
Har. de yuca amarga		
Metionina	20% adicional al normal	40% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	Recomendable	Altamente recomendable
Pigmentantes artific.	No necesaria	Recomendable
Peletización	Recomendable	Altamente recomendable

a. Yuca dulce = < 100 ppm de HCN; Yuca amarga = > 100 ppm de HCN.

b. El contenido normal de metionina en todos los casos se refiere al indicado en el Cuadro 7.2.a.

Cuadro 7.3.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para pollitas y pollas de reemplazo, en cuanto a nutrimentos requeridos para esta especie y fase de producción.

Nutrimentos	Cantidad según edad del animal		
	Pollitas (0-6 semanas)	Pollas (6-13 semanas)	Pollas (14-20 semanas)
E. metabolizable (Mcal/kg)	2.80	2.80	2.75
Proteína total (%)	20.00	17.00	13.00
Metionina + cistina (%)	0.75	0.65	0.50
Lisina (%)	1.00	0.80	0.60
Acido linoleico (%)	1.00	0.80	0.80
Calcio (%)	1.00	0.80	0.80
Fósforo disponible (%)	0.50	0.45	0.40
Sal (%)	0.30	0.30	0.30
Premezcla y aditivos (%)	0.20	0.20	0.20

Cuadro 7.3.b. Marcos de referencia usados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para pollitas y pollas de reemplazo, en cuanto a las necesidades de suplementación.

Tipo de harina ^a y factor nutricional	Adición de factores según contenido de harina en la ración	
	Contenido bajo: < 30%	Contenido alto: > 30%
Har. de yuca dulce		
Metionina	10% adicional al normal ^b	20% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	Recomendable	Recomendable
Pigmentantes artific.	No necesaria	No necesaria
Pelletización	No necesaria	No necesaria
Har. de yuca amarga		
Metionina	20% adicional al normal	40% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	Recomendable	Recomendable
Pigmentos artific.	No necesaria	No necesaria
Pelletización	No necesaria	No necesaria

a. Yuca dulce = < 100 ppm de HCN; Yuca amarga = > 100 ppm de HCN.

b. El contenido normal de metionina se refiere en todos los casos al indicado en el Cuadro 7.3.a.

Cuadro 7.4.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para aves de postura, en cuanto a los nutrimentos requeridos para esta especie y fase de producción.

Nutrimentos	Cantidad según fase ^a	
	Fase 1	Fase 2
E. metabolizable (Mcal/kg)	2.73	2.70
Proteína total (%)	17.00	16.00
Metionina + cistina (%)	0.64	0.62
Lisina (%)	0.83	0.80
A. linoleico (%)	1.00	1.00
Calcio (%)	3.70	3.75
Fósforo disponible (%)	0.45	0.45
Sal (%)	0.30	0.30
Premezcla y aditivos (%)	0.20	0.20

a. Fase 1 = animales entre 20 y 42 semanas, aproximadamente;

Fase 2 = animales de 40 ó 42 semanas en adelante.

Cuadro 7.4.b. Marcos de referencia usados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para aves de postura, en cuanto a necesidades de suplementación.

Tipo de harina ^a y factor nutricional	Adición de factores según contenido de harina en la ración	
	Contenido bajo: < 40%	Contenido alto: > 40%
Har. de yuca dulce		
Metionina	10% adicional al normal ^b	20% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	Recomendable	Altamente recomendable
Pigmentantes artific.	Recomendable	Altamente recomendable
Peletización	No necesaria	Recomendable
Har. de yuca amarga		
Metionina	15% adicional al normal	30% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	Recomendable	Altamente recomendable
Pigmentos artific.	Recomendable	Altamente recomendable
Peletización	No necesaria	Recomendable

a. Yuca dulce = < 100 ppm de HCN; Yuca amarga = > 100 ppm de HCN.

b. El contenido normal de metionina se refiere en todos los casos al indicado en el Cuadro 7.4.a.

Cuadro 7.5.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para aves reproductoras, en cuanto a los nutrimentos requeridos para esta fase de producción.

Nutrimentos	Cantidad según fase ^a	
	Fase 1	Fase 2
E. metabolizable (Mcal/kg)	2.75	2.75
Proteína total (%)	17.00	16.50
Metionina + cistina (%)	0.64	0.62
Lisina (%)	0.75	0.72
A. linoleico (%)	1.00	1.00
Calcio (%)	3.50	3.50
Fósforo disponible (%)	0.46	0.45
Sal (%)	0.30	0.30
Premezcla y aditivos (%)	0.20	0.20

a. Fase 1 = animales entre 20 y 42 semanas, aproximadamente. Fase 2 = animales de 40 ó 42 semanas en adelante.

Cuadro 7.5.b. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para aves reproductoras, en cuanto a necesidades de suplementación.

Tipo de harina ^a y factor nutricional	Adición de factores según contenido de harina en la ración	
	Contenido bajo: < 40%	Contenido alto: > 40%
Har. de yuca dulce		
Metionina	10% adicional al normal ^b	20% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	Altamente recomendable	Altamente recomendable
Pigmentos artific.	No necesaria	No necesaria
Peletización	No necesaria	No necesaria
Har. de yuca amarga		
Metionina	15% adicional al normal	30% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	Altamente recomendable	Altamente recomendable
Pigmentos artific.	No necesaria	No necesaria
Peletización	No necesaria	No necesaria

a. Yuca dulce = < 100 ppm de HCN; Yuca amarga = > 100 ppm de HCN.

b. El contenido normal de metionina se refiere en todos los casos al indicado en el Cuadro 7.5.a.

Cuadro 7.6.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para lechones, en cuanto a los nutrimentos requeridos para esta fase de producción.

Nutrimentos		Cantidad según fase	
		Preiniciación (Hasta 10 kg)	Iniciación (10-20 kg)
E. digestible	(Mcal/kg)	3.48	3.35
Proteína total	(%)	20.00	18.00
Metionina + cistina	(%)	0.58	0.54
Lisina	(%)	1.05	0.95
Calcio	(%)	0.80	0.65
Fósforo disponible	(%)	0.60	0.55
Sal	(%)	0.30	0.30
Premezcla y aditivos	(%)	0.20	0.20

Cuadro 7.6.b. Marcos de referencia utilizados en programas de alimentación a base de harina de yuca para lechones, en cuanto a necesidades de suplementación.

Tipo de harina ^a y factor nutricional	Adición de factores según contenido de harina en la ración	
	Contenido bajo: < 30%	Contenido alto: > 30%
Har. de yuca dulce		
Metionina	No necesaria	10% adicional al normal ^b
Aceite (a. linoleico)	No necesaria	Recomendable
Pelletización	Recomendable	Altamente recomendable
Har. de yuca amarga		
Metionina	10% adicional al normal	20% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	No necesaria	Recomendable
Pelletización	Recomendable	Altamente recomendable

a. Yuca dulce = < 100 ppm de HCN; Yuca amarga = > 100 ppm de HCN.

b. El contenido normal de metionina se refiere en todos los casos al indicado en el Cuadro 7.6.a.

Cuadro 7.7.a. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para cerdos en crecimiento y engorde en cuanto a nutrimentos requeridos para esta especie y fase de producción.

Nutrimentos		Cantidad según fase	
		Crecimiento	Engorde
E. digestible	(Mcal/kg)	3.25	3.15
Proteína total	(%)	15.60	12.80
Metionina + cistina	(%)	0.45	0.30
Lisina	(%)	0.70	0.57
Calcio	(%)	0.60	0.50
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.40
Sal	(%)	0.30	0.30
Premezcla y aditivos	(%)	0.20	0.20

Cuadro 7.7.b. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación a base de harina de yuca para cerdos en crecimiento y engorde, en cuanto a necesidades de suplementación.

Tipo de harina ^a y factor nutricional	Adición de factores según contenido de harina en la ración	
	Contenido bajo: < 40%	Contenido alto: > 40%
Har. de yuca dulce		
Metionina	No necesaria	10% adicional al normal ^b
Aceite (a. linoleico)	No necesaria	No necesaria
Peletización	Recomendable	Recomendable
Har. de yuca amarga		
Metionina	10% adicional al normal	20% adicional al normal
Aceite (a. linoleico)	No necesaria	No necesaria
Peletización	Recomendable	Recomendable

a. Yuca dulce = < 100 ppm de HCN; Yuca amarga = > 100 ppm de HCN.

b. El contenido normal de metionina se refiere en todos los casos al indicado en el Cuadro 7.7.a.

Cuadro 7.8. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para cerdas gestantes y lactantes, en relación con los nutrimentos requeridos por esta especie y fase de producción.^a

Nutrimentos		Cantidad requerida según fase	
		Gestación	Lactancia
E. digestible	(Mcal/kg)	3.10	3.10
Proteína total	(%)	12.50	13.00
Metionina + cistina	(%)	0.23	0.36
Lisina	(%)	0.45	0.58
Calcio	(%)	0.75	0.75
Fósforo disponible	(%)	0.60	0.50
Sal	(%)	0.40	0.40
Premezcla y aditivos	(%)	0.20	0.20

- a. En el caso de las cerdas gestantes y lactantes no es necesaria la adición de metionina o aceite, ni la peletización, sea que se use harina de yuca dulce o amarga o concentraciones bajas (< 40%) o altas (> 40%) de este producto.

Cuadro 7.9. Marcos de referencia utilizados en los programas de alimentación para rumiantes, en relación con sus requerimientos nutricionales y con el uso de harina de yuca^a en la ración.

Nutrimentos ^b		Cantidades requeridas según fase			
		Terneros	Vacas en producción	Levante	Engorde
E. digestible	(Mcal/kg)	3.50	3.10	2.65	3.10
Proteína total	(%)	16.00	15.00	12.00	12.00
Fibra cruda	(%)	5.00	17.00	15.00	17.00
NDT	(%)	80.00	71.00	60.00	75.00
Calcio	(%)	0.60	0.54	0.40	0.40
Fósforo	(%)	0.42	0.38	0.30	0.35
Sal	(%)	0.40	0.45	0.30	0.40
Premezclas y aditivos	(%)	0.20	0.20	0.20	0.20

- a. Cuando se usan niveles altos de harina de yuca (> 30%) en raciones para terneros y vacas en producción se recomienda la peletización de la harina o la adición de aceite y/o melaza.
- b. No es necesario incluir metionina sintética, sea que se utilice yuca dulce o amarga. En cambio, es conveniente incluir productos que favorezcan la actividad anabólica de la flora microbiana, como monensina, lasalocid, barbemicina, etc. (ver Anexo 4).

Elaboración de Programas de Alimentación a Base de Harina de Yuca y Productos Complementarios

Aunque existen muchas posibilidades para la preparación de raciones concentradas a base de harina de yuca, en el presente capítulo sólo se han seleccionado hasta cuatro modelos típicos como ejemplos para cada ejercicio. Estos ejemplos incluyen mezclas con los ingredientes proteínicos de utilización más generalizada como son la torta (harina) de soya, la torta (harina) de algodón y la harina de pescado; alrededor de ellos existen numerosas alternativas, no sólo en cuanto al tipo de materia prima sino en cuanto al nivel de utilización en la ración respectiva.

Igualmente, en los ejemplos que se analizan aquí se han seleccionado diferentes niveles de harina de yuca como componente energético en la ración, así:

- a. Un nivel bajo o moderado de harina. Cuando ésta representa aproximadamente la mitad de la fracción carbohidratada.
- b. Un nivel alto. Cuando la harina de yuca representa la fuente principal de carbohidratos y se busca reemplazar con ella la mayor parte de los granos cereales que se usan normalmente en la ración.
- c. Un nivel máximo de harina. Para ilustrar este caso se presenta un ejemplo de un programa de alimentación en el cual la harina de yuca reemplaza la totalidad del sorgo o de otras fuentes energéticas en la ración.

El último tipo de raciones, esto es, con niveles máximos de harina de yuca no se recomienda para todas las fases de producción; sin embargo, en casos aislados puede considerarse esa posibilidad, previo análisis de la situación en cuanto a disponibilidad y precios de las materias primas, rendimiento esperado, y fase de producción y/o edad del animal.

Productos complementarios de la harina de yuca. Con el propósito de homogeneizar la información nutricional acerca de los productos complementarios de la harina de yuca en las raciones, se han seleccionado unas pocas materias primas que

pueden servir de referencia para el uso de otros productos no analizados aquí. En el Cuadro 7.10 se resumen las especificaciones correspondientes a las materias primas utilizadas en los programas de alimentación que se describen más adelante.

Por otra parte, en todos los ejemplos se consideran las premezclas especiales de vitaminas y minerales trazas, cuya composición se ilustró en el Capítulo 3 (Cuadros 3.4 y 3.5); en cada ejemplo o programa se sugiere un nivel de premezcla equivalente al 0.2%, el cual incluye las cantidades individuales ya mencionadas. Los aminoácidos sintéticos (DL-metionina y L-lisina) corresponden a productos comerciales con concentraciones superiores al 98% del respectivo aminoácido.

En cuanto a las fuentes de calcio y fósforo suplementarios, los ejemplos consideran la utilización de fosfato bicálcico y carbonato de calcio, el primero de ellos con 21% de fósforo y 18% de calcio, y el segundo con 38% de calcio. En el caso de usar productos con concentraciones diferentes a las mencionadas, se deben hacer los ajustes respectivos.

Las fórmulas consideran el uso de aditivos (anticoccidiales, antibióticos, promotores de crecimiento) de acuerdo con situaciones específicas para cada especie, aunque no se mencionan nombres de productos (esto se hace en el Anexo 4).

Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Pollos de Engorde

Cuando se trata de pollos de engorde hay que tener en cuenta que las raciones deben proveer una alta concentración de energía metabolizable para satisfacer los mayores requerimientos que tienen las razas o líneas modernas de crecimiento acelerado. Puesto que la harina de yuca generalmente se usa en las raciones para reemplazar algunos cereales con niveles de energía metabolizable superiores a los que ella puede aportar, con frecuencia es necesario suplementarla con aceites, grasas o azúcares para compensar en gran parte esa deficiencia de la harina.

Cuadro 7.10. Composición nutricional de las fuentes de energía y proteína utilizadas en los programas de alimentación que se describen en esta publicación.

Componentes		Contenidos ^a en las fuentes de energía y proteína					
		Aceite vegetal	Sorgo	Salvado de trigo	Soya	Algodón	Pescado
Materia seca	(%)	100.0	87.00	89.00	89.00	91.00	92.00
Ceniza	(%)	–	1.80	6.10	6.50	6.50	14.80
Fibra cruda	(%)	–	2.30	10.00	6.20	12.10	1.00
Extracto-etéreo	(%)	100.0	2.90	3.90	1.40	1.40	8.00
Energía	(Mcal/kg)						
Metabolizable en aves		8.10	3.25	1.30	2.40	1.94	2.95
Digestible en cerdos		8.84	3.27	2.50	3.32	2.75	3.15
Metabolizable en cerdos		8.03	3.19	2.21	2.82	2.36	2.47
Digestible en rumiantes		8.58	3.52	2.90	3.31	3.16	3.20
Metabolizable en rumiantes		8.21	3.17	2.60	2.94	2.80	2.82
NDT ^b en rumiantes	(%)	–	80.00	70.00	83.00	76.00	74.00
Proteína	(%)	–	8.80	15.00	46.00	41.20	65.00
Metionina	(%)	–	0.15	0.16	0.60	0.61	2.00
Cistina	(%)	–	0.15	0.17	0.75	0.77	0.60
Lisina	(%)	–	0.20	0.50	2.90	1.62	5.01
Calcio	(%)	–	0.03	0.14	0.32	0.15	5.00
Fósforo total	(%)	–	0.29	0.60	0.67	1.20	2.80
Fósforo disponible	(%)	–	0.10	0.28	0.29	0.30	2.80
Acido linoleico	(%)	50.0	1.08	2.25	0.55	0.80	0.10

a. Las composiciones que se presentan aquí corresponden a las definidas por el National Research Council (NRC) con las siguientes referencias: aceite vegetal = NRC 4-05-077; sorgo = NRC 4-20-893; salvado de trigo = NRC 4-05-190; torta de soya = NRC 5-20-637; torta de algodón = NRC 5-02-621 y harina de pescado = NRC 5-01-895.

b. NDT = nutrimentos digestibles totales.

Los aceites (vegetales) mejoran la palatabilidad de la ración, en la mayoría de los casos. También se han usado en raciones con alta concentración de harina de yuca para garantizar un contenido adecuado de ácidos grasos esenciales (especialmente ácido linoleico), debido a que su deficiencia puede ocasionar trastornos en el crecimiento del animal, además de favorecer la presencia de hígado graso.

En cuanto al uso de la harina de yuca en raciones para pollos de engorde, diferentes autores (Vogt y Penner, 1963; Enriquez y Ross, 1967) coinciden en que los contenidos de este producto no deben ser superiores a 10%-15%, ya que han observado detrimento en el crecimiento de los animales cuando se usan niveles superiores de harina. Se debe tener cuidado durante la fase inicial (crecimiento), y utilizar niveles moderados de la harina a menos que los costos de producción para las raciones con niveles mayores resulten tan favorables que puedan compensar los menores rendimientos. En la fase de finalización (engorde), el uso de niveles superiores al 10% resulta menos limitativo.

En varios trabajos (Palisse y Barratou, 1973; Muller et al., 1974) se ha observado que mediante la peletización de la harina de yuca es posible usar este producto en niveles de hasta el 50% de la ración, siempre y cuando los nutrientes restantes estén perfectamente balanceados; la mayor densidad específica y la menor presencia de polvo en este caso favorecen los rendimientos.

La mayoría de los resultados que se han obtenido en estudios de alimentación con harina de yuca para pollos permiten recomendar niveles moderados (hasta 10%-20%) de harina de yuca en raciones sin peletizar; cuando las raciones son peletizadas, los porcentajes de harina de yuca pueden ser superiores. Por otra parte, los pollos responden mejor a niveles altos de harina de yuca (más de 20%) durante la fase de finalización. A menos que la relación entre los costos de producción y el beneficio demuestre lo contrario, se recomienda utilizar raciones con menos cantidad de harina de yuca durante la etapa de iniciación, e incrementar estos niveles en la etapa de finalización.

Las consideraciones anteriores se deben tener en cuenta al analizar los programas de alimentación que como ejemplos se presentan en los Cuadros 7.11 a 7.16.

Cuadro 7.11. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (iniciación). Raciones con niveles bajos del producto (10%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		10.00	10.00	10.00	10.00
Sorgo		46.45	44.65	52.40	50.59
Aceite vegetal		3.62	4.40	1.84	2.62
Torta de soya		36.33	31.30	28.13	23.10
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL - metionina		0.28	0.27	0.24	0.23
L - lisina		0.03	0.08	0.02	0.06
Fosfato bicálcico		1.60	1.59	1.02	1.01
Carbonato cálcico		1.14	1.16	0.81	0.84
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial		0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos resultantes					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	3.00	3.00	3.00	3.00
Proteína	(%)	21.00	21.00	21.00	21.00
Metionina + cistina	(%)	0.89	0.89	0.89	0.89
Lisina	(%)	1.18	1.18	1.18	1.18
Acido linoleico	(%)	1.61	1.78	1.19	1.36
Calcio	(%)	0.87	0.87	0.87	0.87
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50	0.50	0.50

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.12. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (iniciación). Raciones con niveles altos del producto (30%).

Componentes	Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
	Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca	30.00	30.00	30.00	30.00
Sorgo	22.39	20.69	28.30	26.60
Aceite vegetal	4.13	4.88	2.37	3.11
Torta de soya	40.06	35.01	31.86	26.81
Torta de algodón	-	6.00	-	6.00
Harina de pescado	-	-	5.00	5.00
DL - metionina	0.33	0.32	0.29	0.28
L - lisina	-	0.003	-	-
Fosfato bicálcico	1.55	1.54	0.9	0.96
Carbonato cálcico	0.99	1.01	0.66	0.69
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos				
E. metabolizable	(Mcal/kg)	3.00	3.00	3.00
Proteína	(%)	21.00	21.00	21.00
Metionina + cistina	(%)	0.93	0.93	0.93
Lisina	(%)	1.23	1.18	1.25
Acido linoleico	(%)	1.50	1.65	1.09
Calcio	(%)	0.87	0.87	0.87
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50	0.50

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.13. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (iniciación). Raciones con niveles máximos del producto (47%-53%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		48.55	47.15	53.45	52.05
Aceite vegetal		4.63	5.33	3.00	3.70
Torta de soya		43.54	38.22	36.26	30.95
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL - metionina		0.38	0.37	0.34	0.33
Fosfato bicálcico		1.50	1.50	0.91	0.90
Carbonato cálcico		0.85	0.88	0.49	0.52
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial		0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	3.00	3.00	3.00	3.00
Proteína	(%)	21.00	21.00	21.00	21.00
Metionina + cistina	(%)	0.97	0.97	0.97	0.97
Lisina	(%)	1.30	1.24	1.34	1.28
Acido linoleico	(%)	1.40	1.56	1.10	1.13
Calcio	(%)	0.87	0.87	0.87	0.87
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50	0.50	0.50

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.14. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (finalización). Raciones con niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		20.00	20.00	20.00	20.00
Sorgo		38.36	36.67	44.26	42.57
Aceite vegetal		5.04	5.78	3.28	4.02
Torta de soya		33.09	28.04	24.90	19.85
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL - metionina		0.30	0.29	0.26	0.25
L - lisina		-	0.001	-	-
Fosfato bicálcico		1.53	1.52	0.95	0.94
Carbonato cálcico		1.13	1.15	0.80	0.82
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial		0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	3.10	3.10	3.10	3.10
Proteína	(%)	19.00	19.00	19.00	19.00
Metionina + cistina	(%)	0.86	0.86	0.86	0.86
Lisina	(%)	1.05	1.00	1.08	1.02
Ácido linoleico	(%)	1.86	2.02	1.44	1.60
Calcio	(%)	0.87	0.87	0.87	0.87
Fósforo disponible	(%)	0.48	0.48	0.48	0.48

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.15. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (finalización). Raciones con niveles altos del producto (40%).

Componentes	Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
	Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca	40.00	40.00	40.00	40.00
Sorgo	14.23	12.54	20.14	18.45
Aceite vegetal	5.57	6.31	3.81	4.55
Torta de soya	36.83	31.78	28.63	23.58
Torta de algodón	-	6.00	-	6.00
Harina de pescado	-	-	5.00	5.00
DL- metionina	0.36	0.35	0.32	0.31
Fosfato bicálcico	1.48	1.47	0.90	0.89
Carbonato cálcico	0.98	1.00	0.65	0.67
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos				
E. metabolizable	(Mcal/kg)	3.10	3.10	3.10
Proteína	(%)	19.00	19.00	19.00
Metionina + cistina	(%)	0.90	0.90	0.90
Lisina	(%)	1.13	1.07	1.15
Acido linoleico	(%)	1.75	1.91	1.34
Calcio	(%)	0.87	0.87	0.87
Fósforo disponible	(%)	0.48	0.48	0.48

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.16. Harina de yuca en programas de alimentación para pollos de engorde (finalización). Raciones con niveles máximos del producto (52%-56%).

Componentes	Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a			
	Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca	51.78	50.38	56.71	55.30
Aceite vegetal	5.89	6.59	4.25	4.96
Torta de soya	39.05	33.74	31.77	26.46
Torta de algodón	-	6.00	-	6.00
Harina de pescado	-	-	5.00	5.00
DL - metionina	0.39	0.38	0.35	0.35
Fosfato bicálcico	1.45	1.44	0.85	0.86
Carbonato cálcico	0.89	0.92	0.52	0.52
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrientes	(%)			
E, metabolizable	(Mcal/kg)	3.10	3.10	3.10
Proteína	(%)	19.00	19.00	19.00
Metionina + cistina	(%)	0.92	0.92	0.92
Lisina	(%)	1.17	1.11	1.22
Acido linoleico	(%)	1.68	1.85	1.25
Calcio	(%)	0.87	0.87	0.87
Fósforo disponible	(%)	0.48	0.48	0.48

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Aves de Postura y Pollas de Reemplazo

En la mayor parte de los trabajos de investigación se ha demostrado que las raciones para aves de postura permiten incluir niveles de harina de yuca mayores que los usados para pollos de engorde.

Sin embargo, al utilizar harina de yuca en raciones para ponedoras se deben tener en cuenta varios factores de importancia relativa, especialmente si el producto se usa en proporciones altas (más de 40%). Aparte de la menor concentración energética de la harina, los principales factores a considerar son su nivel de ácido cianhídrico, el contenido de metionina en la ración, y las concentraciones de pigmentos (xantofilas) y ácidos grasos esenciales (ácido linoleico) en la misma.

La harina de raíces de yuca está desprovista de agentes pigmentantes del tipo xantofilas y es también pobre en carotenoides, debido a su bajo contenido de grasa. Los agentes pigmentantes de la yema del huevo son muy importantes para la comercialización de este producto, y se deben proporcionar al animal incluyendo en su ración otras materias primas que los contengan en buena proporción (i.e. maíz amarillo, harina de alfalfa, gluten de maíz), o adicionándole productos artificiales (cantaxantinas, carotenoides sintéticos).

El aspecto relacionado con el bajo nivel de ácidos grasos esenciales en la harina de yuca adquiere mayor importancia cuando se considera el tamaño del huevo. La deficiencia en ácido linoleico ocasiona una disminución en la producción y en el tamaño del huevo, y un aumento en la mortalidad embrionaria, especialmente en casos severos. En condiciones prácticas, el contenido de ácido linoleico generalmente es deficiente en las raciones con altos niveles de harina de yuca y bajos niveles de maíz o de otras fuentes de ácidos grasos no saturados (aceites vegetales); por esta razón, en los ejemplos que se analizan en el presente capítulo se considera la adición de aceite vegetal para garantizar un nivel mínimo de 1% de ácido linoleico en la ración completa.

En contraste con el efecto negativo que tiene la harina de yuca sobre el tamaño del huevo, ella puede influir favorablemente sobre la calidad de la cáscara del mismo como resultado de su alto contenido en ácido ascórbico (vitamina C). La concentración de vitamina C en la harina de yuca (35 mg/100 g) es aproximadamente tres veces superior a la del maíz (11.5 mg/100 g), cuando se comparan en base seca.

En los programas de alimentación que se ilustran en los Cuadros 7.17 a 7.31 se presentan ejemplos para aves ponedoras, considerando dos fases de producción: a) Fase 1, que comprende desde las 20-22 semanas de edad (iniciación de postura) hasta las 40-42 semanas; b) Fase 2, que comprende de las 40-42 semanas de edad en adelante. También se incluyen fórmulas para pollitas (0-6 semanas), pollas en crecimiento (7-14 semanas) y pollas en desarrollo (14-20 semanas).

Continúa



Cuadro 7.17. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase I. Raciones con niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		20.00	20.00	20.00	20.00
Sorgo		38.70	37.00	41.72	42.66
Aceite vegetal		1.64	2.38	0.73	0.80
Salvado de trigo		-	-	2.21	-
Torta de soya		28.67	23.62	20.31	15.49
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL - metionina		0.19	0.18	0.15	0.14
Fosfato bicálcico		1.45	1.44	0.85	0.86
Carbonato cálcico		8.85	8.88	8.53	8.55
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.73	2.73	2.73	2.73
Proteína	(%)	17.00	17.00	17.00	17.00
Metionina + cistina	(%)	0.69	0.69	0.69	0.69
Lisina	(%)	0.92	0.87	0.95	0.90
Acido linoleico	(%)	1.10	1.14	1.00	1.00
Calcio	(%)	3.70	3.70	3.70	3.70
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45	0.45

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.18. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 1. Raciones con niveles altos del producto (40%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		40,00	40,00	40,00	40,00
Sorgo		14,59	12,88	17,89	18,59
Aceite vegetal		2,17	2,91	1,17	1,20
Salvado de trigo		-	-	2,00	0,15
Torta de soya		32,41	27,36	24,06	19,16
Torta de algodón		-	6,00	-	6,00
Harina de pescado		-	-	5,00	5,00
DL - metionina		0,23	0,23	0,20	0,19
Fosfato bicálcico		1,40	1,39	0,80	0,81
Carbonato cálcico		8,70	8,73	8,38	8,40
Sal yodada		0,30	0,30	0,30	0,30
Minerales, vitaminas, aditivos		0,20	0,20	0,20	0,20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Meal/kg)	2,73	2,73	2,73	2,73
Proteína	(%)	17,00	17,00	17,00	17,00
Metionina + cistina	(%)	0,72	0,72	0,72	0,72
Lisina	(%)	1,00	0,95	1,02	0,97
Acido linoleico	(%)	1,45	1,44	1,00	1,00
Calcio	(%)	3,70	3,70	3,70	3,70
Fósforo disponible	(%)	0,45	0,45	0,45	0,45

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.19: Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase I^a. Raciones con niveles máximos del producto (50%-56%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^b			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		52.08	50.67	55.00	55.56
Aceite vegetal		2.49	3.19	1.51	1.56
Salvado de trigo		-	-	1.83	-
Torta de soya		34.69	29.37	26.90	22.10
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL - metionina		0.27	0.26	0.24	0.23
Fosfato bicálcico		1.36	1.36	0.76	0.77
Carbonato cálcico		8.61	8.65	8.26	8.28
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.73	2.73	2.73	2.73
Proteína	(%)	17.00	17.00	17.00	17.00
Metionina + cistina	(%)	0.75	0.75	0.75	0.75
Lisina	(%)	1.05	0.99	1.08	1.03
Acido linoleico	(%)	1.38	1.41	1.00	1.00
Calcio	(%)	3.70	3.70	3.70	3.70
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45	0.45

a. Animales de 20-42 semanas aproximadamente.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.20. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 2ª. Raciones con niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^b			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		20.00	20.00	20.00	20.00
Sorgo		41.98	40.71	42.33	43.04
Aceite vegetal		0.76	1.37	0.64	0.67
Salvado de trigo		0.33	-	4.59	2.74
Torta de soya		25.76	20.74	17.24	12.34
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL - metionina		0.20	0.19	0.16	0.15
L - Lisina		-	0.005	-	-
Fosfato bicálcico		1.47	1.46	0.86	0.86
Carbonato cálcico		9.00	9.02	8.68	8.70
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.70	2.70	2.70	2.70
Proteína	(%)	16.00	16.00	16.00	16.00
Metionina + cistina	(%)	0.67	0.67	0.67	0.67
Lisina	(%)	0.87	0.80	0.87	0.82
Acido linoleico	(%)	1.00	1.10	1.00	1.00
Calcio	(%)	3.75	3.75	3.75	3.75
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45	0.45

a. Animales de 40 ó 42 semanas en adelante.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.21. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 2^a. Raciones con niveles altos del producto (40%).

Componentes	Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^b			
	Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes				
	(%)			
Harina de yuca	40.00	40.00	40.00	40.00
Sorgo	18.16	16.61	18.48	19.21
Aceite vegetal	1.20	1.90	1.09	1.11
Salvado de trigo	0.11	–	4.38	2.53
Torta de soya	29.52	24.48	21.00	16.09
Torta de algodón	–	6.00	–	6.00
Harina de pescado	–	–	5.00	5.00
DL-metionina	0.24	0.23	0.21	0.20
Fosfato bicálcico	1.42	1.41	0.81	0.81
Carbonato cálcico	8.85	8.87	8.53	8.55
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos				
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.70	2.70	2.70
Proteína	(%)	16.00	16.00	16.00
Metionina + cistina	(%)	0.70	0.70	0.70
Lisina	(%)	0.92	0.87	0.95
Acido linoleico	(%)	1.00	1.19	1.00
Calcio	(%)	3.75	3.75	3.75
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45

a. Animales de 40 ó 42 semanas en adelante.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harira (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.22. Harina de yuca para programas de alimentación de ponedoras, Fase 2^a. Raciones con niveles máximos del producto (54%-56%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^b			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		55.27	53.85	55.60	56.21
Aceite vegetal		1.56	2.27	1.44	1.48
Salvado de trigo		-	-	4.21	2.35
Torta de soya		32.38	27.07	23.93	19.13
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL - metionina		0.27	0.26	0.24	0.23
Fosfato bicálcico		1.38	1.37	0.77	0.77
Carbonato cálcico		8.74	8.77	8.41	8.43
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.70	2.70	2.70	2.70
Proteína	(%)	16.00	16.00	16.00	16.00
Metionina + cistina	(%)	0.73	0.73	0.73	0.73
Lisina	(%)	0.98	0.92	1.01	0.96
Acido linoleico	(%)	1.01	1.38	1.00	1.00
Calcio	(%)	3.75	3.75	3.75	3.75
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45	0.45

a. Animales de 40 ó 42 semanas en adelante.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.23. Harina de yuca para programas de alimentación de pollitas (0-6 semanas). Raciones con niveles bajos del producto (10%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		10.00	10.00	10.00	10.00
Sorgo		49.80	50.39	50.06	50.64
Aceite vegetal		0.42	0.49	0.30	0.38
Salvado de trigo		3.46	1.76	7.68	5.97
Torta de soya		32.47	27.50	24.07	19.11
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL - metionina		0.20	0.19	0.17	0.16
Fosfato bicálcico		1.59	1.59	0.98	0.98
Carbonato cálcico		1.51	1.53	1.19	1.21
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial		0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.80	2.80	2.80	2.80
Proteína	(%)	20.00	20.00	20.00	20.00
Metionina + cistina	(%)	0.79	0.79	0.79	0.79
Lisina	(%)	1.06	1.01	1.09	1.03
Acido linoleico	(%)	1.00	1.00	1.00	1.00
Calcio	(%)	1.00	1.00	1.00	1.00
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50	0.50	0.50

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.24. Harina de yuca para programas de alimentación de pollitas (0-6 semanas). Raciones con niveles altos de este producto (30%).

Componentes	Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
	Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes				
	(%)			
Harina de yuca	30.00	30.00	30.00	30.00
Sorgo	25.81	26.40	26.07	26.64
Aceite vegetal	0.90	0.97	0.78	0.86
Salvado de trigo	3.33	1.63	7.55	5.85
Torta de soya	36.21	31.25	27.82	22.85
Torta de algodón	-	6.00	-	6.00
Harina de pescado	-	-	5.00	5.00
DL-metionina	0.25	0.24	0.22	0.21
Fosfato bicálcico	1.54	1.54	0.93	0.94
Carbonato cálcico	1.36	1.38	1.04	1.06
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoecidial	0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos				
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.80	2.80	2.80
Proteína	(%)	20.00	20.00	20.00
Metionina + cistina	(%)	0.83	0.83	0.83
Lisina	(%)	1.14	1.08	1.16
Acido linoleico	(%)	1.00	1.00	1.00
Calcio	(%)	1.00	1.00	1.00
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50	0.50

a. Las tortas (T) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.25. Harina de yuca para programas de alimentación de pollitas (0-6 semanas). Raciones con niveles máximos del producto (51%-52%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		51.62	52.11	51.85	52.32
Aceite vegetal		1.42	1.50	1.31	1.40
Salvado de trigo		3.13	1.42	7.34	5.64
Torta de soya		40.28	35.41	31.92	27.05
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL-metionina		0.31	0.30	0.28	0.27
Fosfato bicálcico		1.49	1.49	0.88	0.88
Carbonato cálcico		1.20	1.22	0.87	0.89
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial		0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.80	2.80	2.80	2.80
Proteína	(%)	20.00	20.00	20.00	20.00
Metionina + cistina	(%)	0.87	0.87	0.87	0.87
Lisina	(%)	1.22	1.17	1.25	1.20
Ácido linoleico	(%)	1.00	1.00	1.00	1.00
Calcio	(%)	1.00	1.00	1.00	1.00
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50	0.50	0.50

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.26. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (6-13 semanas). Raciones con niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		20.00	20.00	20.00	20.00
Sorgo		44.65	45.45	44.59	45.39
Salvado de trigo		6.39	5.01	11.49	9.57
Torta de soya		25.27	20.37	16.73	11.83
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL-metionina		0.18	0.17	0.15	0.14
Fosfato bicálcico		1.37	1.38	0.76	0.77
Carbonato cálcico		1.05	1.07	0.73	0.75
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial		0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mca/kg)	2.80	2.80	2.80	2.80
Proteína	(%)	17.00	17.00	17.00	17.00
Metionina + cistina	(%)	0.68	0.68	0.68	0.68
Lisina	(%)	0.87	0.82	0.90	0.84
Ácido linoleico	(%)	0.76	0.73	0.82	0.78
Calcio	(%)	0.80	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45	0.45

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.27. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (6-13 semanas). Raciones con niveles altos del producto (40%).

Componentes	Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
	Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes				
	(%)			
Harina de yuca	40.00	40.00	40.00	40.00
Sorgo	22.07	22.88	22.02	22.83
Aceite vegetal	0.25	0.25	0.25	0.25
Salvado de trigo	5.56	3.64	10.12	8.20
Torta de soya	29.11	24.21	20.57	15.67
Torta de algodón	-	6.00	-	6.00
Harina de pescado	-	-	5.00	5.00
DL-metionina	0.23	0.21	0.19	0.18
Fosfato bicálcico	1.33	1.34	0.72	0.72
Carbonato cálcico	0.90	0.92	0.58	0.60
Sul yodada	0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos				
E. metabolizable	(Mcal/kg)			
Proteína	(%)	17.00	17.00	17.00
Metionina + cistina	(%)	0.71	0.71	0.71
Lisina	(%)	0.95	0.89	0.97
Acido linoleico	(%)	0.67	0.63	0.72
Calcio	(%)	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.28. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (6-13 semanas). Raciones con niveles máximos del producto (60%).

Componentes	Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a			
	Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca	59.30	60.01	59.24	59.98
Aceite vegetal	0.70	0.70	0.70	0.70
Salvado de trigo	4.17	2.21	8.74	6.77
Torta de soya	32.98	28.22	24.43	19.66
Torta de algodón	-	6.00	-	6.00
Harina de pescado	-	-	5.00	5.00
DL-metionina	0.27	0.26	0.24	0.22
Fosfato bicálcico	1.29	1.29	0.68	0.68
Carbonato cálcico	0.74	0.76	0.42	0.44
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30
Anticoccidial	0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos	(Mcal/kg)			
E. metabolizable	2.80	2.80	2.80	2.80
Proteína	17.00	17.00	17.00	17.00
Metionina + cistina	0.74	0.74	0.74	0.74
Lisina	1.02	0.97	1.05	1.00
Acido linoleico	0.67	0.63	0.72	0.68
Calcio	0.80	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible	0.45	0.45	0.45	0.45

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.29. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (14-20 semanas). Raciones con niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración*			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		20,00	20,00	20,00	20,00
Sorgo		47,77	48,61	47,71	48,37
Salvado de trigo		14,05	12,07	18,62	16,59
Torta de soya		15,19	10,30	6,65	2,01
Torta de algodón		–	6,00	–	6,00
Harina de pescado		–	–	5,00	5,00
DL-metionina		0,12	0,09	0,07	0,06
L-lisina		–	0,03	–	–
Fosfato bicálcico		1,16	1,17	0,56	0,56
Carbonato cálcico		1,21	1,23	0,89	0,91
Sal yodada		0,30	0,30	0,30	0,30
Minerales, vitaminas, aditivos		0,20	0,20	0,20	0,20
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2,75	2,75	2,75	2,75
Proteína	(%)	13,70	13,70	13,70	13,70
Metionina + cistina	(%)	0,52	0,52	0,52	0,52
Lisina	(%)	0,62	0,60	0,65	0,60
Acido linoleico	(%)	0,89	0,86	0,95	0,91
Calcio	(%)	0,80	0,80	0,80	0,80
Fósforo disponible	(%)	0,40	0,40	0,40	0,40

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.30. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (14-20 semanas). Raciones con niveles altos del producto (40%).

Componentes	Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a				
	Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado	
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca	40.00	40.00	40.00	40.00	
Sorgo	25.45	26.26	25.44	26.23	
Salvado de trigo	12.68	10.76	17.24	15.33	
Torta de soya	19.03	14.13	10.49	5.59	
Torta de algodón	-	6.00	-	6.00	
Harina de pescado	-	-	5.00	5.00	
DL-metionina	0.16	0.14	0.08	0.07	
Fosfato bicálcico	1.12	1.13	0.51	0.52	
Carbonato cálcico	1.06	1.08	0.74	0.76	
Sal yodada	0.30	0.30	0.30	0.30	
Minerales, vitaminas, aditivos	0.20	0.20	0.20	0.20	
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.75	2.75	2.75	2.75
Proteína	(%)	13.70	13.70	13.70	13.70
Metionina + cistina	(%)	0.54	0.54	0.54	0.54
Lisina	(%)	0.70	0.64	0.72	0.67
Acido linoleico	(%)	0.65	0.61	0.70	0.66
Calcio	(%)	0.80	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible	(%)	0.40	0.40	0.40	0.40

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.31. Harina de yuca en programas de alimentación para pollas de levante (14-20 semanas). Raciones con niveles máximos del producto (62%-63%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a			
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y H. pescado	Con T. soya, T. algodón y H. pescado
Ingredientes	(%)				
Harina de yuca		62.26	62.94	62.23	62.94
Aceite vegetal		0.60	0.60	0.60	0.60
Salvado de trigo		11.11	9.14	15.68	13.71
Torta de soya		23.42	18.66	14.87	10.11
Torta de algodón		-	6.00	-	6.00
Harina de pescado		-	-	5.00	5.00
DL-metionina		0.19	0.18	0.10	0.09
Fosfato bicálcico		1.07	1.08	0.46	0.47
Carbonato cálcico		0.85	0.90	0.56	0.58
Sal yodada		0.30	0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrientes					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.75	2.75	2.75	2.75
Proteína	(%)	13.70	13.70	13.70	13.70
Metionina + cistina	(%)	0.56	0.56	0.56	0.56
Lisina	(%)	0.78	0.73	0.81	0.76
Acido linoleico	(%)	0.66	0.61	0.72	0.67
Calcio	(%)	0.80	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible	(%)	0.40	0.40	0.40	0.40

a. Las tortas (T.) de soya y algodón y la harina (H.) de pescado que aparecen en el encabezamiento del cuadro constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Cerdos en Iniciación, Crecimiento y Engorde

Como se dijo anteriormente, en sus primeras etapas de desarrollo los mamíferos tienen una deficiente capacidad para digerir y asimilar alimentos con altos niveles de carbohidratos y proteínas diferentes a los que están presentes en la leche materna. Esta situación limita la posibilidad de utilizar un porcentaje alto de harina de yuca en raciones para lechones durante los primeros días de lactancia.

Sin embargo, en estudios de Gómez et al., 1981, se ha demostrado que después de 14 días de lactancia los lechones pueden utilizar en forma eficiente raciones de iniciación hasta con 40% de harina de yuca, y que además se logra un mayor consumo de este tipo de dietas, en contraste con aquéllas basadas en sorgo como fuente energética. Teniendo en cuenta este hecho, en los ejemplos de raciones para porcinos que se presentan más adelante se considera el uso de niveles moderados de harina de yuca para la fase de iniciación. Es de advertir que el rendimiento con estas dietas resulta superior cuando hay posibilidad de peletizarlas y de incorporar aditivos para mejorar su palatabilidad.

A partir del destete los cerdos superan la dificultad para digerir la mayoría de los carbohidratos, incluyendo los almidones presentes en las raíces de yuca; por esta razón, el potencial para utilizar la harina se incrementa notablemente durante las etapas de levante y engorde.

En un gran número de trabajos de investigación se ha demostrado la posibilidad de incluir diferentes concentraciones de harina de yuca en reemplazo de los principales granos de cereales, con resultados satisfactorios en la mayoría de los casos. La digestibilidad de las raciones a base de harina de yuca ha sido equivalente o superior a la que se obtiene con raciones de cereales (Zausch et al., 1968; Chicco et al., 1972).

El nivel de energía en la harina de yuca es menos crítico cuando este producto se usa en raciones para cerdos que cuando se trata de dietas para aves, como ya quedó establecido; sin embargo, debido a que los niveles de harina que se utilizan en el caso de

los cerdos son normalmente altos, algunos de los factores limitativos de la yuca como alimento adquieren mayor importancia y ponen de manifiesto problemas no observados en otras especies que consumen cantidades inferiores del producto. Entre estos problemas están la deficiencia de aminoácidos azufrados y el contenido de ácido cianhídrico en variedades amargas de yuca; si no se toman las medidas correctivas del caso, estos factores podrían alterar en mayor grado la calidad y la palatabilidad de raciones que tienen altos niveles de harina de yuca.

La buena calidad de las raíces utilizadas en la producción de harina de yuca es de primordial importancia, así como la correcta suplementación de las raciones con los elementos menores (minerales y vitaminas) deficientes o que puedan ser afectados por la presencia de ácido cianhídrico; esto sucede con el cobre, el yodo, el hierro, el zinc y la vitamina B₁₂.

Los cerdos con más de 45-50 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 tal manera que la deficiencia energética de algunas dietas se puede compensar con el mayor consumo de alimento; en estas condiciones, 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 los costos de las materias primas favorecen el uso de un alto porcentaje de este producto.

En los ejemplos de programas de alimentación para porcinos que se presentan a continuación (Cuadros 7.32 a 7.38) se han incluido los mismos componentes energéticos utilizados en las raciones para aves; para las fuentes de proteína se analizarán únicamente ejemplos a base de tortas de soya y algodón.

Teniendo en cuenta los resultados favorables obtenidos en la mayoría de los trabajos experimentales sobre el uso de altos niveles de harina de yuca suplementada con melaza, se decidió

Cuadro 7.32. Harina de yuca (HY) en programas de alimentación para lechones en iniciación^a. Uso de niveles bajos, medios y máximos de harina.

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración según nivel de HY		
		Bajo	Medio	Máximo
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca		10.00	30.00	58.85
Sorgo		56.40	33.31	—
Aceite o grasa		2.80	2.51	2.10
Torta de soya		27.91	31.44	36.57
DL-metionina		—	0.07	0.11
L-lisina		0.02	—	—
Fosfato bicálcico		1.91	1.85	1.78
Carbonato cálcico		0.46	0.31	0.10
Sal yodada		0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrimentos				
Energía digestible	Mcal/kg	3.35	3.35	3.35
Proteína	(%)	18.00	18.00	18.00
Metionina + cistina	(%)	0.54	0.60	0.62
Lisina	(%)	0.95	1.00	1.10
Calcio	(%)	0.65	0.65	0.65
Fósforo disponible	(%)	0.55	0.55	0.55

a. Animales de hasta 20 kg.

incluir melaza de caña¹ en los programas para la fase de acabado o engorde, a un nivel de 5%, con el propósito de mejorar la calidad física de la ración y aumentar su palatabilidad.

Estas raciones se pueden suministrar a los cerdos en forma de harina o en forma peletizada, pero es más recomendable esta última opción no sólo por el hecho de presentar una mayor densidad específica, sino porque disminuye el contenido de polvo de la ración.

Como se hizo en el caso de las aves, en la mayor parte de los ejemplos para cerdos se consideran tres niveles de harina de yuca en la ración: un nivel bajo o medio, un nivel alto y uno máximo.

1. Melaza de caña de azúcar, con las siguientes características: materia seca = 78%; energía digestible para cerdos = 2.54 Mcal/kg.

Harina de Yuca en la Alimentación Animal

Cuadro 7.33. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos de levante.
Raciones con niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		20.00	20.00
Sorgo		53.79	52.24
Torta de soya		22.77	17.69
Torta de algodón		-	6.00
Acetite o grasa		0.85	1.46
Fosfato bicálcico		1.70	1.69
Carbonato cálcico		0.39	0.42
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrimentos			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.25	3.25
Proteína	(%)	15.60	15.60
Metionina + cistina	(%)	0.47	0.48
Lisina	(%)	0.78	0.73
Calcio	(%)	0.60	0.60
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50

a. Animales de 20-50 kg.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.34. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos de levante.
Raciones con niveles altos del producto (40%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		40.00	40.00
Sorgo		24.26	22.19
Torta de soya		27.31	22.34
Torta de algodón		-	6.00
Acetite o grasa		1.11	2.15
Melaza		5.00	5.00
DL-metionina		0.02	0.01
Fosfato bicálcico		1.64	1.63
Carbonato cálcico		0.16	0.18
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrimentos			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.25	3.25
Proteína	(%)	15.60	15.60
Metionina + cistina	(%)	0.47	0.47
Lisina	(%)	0.85	0.82
Calcio	(%)	0.60	0.60
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50

a. Cerdos de 20-50 kg.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.35. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos de levante^a. Raciones con niveles máximos del producto (59%-61%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^b	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		61.00	59.25
Torta de soya		31.04	25.74
Torta de algodón		-	6.00
Aceite o grasa		0.81	1.87
Melaza		5.00	5.00
DL-metionina		0.05	0.004
Fosfato bicálcico		1.59	1.58
Carbonato cálcico		0.01	0.04
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrimentos			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.25	3.25
Proteína	(%)	15.60	15.60
Metionina + cistina	(%)	0.48	0.48
Lisina	(%)	0.95	0.89
Calcio	(%)	0.60	0.60
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50

a. Cerdos de 20-50 kg.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.36. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos en acabado^a. Raciones con niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^b	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		20.00	20.00
Sorgo		56.86	56.02
Torta de soya		15.97	10.76
Torta de algodón		-	6.00
Melaza		5.00	5.00
L-lisina		-	0.03
Fosfato bicálcico		1.30	1.29
Carbonato cálcico		0.37	0.40
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrimentos			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.18	3.14
Proteína	(%)	12.80	12.80
Metionina + cistina	(%)	0.39	0.40
Lisina	(%)	0.59	0.57
Calcio	(%)	0.50	0.50
Fósforo disponible	(%)	0.40	0.40

a. Cerdos de 50-90 kg.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.37. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos en acabado.
Raciones con niveles altos del producto (40%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		40.00	40.00
Sorgo		33.45	32.65
Torta de soya		19.58	14.36
Torta de algodón		-	6.00
Melaza		5.00	5.00
Fosfato bicálcico		1.25	1.24
Carbonato cálcico		0.22	0.25
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrientes			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.19	3.16
Proteína	(%)	12.80	12.80
Metionina + cistina	(%)	0.37	0.38
Lisina	(%)	0.67	0.61
Calcio	(%)	0.50	0.50
Fósforo disponible	(%)	0.40	0.40

a. Cerdos de 50-90 kg.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.38. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdos en acabado.
Raciones con niveles máximos del producto (60%-64%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		60.41	63.94
Sorgo		9.80	4.88
Torta de soya		23.11	18.52
Torta de algodón		-	6.00
Melaza		5.00	5.00
Fosfato bicálcico		1.18	1.16
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrientes			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.20	3.16
Proteína	(%)	12.80	12.80
Metionina + cistina	(%)	0.36	0.38
Lisina	(%)	0.74	0.69
Calcio	(%)	0.50	0.50
Fósforo disponible	(%)	0.40	0.40

a. Cerdos de 50-90 kg.

b. Las tortas (T.) de soya y algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Cerdas Gestantes y Lactantes

En el caso de cerdas gestantes es necesario limitar la cantidad de alimento que se les ofrece cada día, ya que la energía total requerida por un animal en esta fase es mucho menor que la requerida en las restantes fases de producción. Por este motivo los factores relacionados con la palatabilidad y la concentración energética, limitativos de las raciones a base de harina de yuca, pasan a ser secundarios en esta fase de producción del cerdo.

Como se verá más adelante, estas mismas consideraciones se deben tener en cuenta cuando se plantea el uso de harina de hojas de yuca durante la fase de gestación.

En los programas de alimentación para cerdas lactantes, por el contrario, es importante ofrecer diariamente al animal un gran volumen de alimento, con el fin de satisfacer las necesidades nutricionales que exige esta fase de producción. La cerda en lactancia requiere, además de su propio mantenimiento, una alta concentración de energía para atender las exigencias de una alta producción de leche.

Al igual que las dietas para la etapa de engorde, las destinadas a la lactancia facilitan la inclusión de una cantidad apreciable de harina de yuca, siempre y cuando se controlen los factores limitativos. Raciones con alto contenido de harina de yuca permiten obtener rendimientos iguales o superiores a los que se logran cuando se utilizan granos de cereales. Sin embargo, debe tenerse cuidado con la harina proveniente de variedades amargas, no sólo por el peligro de intoxicación, sino por su posible efecto adverso en la palatabilidad y en el consumo.

Asimismo, en raciones con altos niveles de harina de yuca debe tenerse el cuidado de suplementar adecuadamente con algunos minerales trazas y/o vitaminas, tal como se discutió en el programa de alimentación para cerdos en crecimiento y acabado.

Los Cuadros 7.39 a 7.44 presentan ejemplos de programas para cerdas gestantes y lactantes.



Harina de Yuca en la Alimentación Animal

Cuadro 7.39. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en gestación. Uso de niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		20.00	20.00
Sorgo		56.09	55.30
Torta de soya		15.47	10.24
Torta de algodón		-	6.00
Melaza		5.00	5.00
Fosfato biclélico		2.26	2.25
Carbonato cálcico		0.58	0.61
Sal yodada		0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrientes			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.14	3.10
Proteína	(%)	12.50	12.50
Metionina + cistina	(%)	0.38	0.39
Lisina	(%)	0.58	0.52
Calcio	(%)	0.75	0.75
Fósforo disponible	(%)	0.60	0.60

a. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.40. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en gestación. Uso de niveles altos del producto (40%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. 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 biclélico		2.21	2.20
Carbonato cálcico		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

a. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.41. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en gestación. Uso de niveles máximos del producto (67%-68%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		68.03	67.35
Torta de soya		24.11	18.76
Torta de algodón		-	6.00
Melaza		5.00	5.00
Fosfato bicálcico		2.13	2.13
Carbonato cálcico		0.23	0.26
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrientes			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.18	3.14
Proteína	(%)	12.50	12.50
Metionina + cistina	(%)	0.34	0.35
Lisina	(%)	0.75	0.69
Ácido linoleico	(%)	-	-
Calcio	(%)	0.75	0.75
Fósforo disponible	(%)	0.60	0.60

a. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.42. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en lactancia. Uso de niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		20.00	20.00
Sorgo		55.07	54.24
Torta de soya		16.75	11.53
Torta de algodón		-	6.00
Melaza		5.00	5.00
L-lisina		-	0.03
Fosfato bicálcico		1.77	1.76
Carbonato cálcico		0.81	0.84
Sal yodada		0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrientes			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.15	3.11
Proteína	(%)	13.00	13.00
Metionina + cistina	(%)	0.39	0.40
Lisina	(%)	0.61	0.58
Calcio	(%)	0.75	0.75
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50

a. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.43. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en lactancia. Uso de niveles altos del producto (40%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		40.00	40.00
Sorgo		31.66	30.87
Torta de soya		20.36	15.13
Torta de algodón		-	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
Nutrimentos			
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

a. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.44. Harina de yuca en programas de alimentación para cerdas en lactancia. Uso de niveles máximos del producto (66%-67%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^a	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		67.10	66.48
Torta de soya		25.29	19.89
Torta de algodón		-	6.00
Harina de pescado		-	-
Melaza		5.00	5.00
Fosfato bicálcico		1.65	1.64
Carbonato cálcico		0.46	0.49
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrimentos			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.19	3.15
Proteína	(%)	13.00	13.00
Metionina + cistina	(%)	0.56	0.37
Lisina	(%)	0.78	0.73
Calcio	(%)	0.75	0.75
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50

a. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Programas de Alimentación con Harina de Yuca para Bovinos

Los rumiantes en edades tempranas no tienen la misma capacidad que los adultos para utilizar con eficiencia niveles altos de almidones en su ración alimenticia; en tales edades existen algunos factores limitativos de carácter fisiológico, que se van superando a medida que el animal se desarrolla. Por lo tanto, en el caso de terneros menores de un mes se recomienda utilizar la harina de yuca a niveles bajos, e incrementar estas cantidades a medida que los animales tienen mayor edad.

Los rumiantes adultos (levante, ceba, vacas en producción), en cambio, están capacitados para aceptar niveles altos de harina de yuca en sus raciones; estos niveles se pueden usar siempre y cuando las condiciones específicas lo justifiquen económicamente. El alto contenido de energía digestible que tiene la harina de yuca favorece la utilización de este producto en vacas lactantes; esto ocurre especialmente durante la etapa inicial de producción (primeros dos meses) cuando se presenta una demanda elevada de energía en vacas con alta producción de leche.

En los ejemplos de programas de alimentación incluidos en los Cuadros 7.45 a 7.51 se contempla la utilización de un concentrado único con niveles altos o moderados de harina de yuca, para usarlo como complemento al pastoreo o como complemento a los forrajes de animales en confinamiento (ensilaje, pasto de corte, heno, etc.).

También se presentan alternativas para la utilización de harina de yuca en suplementos para ganado en ceba intensiva o semi-intensiva.

En algunos casos se incluyen ejemplos de raciones con un compuesto no nitrogenado (urea) como fuente de proteína para rumiantes adultos. Es importante señalar que en la mayoría de las evaluaciones con rumiantes se ha utilizado urea para obtener la síntesis de la proteína, a nivel del rumen; ésto se logra siempre y cuando se obtenga una correcta sincronización entre la

Cuadro 7.45. Harina de yuca en programas de alimentación para terneras^a. Uso de niveles bajos del producto (10%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrimentos por ración ^b	
		Con T. soya	Con T. soya y T. 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
Nutrimentos			
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

a. Animales menores de 3 meses.

b. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

liberación de la energía proveniente de la yuca y la del nitrógeno proveniente de la urea.

Cuando se utilizan porcentajes altos de harina de yuca (en animales adultos) es importante adicionar cierta cantidad de melaza de caña¹ (20%), con el fin de mejorar las condiciones físicas de la ración (abundancia de polvo) y mejorar su palatabilidad y la de los forrajes que eventualmente se mezclan con la harina.

1. Melaza de caña de azúcar con las siguientes características: materia seca = 78%; digestibles totales (NDT) = 72% y energía digestible para ruminantes = 3.00 Mcal/kg.

Cuadro 7.46: Harina de yuca en programas de alimentación para terneras^a. Uso de niveles medios del producto (25%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^b	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		25.00	25.00
Sorgo		43.48	42.01
Aceite o grasa		3.71	4.15
Torta de soya		25.38	19.39
Torta de algodón		-	7.00
Fosfato bicálcico		1.30	1.29
Carbonato cálcico		0.53	0.56
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	(%)	3.70	4.11
Calcio	(%)	0.60	0.60
Fósforo disponible	(%)	0.42	0.42

a. Animales menores de 3 meses.

b. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.47: Harina de yuca en programas de alimentación para terneras^a. Uso de niveles máximos del producto (60%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^b	
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		60.36	59.17
Aceite o grasa		5.41	5.79
Torta de soya		32.16	25.94
Torta de algodón		-	7.00
Fosfato bicálcico		1.21	1.20
Carbonato cálcico		0.26	0.30
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	(%)	3.90	4.30
Calcio	(%)	0.60	0.60
Fósforo disponible	(%)	0.42	0.42

a. Animales menores de 3 meses.

b. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7-48. Harina de yuca en programas de alimentación para vacas en producción. Uso de niveles medios del producto (25%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a		
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y urea
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca		25.00	25.00	25.00
Sorgo		5.00	7.16	15.27
Melaza		20.00	20.00	20.00
Salvado de trigo		29.90	25.18	31.59
Torta de soya		19.00	6.52	4.88
Torta de algodón		-	15.00	-
Urea		-	-	2.00
Fosfato bicálcico		0.14	0.10	0.30
Carbonato cálcico		0.31	0.39	0.31
Sal yodada		0.45	0.45	0.45
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrientes				
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.10	3.10	3.10
Proteína	(%)	15.00	15.00	15.00
Fibra	(%)	5.74	6.22	5.56
NDT	(%)	75.17	74.64	74.22
Calcio	(%)	0.54	0.54	0.54
Fósforo disponible	(%)	0.38	0.38	0.38

a. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7-49. Harina de yuca en programas de alimentación para vacas en producción. Uso de niveles máximos del producto (45%-54%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^a		
		Con T. soya	Con T. soya y T. algodón	Con T. soya y urea
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca		45.15	49.76	54.30
Melaza		20.00	20.00	20.00
Salvado de trigo		8.26	-	10.00
Torta de soya ^a		25.54	14.31	12.50
Torta de algodón		-	15.00	-
Urea		-	-	2.00
Fosfato bicálcico		0.50	0.31	0.35
Carbonato cálcico		0.10	0.17	0.20
Sal yodada		0.45	0.45	0.45
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrientes				
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.17	3.19	3.15
Proteína	(%)	15.00	15.00	15.00
Fibra	(%)	4.01	4.22	4.05
NDT	(%)	77.50	77.49	76.50
Calcio	(%)	0.54	0.54	0.54
Fósforo total	(%)	0.38	0.38	0.38

a. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.50. Harina de yuca en programas de suplementación^a para ganado en ceba intensiva o semi-intensiva. Uso de niveles bajos del producto (20%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^b		
		Con T. soya	Con T. algodón	Con urea
Ingredientes (%)				
Harina de yuca		20.00	20.00	20.00
Sorgo		42.97	40.95	55.88
Melaza		20.00	20.00	20.00
Torta de soya		16.00	-	-
Torta de algodón		-	18.00	-
Urea		-	-	3.00
Fosfato bicálcico		0.15	0.14	0.20
Carbonato cálcico		0.28	0.31	0.32
Sal yodada		0.40	0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrientes				
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.30	3.25	3.23
Proteína	(%)	12.00	12.00	12.00
Calcio	(%)	0.40	0.40	0.40
Fósforo	(%)	0.35	0.35	0.35

a. Para utilizar como suplemento al pastoreo o a forrajes complementarios (ensilaje, heno, pasto de corte, etc.)

b. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Cuadro 7.51. Harina de yuca en programas de suplementación^a para ganado en ceba intensiva o semi-intensiva. Uso de niveles altos del producto (55%-75%).

Componentes		Contenidos de ingredientes y nutrientes por ración ^b		
		Con T. soya	Con T. algodón	Con urea
Ingredientes (%)				
Harina de yuca		57.94	55.92	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 cálcico		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	(%)	0.35	0.35	0.35

a. Formulas para utilizar como suplemento al pastoreo o a forrajes complementarios (ensilaje, heno, pasto de corte, etc.)

b. Las tortas (T.) de soya y de algodón constituyen las fuentes principales de proteína en cada ración.

Bibliografía

Aves

- Agudu, E. W. 1972. Preliminary investigation on some unusual feedstuffs as yolk pigmenters in Ghana. *Ghana J. Agric. Science* 5:33-38.
- . 1979. An evaluation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) as a dietary ingredient for chicks. Tesis Ph.D. College Park, University of Maryland. 81 p.
- Aguirre, M.; Shimada, A. y Avila, E. 1979. Metabolizable and net energy values of cassava meal for chicks. *Poultry Science* 58(3):694-698.
- Ali, Bin Syed Abu Bakar, S.; Yeong, S. W.; y Seet, C. P. 1976. Performance of layers fed high levels of broken rice and tapioca as a direct substitute for maize. *Mardi Research Bulletin* 3(1):63-70.
- Chou, K. C. y Muller, Z. 1972. Complete substitution of maize by tapioca in broiler rations. En: Australian Poultry Science Convention, Auckland, 1972. *Memorias*. World's Poultry Science Association, Nueva Zelanda. p. 149-160.
- Christensen, A. C.; Knight, A. D. y Rauscher, G. F. 1977. An evaluation of cassava root meal as an energy source for broiler chicks. *Turrialba* 27(2):147-149.
- De Carvalho, J. P.; Monteiro, E. de S. y Soares, L. M. 1969. Feijao macacar e raspa de mandioca em substituição ao farelo de trigo nas rações de frangos de corte. *Boletim tecnico no. 39*. Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco, Brasil. 14 p.
- Enriquez V., F.; Arteaga, F. C.; Avila, G. E. 1977. Harina de yuca (*Manihot esculenta*) en dietas para pollos de engorde y gallinas en postura. *Técnica Pecuaria en México* 32:53-57.
- ; Shimada, A. S. y Avila, G. E. 1977. Sustitución de maíz por una combinación de harina de yuca y pulido de arroz (yucarroz) en raciones para gallinas. *Técnica Pecuaria en México* 33:97-98.
- * Enriquez, F. Q. y Ross, E. 1967. The value of cassava root meal for chicks. *Poultry Sci.* 46:622-626.
- Eshiett, N. y Ademosun, A. A. 1980. Sundried root-meal in broiler diets. *Nutrition Reports International* 22(3):343-352.
- Falanghe, O. 1949. Substituição dos farelos de trigo por farelos de arroz e mandioca na alimentação de poedeiras. *Biologico* 15:35-38.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Gadelha, J. A.; Campos, J.; Mayrose, V. 1969. Ferelo de raspa de mandioca na alimentação de pintos. *Experientiae* 9(4):111-132.
- Gerpacio, A. L. 1979. The influence of cassava and sweet potato root meals on the availability of nutrients in mixed broiler rations and broiler performance. Technical bulletin 43. Asian and Pacific Council, Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan. 13 p.
- Hamid, K. y Jalaludin, S. 1972. Utilization of tapioca in rations for laying poultry. *Malaysian Agricultural Research* 1:48-53.
- Hoyos M., C. 1982. Comparación de dos niveles de harina de yuca provenientes de variedades con alto y bajo contenido de cianuro en dietas para pollos de engorde. Tesis Zoot. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. 125 p.
- Islabao, N. y Peixoto, R. R. 1971. Mandioca como sucedáneo do milho em ração inicial para frangos de corte. Boletim técnico 6. Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia, Departamento de Zootecnia, Pelotas, Brasil. 15 p.
- Job, T. A.; Oluyemi, J. A.; Awopeju, A. F. y Odeyemi, T. O. 1980. Optimal level of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour in the diet of the growing chick. *Zentralblatt fuer Veterinaermedizin Relhe A* 27(8):669-674.
- Khajarearn, J.; Khajarearn, S. y Bunsiddhi, D. 1979. The substitutional equation in replacing cassava meal for maize in broiler rations. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture, Cassava/nutrition project. Annual report 1979. Khon Kaen, Tailandia. p 57-63.
- Klein, W. y Barlowen, G. Von. 1954. Tapioka-mehl im aufzuchtfutter. (Cassava meal as a feedstuff). *Archiv fur Geflugelkunde* 18:415- 428.
- Longe, O. G. y Oluyemi, J. A. 1977. Comparative use of cassava, maize and guinea corn as the major dietary source of carbohydrates for chicks. *Journal of the Association for the Advancement of Agricultural Science in Africa* 4(2):47-62.
- Maniel, K. 1961. Wirkung von legemehlen mit unterschiedlichen Getreideanteilen und Ausgleich der fehlenden Energiemengen durch Maniokamehl. *Archiv fur Gellugelkunde* 26(6):373-382.
- Martin, F. S.; Reyna, S. P. y Villarroel, C. 1979. Ensayo preliminar de la utilización de la yuca (*Manihot esculenta*) en raciones para parrilleros. *Revista de Investigaciones Pecuarias* 4(1):62-64.
- McMillan, A. M. y Dudley, S. J. 1941. Potato meal, tapioca meal and town waste in chicken rations. *Herper Adams Utility Poultry Journal* 26(9):191-194.

- Mohan Kumar, O. R.; Sreemannarayana, O.; Kishan Rao, P. 1978. Utilization of tapioca meal by layer birds. *Poultry Guide* 15(10):33-34.
- Montilla, J.; Castillo, P. P.; Wiedenhofer, H. 1975. Efecto de la incorporación de harina de yuca amarga en raciones para pollos de engorde. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 25(3):259-266.
- Montilla S., J. de J.; Mendez, C. R.; Wiedenhofer, H. 1969. Utilización de la harina de tubérculo de yuca *Manihot esculenta*, en raciones iniciadoras para pollos de engorde. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 19(4):381-388.
- Muindi, P. J. y Hanssen, J. F. 1981. Nutritive value of cassava root meal enriched by *Trichoderma harzianum* for chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 32:647-654.
- * Muller, Z.; Chou, K. C. y Nash, K. C. 1974. Cassava as a total substitute for cereals in livestock and poultry rations. *World Animal Review* 12(1):19-24.
- Ng, B. S. y Hutagalung, R. I. 1974. Evaluation of agricultural products and by-products as animal feeds; 3: Influence of dehydrated poultry excreta supplementation in cassava diets on growth rate and feed utilization of chickens. *Malaysian Agricultural Research* 3:242-253.
- Oh Saw Yin y Jalaludin, S. 1972. The effect of feeding tapioca on growth rate of chicks. *Malayan Agricultural Research* 1:144-146.
- Olson, D. W.; Sunde, M. L.; Bird, H. R. 1969. Amino acid supplementation of mandioca meal chick diets. *Poultry Science* 48:1949-1953.
- * Palisse, M. y Barratou, J. 1973. Le manioc et les patates douces matières premières glucidiques pour le poulet de chain. En: Journées de recherches avicoles et cunicules, París, 1973. Institut Technique de l'Aviculture, París. p. 165-167.
- Peixoto, R. R. 1977. The economic replacement of maize by cassava root meal in starter, grower, developer and layer diets. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture, Cassava/nutrition project, Annual report 1975/76. Khon Kaen, Tailandia. p. 105-121.
- y Maier, J. C. 1975. Avaliação da farinha de mandioca como alimento energético para aves, quando o fator consumo é eliminado. *Revista de Sociedade Brasileira de Zootecnia* 3(1):70-79.
- Phalaraksh, K.; Khajareern, J. M.; Puvadolphirod, S. 1979. An evaluation of the replacing value of cassava root meal for maize, broken rice or sorghum in layer diets. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture Cassava/nutrition project, Annual report 1978. Khon Kaen, Tailandia. p. 105-121.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Phuah, C. H. y Hutagalung, R. I. 1980. Effects of zinc, iron and copper supplementation in cassava-based diets for broiler chickens. *Pertanika* 3(2):71-77.
- Pido, P. P.; Adeyanju, S. A. y Adegbola, A. A. 1979. The effect of graded levels of fermented cassava meal on broilers. *Poultry Science* 58(2):427-431.
- Qudratuliah, S. y Siddiqui, S. M. 1977. A study on the inclusion of tapioca flour in broiler rations. *Indian of Poultry Science* 12(3):56-59.
- Rendón, M.; Benítez, H.; Marín, O. 1969. Utilización de la yuca (*Manihot esculenta*) en el engorde de pollos asaderos. *Revista ICA (Colombia)* 4(3):159-171.
- Squibb, R. I. y Wyid, M K. 1951. Effect of cassava meal in baby chick rations. *Turrialba* 1(6):298-299.
- Soares, P. R. 1966. Mandioca e trigo na alimentação dos pintos. *Sítios e Fazendas* 32(11):40-41.
- Tejada de H., I. y Brambila, S. 1969. Investigaciones acerca del valor nutritivo de la yuca para el pollito. *Técnica Pecuaria en México* 12:13;5-11.
- Temperton, H. y Dudley, F. J. 1941. Tapioca meal as food for laying hens. *Harper Adams Utility Poultry Journal* 26(3):55-56.
- Thomas, W. G. 1977. Considerations for the use of cassava as the energy source in broiler rations fed in tropical and subtropical regions. Tesis Ph.D., University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana. 159 p.
- Torres, A. de P. 1946. A raspa de mandioca como sucedâneo dos farelos de trigo na alimentação de pintos. *Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz* 3:329-338.
- Udo, H.; Foulds, J.; y Tauo, A. 1980. Comparison of cassava and maize in commercially formulated poultry diets for Western Samon. *Alafua Agricultural Bulletin* 5(1):18-26.
- Valdivie, M. 1978. Producción avícola con algunos productos y subproductos nutritivos de climas cálidos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 12:1-16.
- Vogt, H. 1966. The use of tapioca meal in poultry rations. *World's Poultry Science Journal* 22(2):113-125.
- * ——— y Penner, W. 1963. Der Einsatz von Tapioca-und Maniokemehi im Geflugelmastfutter. *Arch. Geflugelkal* 27:431.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Yoshida, M. 1970. Bioassay procedure of energy sources for poultry feed and estimation of available energy of cassava meal. *Japan Agricultural Research Quarterly* 5(4):44-47.
- Wyllie, D. y Kinabo, A. 1980. Harina de yuca o de maíz para pollos de asar y el efecto de la suplementación con metionina y sulfato en dietas basadas en yuca. *Producción Animal Tropical* 5(2):198-207.

Porcinos

- Acuña, C. A. 1971. Eficiencia de la harina de yuca (*Manihot esculenta*) descortezada como sustituto parcial del maíz en el engorde de cerdos. *Oriente Agropecuario* 3(1):24-30.
- Aina, J. A.; Stratman, F. W. y Tompkins, W. A. 1968. The economics and performance of growing-finishing swine on maize or maize and cassava as a carbohydrate source. *Nigerian Agricultural Journal* 5(1):21-23.
- Alba, J. 1951. Ensayos de engorde de cerdos con raciones a base de maíz, yuca y bananas. *Turrialba* 1(4):176-184.
- Alcaid, E. 1927. Preliminary report of certain fattening feeds for hogs. *Philippine Agricultural Review* 20(3):295-309.
- Alvarez G., R. y Alvarado R., L. 1975. La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como fuente energética en la alimentación de los cerdos; 2: Sustitución del maíz por cuatro niveles de harina de yuca deshidratada en raciones para cerdos en crecimiento. *Revista Ganagrango* 10(40):42-45.
- Balogun, O. O. y Fetuga, B. L. 1981. Methionine requeriment of weanling Large White X Landrace pigs as determined by plasma urea concentration, nitrogen retention and some urinary nitrogenous components. *Journal of Nutrition* 111(6):1025-1032.
- Bron, O. C. 1976. A comparison of sago flour versus tapioca root meal with varying proportions of fish meal and soybean meal for growing/finishing pigs. *Malaysian Agricultural Journal* 50(4):427-434.
- Cavalli, R. 1931. L'ingrassamento economico dei maiali; prove pratiche eseguite con l'impiego di mangimi meno usati. *Revista di Zootecnia* 8:277-293.
- * Chicco, C. F.; Gabarti, S. T.; Muller-Haye, B. y Vecchionacce, H. I. 1972. La harina de yuca en el engorde de cerdos. *Rev. Agron. Trop. (Venezuela)* 22(6):599-603.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Chou, K. C.; Nah, K. C.; Muller, Z. 1973. Replacement of maize by high level of tapioca meal in rations for growing and finishing pigs. *Kajian Veterinaire (Malaysia-Singapur)* 5(1):3-10.
- Da Costa, B. M.; Lima, J. O. de A. y Gramacho, D. D. 1975. Substituição do milho moído por farinha de raspa de mandioca na alimentação de suínos em período de crescimento e engorda. En: Projeto Mandioca, Convenio UF. Ba./Brascan Nordeste. Série Pesquisa, vol. 2 no. 1. Cruz das Almas, Brasil. p. 145-157.
- Fratureur, J. L. 1913. Etude sur l'emploi du manioc dans l'engraissement du porc. En: Ministère de l'Agriculture et des Travaux Publics. Rapports et Communications Rurales. Bruselas, Belgium.
- Fullerton, J. 1929. Tapioca meal as food for pigs. *Journal of the Ministry of Agriculture (England)* 36(2):130-136.
- Gómez, G. 1979. Cassava as a swine feed. *World Animal Review* 29:13-20.
- ; Camacho, C. y Maner, J. H. 1977. Utilization of cassava-based diets in swine feeding. En: Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4o., Cali, Colombia, 1976. Memorias. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 262-260.
- * ———; Santos, J. y Valdivieso, M. 1981. Utilización de la yuca en alimentación porcina. En: VII curso intensivo adiestramiento posgrado en investigación para la producción de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 31 p.
- Gutiérrez, N. 1974. La yuca en la alimentación de cerdos: Análisis económicos de dos experimentos. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 14 p.
- Henke, L. A. 1923. Feeding test with hogs. *Hawaii University Quarterly Bulletin* 2:29-40.
- Hew, V. F. y Hutagalung, R. I. 1977. Utilization of cassava as a carbohydrate source for pigs. En: Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4o., Cali, Colombia, 1976. Memorias. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 242-246.
- y ———. 1972. The utilization of tapioca root meal (*Manihot utilissima*) in swine feeding. *Malaysian Agricultural Research* 1:124-130.
- Howie, G. W. 1930. Two experiments on tapioca meal as food for pigs. *Journal of Ministry of Agriculture (Londres)* 37:885-890.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Khajareern, S. 1977. The economic replacement of maize by cassava root meal in swine rations. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture, cassava/nutrition project. Annual report 1975/76. Khon Kaen, Tailandia. p. 140-159.
- Kitpanit, N. 1977. The economic substitution of cassava root meal for the conventional energy feedstuffs in swine rations. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture, cassava/nutrition project. Annual report 1975/76. Khon Kaen, Tailandia. p. 160-172.
- ; Khajareern, J. M. y Vibulchai, A. 1979. Biological titration of Thai cassava root products of various quality grades, trial 2. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture, cassava/nutrition project. Annual report 1978. Khon Kaen, Tailandia. p. 112-122.
- ; Vibulchai, A.; Intawong, B. 1978. The substitution of maize by cassava root meal in swine ration. En: Khon Kaen University. Faculty of Agriculture, cassava/nutrition project. Annual report 1977. Khon Kaen, Tailandia. p. 97-108.
- Kok, E. A. y Ribeiro, G. 1942. O farélo de raspa de mandioca em comparação com a quirera de milho na alimentação dos suínos. Boletim de Industria Animal 5(4):86-124.
- Le Dividich, J. y Canope, I. 1974. Valeur alimentaire de la farine de banano et du manioc dans le régime du porcelet sevré à 54 semaines: Influence du taux de protéines de la ration. Annales de Zootechnie 23(2):161-169.
- Maciel, E. 1958. Contribuição ao estudo da mandioca na alimentação dos animais; valor comparativo da raiz e farinha de mandioca como alimentos para porcos em crescimento e engorda. Dipan 11(119/120):23-40.
- Maust, L. E.; Pond, W. G. y Scott, M. L. 1972. Energy value of cassava-rice bran diet with and without supplemental zinc for growing pigs. Journal of Animal Science 35(5):953-957.
- Mejía C., T. R. 1960. Valor comparativo entre la yuca y el maíz en la alimentación de cerdos. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía (Medellín, Colombia) 22(55):95-113.
- Modebe, A. N. A. 1963. Preliminary trial on the value of dried cassava *Manihot utilissima* Pohl, for pig feeding. West African Science Association Journal 17:127-133.
- Onaghise, G. I. U. y Bowland, J. P. 1977. Influence of dietary faba beans and cassava of performance, energy and nitrogen digestibility and thyroid activity of growing pigs. Canadian Journal of Animal Science 57:159-167.
- Peixoto, R. R. 1967. Farélo de milho e de mandioca em suínos. Revista Fir. 9(6):40-47.

- Petrzik, J. 1981. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz), a tropical crop with promising future. *Agricultura Tropica et Subtropica* 14:147-158.
- * Zausch, M.; Draunschke, M. y Lauterbach, A. 1968. Digestibility and use of cassava meal for swine. *J. Tierernahrung. Fütterung* 6:256-260.

Rumiantes

- Alquier, J. 1927. Valeurs nutritives comparées, pour les bovins, des gros sons de blé, des issues roses de riz et de la mouture de manioc. *Bulletin de la Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire et d'Alimentation Rationnelle de l'Home* 15:294-314.
- Anais, N. 1945. Le manioc dans l'alimentation du bétail. *Revue Agricole (Guadalupe)* 2:20-22.
- Athanassof, N. 1939. Bibliographia agricola; 1: Alimentação das vacas leiteiras; 2: As raspa de mandioca. *Boletim de Agricultura* 40:622-630.
- Castro, M. E. D. y Da Silva, J. F. C. 1975a. Substituição do milho desintegrado com palha e sabugo pela raspa de mandioca integral; 1: Valor nutritivo. *Experientiae* 20(7):184-203.
- y —. 1975b. Substituição do milho desintegrado com palha e sabugo pela raspa de mandioca integral em rações para rumiantes; 2: Confinamento de bovinos. *Experientiae* 20(7):204-216.
- Devendra, C. y Lee Kok Cho. 1976. Studies on Kedah-Kelanian cattle; 2: The effect of feeding increasing levels of tapioca (*Manihot esculenta* Pohl) on growth. *Mardi Research Bulletin* 4(1):80-89.
- French, M. H. 1938. The nutritive value of cassava roots. En: Tanganyika Tanzania, Department of Veterinary Science. Annual report 1937. Tanganica. p. 81-82.
- Furnemont, A. 1976. Alimentation artificielle des veaux (type économiseur de lait). *Bulletin Agricole du Rwanda* 9(3):163-170.
- García, J. A.; Campos, J. y Peres, F. L. 1970. Melaco/uréia x raspa de mandioca/uréia na engorda de bovinos em confinamento. *Seiva* 30(7):9-22.
- González, A. de J. 1933. Cultivo y utilización de la yuca como alimento del ganado. *Revista de Agricultura, Comercio y Trabajo (Cuba)* 14(10):98-103.
- Gouin, R. 1936. L'utilisation du manioc dans l'allaitement artificiel des veaux. *Journal d'Agriculture Pratique* 66:281-283.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Hew, V. F. y Hutagalung, R. I. 1977. Aflatoxicosis in swine feeding. *Mardi Research Bulletin* 5(2):122-128.
- Hutanuwatr, N. y Sornsoongnern, N. 1977. The utilization of cassava root meal as energy source for finishing beef cattle. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture, cassava/nutrition project. Annual report 1975/76. Khon Kaen, Tailandia. p. 173-181.
- Iriki, T.; Shibui, H. y Abe, M. 1977. Effects of supplemental fish meal and corn gluten meal in a diet containing urea and cassava on the growth and the nitrogen retention of steers. *Japanese Journal of Zootechnical Science* 48(12):748-756.
- Leboute, E. M.; Roffler, R. E.; Bohrer, J. L. 1975. Influência do consumo de proteína e energia digestíveis na manutenção do equilíbrio nitrogenado em ruminantes. *Revista da Faculdade de Agronomia e Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul* 1(1):53-70.
- Lucas, J. E. 1915. Expérience sur l'emploi de la farine de manioc dans l'alimentation de vaches laitières faite à la ferme agronomique de Gournay-sur-Marne. *Bulletin Economique de Madagascar* 15:67-71.
- Malleve, M. 1914. Expérience sur l'emploi de la farine de manioc dans l'alimentation des vaches laitières. *Bulletin des Séances de la Société Nationale d'Agriculture de France* 74:638-644.
- Mathur, M. L.; Sampath, S. R. y Ghosh, S. N. 1969. Studies on tapioca: Effect of 50 and 100 per cent replacement of oats by tapioca in the concentrate mixture of dairy cows. *Indian Journal of Dairy Science* 22:193-199.
- Mellado, M.; Daniels, L. B.; Alba, J. 1979. Yuca y soya como complemento de raciones basadas en caña de azúcar y urea. En: Reunión latinoamericana de producción animal, 7a., Panamá, 1979. Programa y compendios. Asociación Panameña de Producción Animal, Panamá. p. R-31.
- Peixoto, R. R. 1974. Utilização de farinha de mandioca em rações e considerações econômicas sobre o desaleitamento precoce de terneiros holandeses. *Indicação da Pesquisa* 2. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. 3 p.
- Rajaguru, A. S. B.; Ravindran, V. y Dias, E. A. 1978. Utilization of cassava meal (*Manihot esculenta* Crantz) in swine feeding. *Journal of the National Science Council of Sri Lanka* 6(2):95-102.
- Ravelo, G.; Bordas, F. y Hovell, F. D. de B. 1978. El flujo de almidón en el abomaso de animales alimentados con caña de azúcar suplementada con afrecho de trigo o raíz seca de yuca. *Producción Animal Tropical* 3(3):259-266.

- Santana, J. C. R. 1976. Raspa de mandioca processada pelo calor seco (torragem) na alimentação de suínos. Tesis M. S. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, M. G. Brasil. 57 p.
- Shimada, A. S.; Peraza, C.; Cabello, F. T. 1971. Valor alimenticio de la harina de yuca *Manihot utilissima* Pohl, para cerdos. Técnica Pecuaria en México (15-16):31-35.
- Shultz, T. A.; Shultz, E. y Chicco, C. F. 1972. Pressure cooked urea-cassava meal for lambs, consuming low quality hay. Journal of Animal Science 35(4):865-870.
- Silvestre, R.; Macleod, N. A. y Preston, T. R. 1977. Efecto de la harina de carne, raíz secada de yuca y aceite de maní en dietas basadas en caña de azúcar/urea o miel/urea. Producción Animal Tropical 2:154-160.
- Teixeira, L. B. 1975. Uréia, estilosantes e raspa de mandioca como suplemento do capim-elefante para bovinos em confinamento. Tesis Mag. Sc. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, M. G. Brasil. 34 p.
- Teleni, E. 1972. Pig feeding studies 1968-1972. Fiji Agricultural Journal 34:81-83.
- Tillon, J. P. 1978. L'utilisation du manioc dans l'alimentation des porcs; le point de vue du pathologiste. Eleveur de Porcs (97):35-37.
- Torres, J. R. 1958. Associação da raspa de mandioca e milho desintegrado no crescimento-engorda de suínos. Revista Ceres 10(59):392-401.
- Valdivieso C., A. 1958. Uso del maíz y la harina de yuca en mezclas simples para criar terneras de lechería. Turrialba 8(4):148-152.
- Veramendi R., E. 1978. Sustitución del maíz por harina de yuca en acabado de cerdos en Jenaro Herrera. Tesis Ing. Zot. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Departamento de Ciencias Pecuarias, Tingo María, Perú. 46 p.
- Woodman, H. E.; Menzies Kitchin, A. W. y Evans, R. E. 1931. The value of tapioca flour and sago pith meal in nutrition of swine. Journal Agricultural Science 21(3):526-546.
- Wyllie, D. y Lekule, F. P. 1980. Cassava and molasses for fattening pigs under village conditions in Tanzania. Tropical Agriculture 57(3):267-276.

Capítulo 8

Yuca Fresca en la Alimentación Animal

La utilización directa de las raíces es el sistema más elemental y económico entre las diferentes posibilidades que ofrece la yuca como alimento para animales. En este caso los costos disminuyen considerablemente, ya que el procesamiento se limita al picado de la raíz en fragmentos o trozos pequeños, para suministrarla a los animales sea mezclada con un suplemento nutricional o aparte de él.

La composición de la yuca fresca que se va a utilizar directamente en la alimentación animal no debe ser muy diferente de la composición normal indicada en el Capítulo 2, a pesar de que su calidad puede variar por diferentes causas. Las principales variaciones se deben a la cosecha inoportuna; mientras las raíces jóvenes presentan mayor contenido de humedad (menos energía), las más viejas presentan mayor contenido de fibra, además de un cambio en su humedad. Naturalmente la variedad de la yuca, el suelo, el clima, la fertilización y las condiciones del cultivo tienen influencia sobre la composición y el valor nutritivo de la raíz.

Los sistemas de cosecha y de procesamiento también pueden influir hasta cierto grado en la calidad nutricional de la raíz fresca. Así, cuando todo el proceso de la cosecha se realiza manualmente y las raíces se lavan para eliminarles una mayor cantidad de tierra y basura, se tiene un producto de mejor calidad; las cosechadoras mecánicas, por el contrario, pueden incorporar a las raíces una cantidad considerable de tierra y de productos de desecho que alteran su calidad final.

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

Consideraciones Generales para Elaborar Programas de Alimentación a base de Raíces Frescas de Yuca

Cuando se usan las raíces frescas como alimento para animales, el suministro se debe efectuar cada día, lo cual implica la necesidad de controlar en forma permanente tanto el consumo de la yuca como el del suplemento nutricional que se utilice. Estas precauciones se deben tener en cuenta especialmente en explotaciones de gran volumen, ya que tanto los requerimientos de mano de obra como la fluidez en el reparto del alimento difieren de los correspondientes a los sistemas de producción a base de alimentos concentrados secos.

Otro aspecto importante en cuanto al uso de la yuca fresca en la alimentación animal es el que tiene que ver con sus niveles de humedad y energía, y con la necesidad de condicionar su uso a la especie animal y su fase de producción. Así, la yuca fresca no se puede incluir en sistemas eficientes de alimentación comercial para aves, debido a su elevado contenido de humedad; ella ofrece mayores posibilidades para la alimentación de cerdos, a pesar de que esta especie, por ser monogástrica, también tiene limitaciones para aprovechar eficientemente raciones que tengan alta humedad y poca energía.

Las precauciones más elementales para el uso de la yuca en la alimentación de cerdos consisten en suministrársela teniendo en cuenta la edad del animal, y haciendo una suplementación adecuada. No se recomienda utilizar yuca fresca para lechones antes de que hayan alcanzado un peso de 18 a 20 kg, y al usarla para otras fases de producción se debe suplementar con proteínas, energía, vitaminas y minerales. En el caso de cerdas en lactancia hay que tener cuidado, pues se pueden presentar problemas de manejo debidos especialmente a la presencia de los lechones en

el corral, donde es difícil evitar que consuman la yuca ofrecida a la hembra.

Las especies rumiantes no ofrecen mayores limitaciones para los programas de alimentación a base de yuca fresca como componente principal de la dieta, ni en programas de alimentación integrados con pastoreo o con otro tipo de forrajes. Sin embargo, deben tenerse presentes las limitaciones propias para terneros lactantes (ver Capítulo 5).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, en el presente capítulo se analizarán los programas de alimentación que ofrecen mejores alternativas para el uso de raíces frescas, o sea, para planes comerciales de producción de cerdos y rumiantes.

En el caso de los cerdos se consideran dos sistemas diferentes para el suministro de la yuca fresca: a) mezclada con la cantidad de nutrimentos adicionales necesarios (suplemento) para constituir un alimento único, y b) ofrecerla en forma separada del suplemento nutricional.

En cuanto a las raciones para rumiantes se presentan mezclas completas (yuca + suplemento) para suministrarlas al animal como una ración única o como complemento de forrajes convencionales (ensilajes, pasto de corte, heno).

Suministro de la yuca fresca en mezcla con el suplemento

Este sistema exige la preparación previa de la ración balanceada, para lo cual se mezclan cantidades exactas de la raíz fresca y de los otros elementos. Es necesario preparar el volumen preciso requerido para cada día, con el fin de evitar sobrantes que puedan desperdiciarse. El alimento mezclado se puede ofrecer al animal una o varias veces durante el día, de acuerdo con el sistema de alimentación y con la capacidad del comedero o canoa que se utilice.

En el caso de raciones para cerdos es recomendable que los ingredientes suplementarios tengan un bajo nivel de humedad y de fibra, con el fin de evitar que la energía de la mezcla con yuca fresca se diluya aún más. Ingredientes con alta concentración de

proteína (harinas de pescado, carne y sangre o tortas de soya, algodón y ajonjolí), ofrecen la mejor alternativa para balancear raciones con destino a monogástricos.

Cuando se trata de alimentación para rumiantes, las observaciones con respecto a la concentración de energía total de la ración tienen menos importancia, siempre y cuando haya un mayor consumo de la ración total, capaz de compensar la menor concentración de energía. Por lo tanto, en la ración para rumiantes se pueden incluir, además de las raíces de yuca, productos complementarios con alta cantidad de humedad y/o fibra (i.e. leguminosas y gramíneas frescas, henificadas o ensiladas).

Suministro de la yuca fresca y el suplemento en forma separada

En este sistema de alimentación normalmente se suministra la yuca fresca en un comedero diferente al de la mezcla suplementaria. La cantidad de yuca que se va a suministrar diariamente debe calcularse con precisión para evitar el desperdicio por sobrantes. La mezcla suplementaria se puede suministrar en cantidades controladas diariamente de acuerdo con los requerimientos del animal, o se puede ofrecer a voluntad; este último sistema tiene el inconveniente de que puede dar lugar a un consumo exagerado de suplemento, con el consiguiente desequilibrio nutricional y el mayor costo del programa de alimentación a causa del valor más alto que generalmente tiene el suplemento.

Teniendo en cuenta la precisión en el suministro diario de los nutrimentos y el menor desperdicio por sobrantes (de yuca y de la mezcla suplementaria), el sistema más recomendable consiste en ofrecer al animal cantidades controladas de los dos componentes de la dieta, de acuerdo con la escala de sus requerimientos diarios. La información que se presenta a continuación se basa principalmente en este sistema de alimentación, aunque también se incluyen ejemplos de planes de alimentación adaptados a los otros sistemas mencionados.

Composición de las mezclas suplementarias para porcinos y bovinos según sus requerimientos nutricionales

Las raíces de yuca presentan deficiencias en varios nutrimentos, principalmente en proteínas, vitaminas y minerales. Estos nutrimentos se deben adicionar a la ración del animal, y para ello se recomienda elaborar una sola mezcla de materias primas capaces de complementar con la mayor precisión posible las limitaciones mencionadas; tales materias primas deben estar disponibles y ser económicas.

Existen diferentes alternativas para la preparación de suplementos nutricionales, entre las cuales el productor puede seleccionar la más conveniente para sus propias condiciones, teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores.

La consideración inicial para la correcta elaboración de un suplemento nutricional se basa en los requerimientos de la especie animal respectiva. Como se trata de suplir las deficiencias de proteína, vitaminas y minerales, la necesidad diaria de cada uno de estos nutrimentos debe constituir el punto de partida; luego se debe calcular la cantidad de ellos que el animal puede obtener de la yuca, e incluir la diferencia en la mezcla suplementaria.

En los Cuadros 8.1, 8.2 y 8.3 se resumen los requerimientos nutricionales diarios de proteína y minerales mayores que tienen los cerdos y los bovinos en las fases de producción en las cuales se recomienda el uso de raíces frescas de yuca. A partir de estas cifras se han elaborado varios ejemplos de suplementos nutricionales capaces de cubrir las deficiencias de la raíz fresca.

En los cuadros del Anexo 2 se puede consultar información complementaria sobre los requerimientos diarios de minerales menores y vitaminas.

Programas de Alimentación para Cerdos, con Raíces Frescas de Yuca

En los programas de alimentación para cerdos la yuca se puede suministrar mezclada con el suplemento nutricional, o en forma

Cuadro 8.1. Los requerimientos diarios de proteína, aminoácidos y minerales mayores en los cerdos, como una base para el cálculo de la composición de los suplementos nutricionales para esta especie.

Etapa de producción y peso	Proteína total (g)	Metionina + cistina (g)	Lisina (g)	Calcio total (g)	Fósforo disponible (g)
Crecimiento y acabado (kg)					
20	220	6.2	9.8	8.0	6.2
30	240	6.8	10.5	9.0	7.5
40	260	7.4	11.4	10.0	8.7
50	280	8.0	12.2	11.0	9.0
60	300	8.5	13.5	12.0	9.7
70	330	8.7	14.7	13.0	10.5
80	360	8.9	15.9	14.0	11.3
90	390	9.0	17.1	15.0	12.0
100	420	9.1	18.6	15.5	12.4
Gestación	216	4.1	7.7	13.5	10.8
Lactancia* A	618	17.1	27.6	35.6	23.8
B	520	14.4	23.2	30.0	20.0

a. Se consideran dos alternativas para la lactancia; A = cuando las raciones aportan más de 15 Mcal de energía digestible por día; B = cuando las raciones aportan menos de 15 Mcal de energía digestible por día.

separada. Sin embargo, el suministro del suplemento a voluntad conduce invariablemente a un sobreconsumo de proteína, minerales y vitaminas que encarece y hace ineficiente el programa de alimentación.

Los programas que más se ajustan a los requerimientos nutricionales del cerdo y a los costos mínimos de producción se basan en el suministro del suplemento nutricional en forma controlada diariamente, de acuerdo con la edad y el peso de los animales.

Uso de suplementos con alto contenido de proteína

Existen suplementos nutricionales con alto contenido de proteína y suplementos con bajo contenido de ese nutrimento.

Cuadro 8.2. Los requerimientos diarios de energía digestible (E. dig.), nutrientes digestibles totales (NDT), proteína y minerales mayores en ganado de leche, como una base para calcular la composición de los suplementos nutricionales para la especie.

Etapa de producción y peso	Producción de leche (kg/día)	Requerimientos				
		E. dig. (Mcal)	NDT (kg)	Proteína total (kg)	Calcio total (g)	Fósforo total (g)
Vacas de lactancia						
400 - 600 kg	10	30.3	6.90	1.30	46	33
	10-15	33.6	7.65	1.47	50	37
	15-20	40.2	9.15	1.91	64	46
	20	45.1	10.24	2.17	72	51
600-800 kg	10	34.7	7.90	1.41	51	37
	10-15	38.3	8.70	1.58	57	41
	15-20	45.4	10.33	2.02	70	50
	20	49.9	11.35	2.28	78	55
Novillas y toretes en crecimiento (levante)						
100 kg		9.2	2.10	0.36	16	10
200 kg		14.1	3.20	0.58	20	13
300 kg		18.9	4.30	0.75	23	17
400 kg		18.0	4.10	0.70	21	16

Cuadro 8.3. Los requerimientos diarios de energía digestible (E. dig.), nutrientes digestibles totales (NDT), proteína y minerales mayores en ganado de carne, como una base para calcular la composición de los suplementos nutricionales para la especie.

Etapa de producción y peso	Aumento de peso (kg/día)	Requerimientos				
		E. dig. (Mcal)	NDT (kg)	Proteína total (g)	Calcio total (g)	Fósforo total (g)
Novillos en levante						
200 kg	0.6	14.9	3.4	550	17	15
	0.7	15.8	3.6	610	18	16
300 kg	0.8	20.2	4.6	700	20	18
	1.0	24.2	5.5	800	24	21
Novillos en ceba						
350 kg	0.8	25.1	5.7	790	19	17
	0.9	25.9	5.9	810	20	18
450 kg	0.8	25.5	5.8	800	19	17
	1.0	34.3	7.8	950	22	21

La primera alternativa para la alimentación de cerdos consiste en escoger un suplemento que tenga un nivel de proteína alto (más de 40%), con el fin de usarlo en pequeñas cantidades y obtener así un mayor consumo de raíces de yuca. En el Cuadro 8.4 se presentan cuatro posibilidades para la composición de los suplementos de este tipo, las cuales servirán para ilustrar los programas de alimentación para cerdos.

Para establecer la composición de estos suplementos se han tomado como referencia los niveles de nutrimentos indicados en el Cuadro 7.10 (Capítulo 7). También se han tenido en cuenta los niveles de seguridad recomendados para el uso de la torta de algodón y la harina de pescado en los suplementos que llevan estos ingredientes.

Existe un buen número de posibilidades para elaborar suplementos nutricionalmente equivalentes a los presentados en

Cuadro 8.4. Suplementos nutricionales con un contenido de proteína alto^a a base de torta de soya (TS), torta de algodón (TA) y harina de pescado (HP), para cerdos.

Ingredientes y nutrimentos	Proporción según suplemento (%)			
	TS	TS y TA	TS y HP	TS, TA y HP
Ingredientes				
Torta de soya	87.20	67.60	48.10	28.70
Torta de algodón	–	22.00	–	22.00
Harina de pescado	–	–	25.00	25.00
Fosfato bicálcico	5.80	5.80	2.50	2.50
Carbonato de calcio	2.00	2.00	0.40	0.40
Sal	1.50	1.50	1.50	1.50
Premezcla				
vitaminas-minerales	1.00	1.00	1.00	1.00
DL - metionina	0.20	0.11	0.07	–
Sorgo o maíz	2.30	–	21.50	18.90
Nutrimentos calculados				
Proteína total	40.00	40.00	40.00	40.00
Metionina + cistina	1.38	1.38	1.38	1.38
Lisina	2.53	2.18	2.66	2.33
Calcio total	1.79	1.79	1.80	1.80
Fósforo disponible	1.22	1.22	1.22	1.23

a. Suplementos con 40% de proteína.

el Cuadro 8.4, mediante la utilización de otras materias primas o de combinaciones diferentes en las mezclas. Lo más importante al calcular estas fórmulas es considerar niveles que no ofrezcan peligros potenciales (i.e. torta de algodón) y que se ajusten a las concentraciones recomendadas para los nutrimentos (Cuadro 8.1).

Uso de suplementos con bajo contenido de proteína

Una segunda alternativa en cuanto al uso de suplementos nutricionales consiste en escoger uno que incluya una fuente concentrada de energía (granos, grasa, aceite, etc.) para complementar la que se obtiene de la raíz. Naturalmente los porcentajes de proteína, vitaminas y minerales se encuentran diluidos en este tipo de suplemento, lo cual conduce a un mayor uso del mismo y a un menor consumo de yuca. Ejemplos de esta modalidad de suplementos se presentan en el Cuadro 8.5.

Cuadro 8.5. Suplementos nutricionales con un contenido bajo^a de proteína para cerdos, elaborados a base de torta de soya (TS), torta de algodón (TA) y harina de pescado (HP).

Ingredientes y nutrimentos	Proporción según suplemento (%)			
	TS	TS y TA	TS y HP	TS, TA y HP
Ingredientes				
Torta de soya	46.00	32.80	22.50	9.20
Torta de algodón	-	15.00	-	15.00
Harina de pescado	-	-	15.00	15.00
Fosfato bicálcico	3.50	3.50	1.50	1.50
Carbonato de calcio	1.00	1.00	0.20	0.20
Sal	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezcla				
vitaminas - minerales	0.60	0.60	0.60	0.60
DL - metionina	0.13	0.10	0.02	-
Sorgo o maíz	47.80	46.00	59.20	57.50
Nutrimentos calculados				
Proteína total	25.00	25.00	25.00	25.00
Metionina + cistina	0.89	0.89	0.89	0.89
Lisina	1.43	1.31	1.52	1.37
Calcio total	1.14	1.13	1.11	1.10
Fósforo disponible	0.90	0.90	0.88	0.87

a. Suplementos con 25% de proteína.

Cantidades requeridas de yuca

La yuca fresca de variedades dulces se puede suministrar a los cerdos para su consumo a voluntad, o puede ofrecérselos en cantidades controladas para evitar el desperdicio; sin embargo, no se debe restringir el consumo. Cada día se debe ofrecer a los animales la cantidad correspondiente en forma fresca y picada; para calcular las cantidades requeridas diariamente se puede considerar como guía el consumo óptimo determinado para la etapa de producción o peso del animal, si bien en la práctica el consumo real es inferior a ese óptimo.

Cuando los cerdos tienen menos de 50 kg de peso consumen poca yuca fresca (2-3 kg), pero luego, durante las etapas finales de engorde, aumentan el consumo hasta 5-6 kg. Sin embargo, aún con esa cantidad de yuca el cerdo no alcanza a ingerir el nivel de energía que requiere para obtener un rendimiento máximo; el animal trata entonces de compensar ese déficit consumiendo mayor cantidad de suplemento nutricional (en el caso de que éste se suministre a voluntad).

Los consumos de yuca fresca (35% de materia seca) y de suplemento nutricional que serían teóricamente necesarios para satisfacer las necesidades de energía y proteína del animal se representan en la Figura 8.1. Se puede observar que para obtener un correcto balance energía:proteína el animal debería consumir hasta 8 kg de yuca fresca. Sin embargo, en condiciones prácticas, sólo se consiguen consumos máximos de 5-6 kg, debido entre otras causas a la limitación física del tracto digestivo del cerdo, y a la posibilidad de que el contenido de ácido cianhídrico de la yuca, aunque sea pequeño, pueda ejercer un efecto negativo sobre el consumo de la misma.

Como resultado de los consumos de yuca inferiores a los requerimientos, la ración total del cerdo siempre muestra una deficiencia en la energía y en la relación energía:proteína. Teniendo presente este hecho, es recomendable usar niveles de proteína ligeramente inferiores a los requeridos normalmente cuando se suministran los suplementos nutricionales en cantidades controladas; así se permite un mejor balance energía:proteína y se pueden disminuir los costos de alimentación.

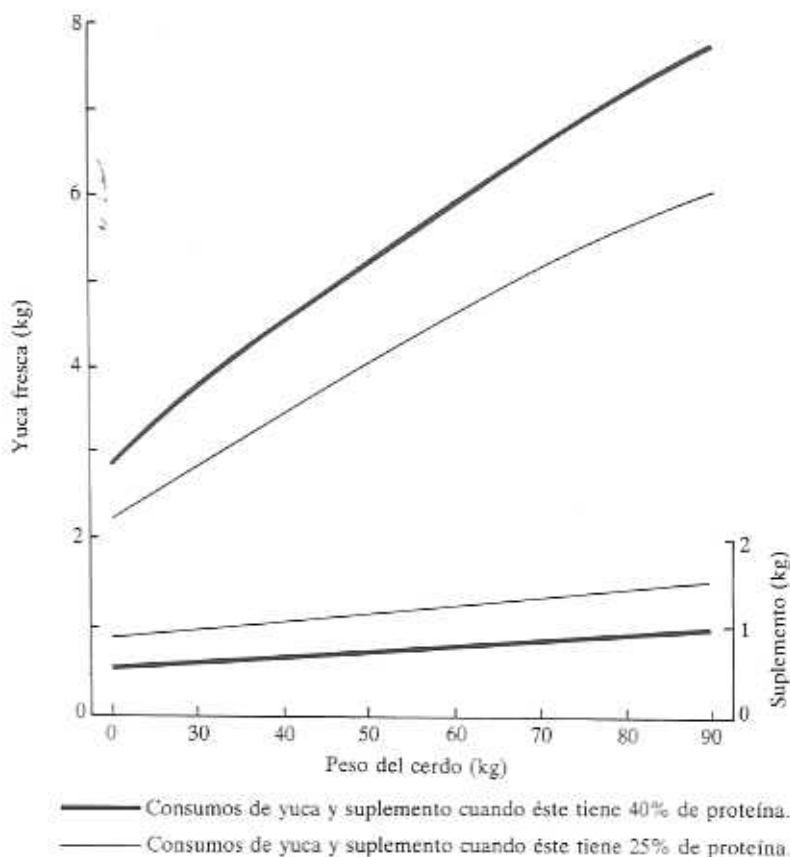


Figura 8.1. Consumos diarios de yuca fresca y de suplemento (con 40% y 25% de proteína) necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de cerdos en crecimiento y acabado.

Programas de alimentación con yuca fresca para cerdos en crecimiento y acabado

En todos los programas de alimentación que se proponen para estas fases de producción se supone un suministro de yuca fresca a voluntad. Para el suministro del suplemento se consideran las siguientes alternativas: a) usar suplementos con un contenido alto de proteína para consumo a voluntad, o para consumo restringido; b) usar suplementos con un contenido bajo de proteína, también para consumo a voluntad o para consumo restringido. En todos los casos la yuca se debe suministrar picada y fresca cada día.

En el Cuadro 8.6 se presentan los consumos ideales de yuca fresca y los requerimientos de suplemento para los cerdos en crecimiento y acabado, de acuerdo con el peso del animal y con el contenido (alto o bajo) de proteína en el suplemento.

Raciones con suplemento de alta proteína. Para preparar estas raciones se recomienda un suplemento de los incluidos en el Cuadro 8.4, los cuales tienen un contenido alto (más de 40%) de proteína.

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 se debe suministrar en otros comederos, también al alcance de todos los animales; para evitar desperdicios, las cantidades que se coloquen cada día se deben calcular de acuerdo con los consumos ideales para alta proteína (Cuadro 8.6), aunque el consumo real es aproximadamente 20% a 30% inferior a las cantidades indicadas.

Si el suplemento se va a usar en forma restringida se puede mezclar con la yuca fresca o se puede ofrecer en comedero aparte,

Cuadro 8.6. Consumos óptimos^a de yuca fresca y cantidad de suplemento requerida en la alimentación de cerdos en crecimiento y acabado, según sean el contenido (alto o bajo) de proteína, y el peso del animal.

Peso del animal (kg)	Consumos y requerimientos (kg)			
	Con supl. alta proteína		Con supl. baja proteína	
	Yuca fresca	Suplemento	Yuca fresca	Suplemento
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. En condiciones prácticas el consumo real de yuca fresca es aproximadamente 20%-30% inferior a la cantidad requerida.

teniendo en cuenta las cantidades indicadas en la parte correspondiente del Cuadro 8.6. Sin embargo, en esta modalidad las cantidades reales de consumo también son inferiores a las ideales, en 20% a 30% aproximadamente.

Raciones con suplemento de baja proteína. Igual que en los programas de alimentación con suplementos de alta proteína, en el presente caso (baja proteína) la yuca se debe suministrar fresca todos los días a los animales, en comedero diferente del usado para el suplemento si éste es para consumo a voluntad. Cuando el suplemento es para consumo restringido, se puede mezclar con la yuca o se puede ofrecer en forma separada.

Como suplemento de baja proteína (25%) se puede escoger uno de los que presenta el Cuadro 8.5, y usarlo de acuerdo con las indicaciones del Cuadro 8.6. En este mismo cuadro se indican las cantidades ideales para el consumo de yuca a voluntad, como una guía para calcular las cantidades que se deben ofrecer a los animales sin que haya demasiado desperdicio del producto. En la práctica, el consumo de yuca en este caso también es inferior al ideal en un 20% a 30% aproximadamente.

Programas de alimentación con yuca fresca para cerdas en lactancia

Los programas de alimentación para esta fase de producción porcina también se basan en el consumo de yuca fresca a voluntad y las siguientes alternativas para el uso de los suplementos: a) con alto contenido de proteína (40%), para consumo a voluntad y para consumo restringido; b) con bajo contenido de proteína (25%) para consumo a voluntad y para consumo restringido.

Raciones con suplemento de alta proteína. La yuca para las cerdas en lactancia se debe suministrar diariamente, en un comedero para cada animal; la cantidad ideal de consumo en este caso es de 11 a 12 kg diarios, pero en la práctica el consumo resulta aproximadamente 30% a 40% más bajo.

El suplemento nutricional (Cuadro 8.4) se debe suministrar en un comedero diferente del de la yuca cuando el consumo es a voluntad. Si el suministro del suplemento es restringido, éste se

puede mezclar con la yuca o se puede ofrecer en comedero independiente.

La cantidad de suplemento que se debe ofrecer diariamente para consumo restringido depende de que la producción del animal sea alta (camadas grandes) o baja (camadas pequeñas) así:

Para cerdas de alta producción: 1.4-1.6 kg

Para cerdas de baja producción: 1.2-1.4 kg.

Raciones con suplemento de baja proteína. En este caso el consumo óptimo de yuca fresca por animal es de 9-10 kg diarios, aunque en condiciones prácticas resulta aproximadamente 25% a 30% más bajo.

El suplemento nutricional (Cuadro 8.5) se debe suministrar en las siguientes cantidades diarias, cuando es para consumo restringido:

Para cerdas de alta producción: 2.3-2.5 kg

Para cerdas de baja producción: 2.1-2.3 kg.

Igual que en los casos anteriores, cuando el suplemento es para consumo restringido se puede mezclar con la yuca u ofrecerse a los animales en forma independiente. Cuando el suplemento es para consumo a voluntad, debe ofrecerse en comedero independiente del de la yuca.

Programas de alimentación con yuca fresca para cerdas en gestación

En el caso de las cerdas en gestación se aconsejan únicamente programas para uso restringido de yuca y suplemento.

Programas con suplemento de alta proteína. Se debe ofrecer el suplemento (Cuadro 8.4) mezclado con la yuca fresca picada, en las siguientes cantidades diarias por animal:

yuca fresca picada 3.7 kg

suplemento (40% de proteína): 0.53 kg



Programas con suplemento de baja proteína. Se debe ofrecer el suplemento (Cuadro 8.5) mezclado con la yuca fresca picada, en las siguientes cantidades diarias por animal:

yuca fresca	2.7 kg
suplemento (25% de proteína)	0.84 kg

Programas de Alimentación para Bovinos, con Raíces Frescas de Yuca

Las raíces frescas de yuca se pueden emplear en rumiantes mediante sistemas de alimentación similares a los que se han mencionado para monogástricos. Sin embargo, en este caso el bajo nivel de energía de la yuca fresca no es tan limitativo porque, mediante un mayor consumo de alimento, el rumiante puede obtener fácilmente la cantidad requerida de energía.

Aunque la yuca fresca se puede suministrar a los rumiantes en cualquiera de sus fases de producción, el uso preferencial debe ser para las fases de mayor demanda de nutrimentos como son las de vacas lactantes y novillos en ceba intensiva. En este caso, como en el de otras especies, la inclusión de raíces de yuca en los programas de alimentación depende en gran parte de la disponibilidad del producto y de su costo relativo con respecto a otros componentes de la ración.

En el diseño de programas de alimentación para rumiantes se pueden presentar dos situaciones principales: a) preparar raciones únicas para animales que están en confinamiento total; b) 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, o sea cuando se trata de una dieta única a base de yuca, las raíces se deben suplementar con materias primas para suplir totalmente sus deficiencias en proteína, vitaminas y minerales. El suplemento se debe preparar teniendo en cuenta las necesidades totales diarias del animal, y se puede usar mezclado con las raíces de yuca, o en forma separada de ella.

En el Cuadro 8.7 se presentan ejemplos de cuatro suplementos nutricionales a base de tortas de soya y algodón, harina de pescado y urea. Cuando se utilice la mezcla de urea y torta de soya, es necesario que la torta haya sido procesada en un rango de temperaturas adecuado para garantizar un nivel mínimo de ureasa.

Cuando se va a usar la segunda alternativa, o sea el uso de la yuca fresca en dietas mixtas, en las cuales la yuca se usa como complemento de forrajes de corte y/o pastoreo, es necesario analizar primero la cantidad y la calidad de nutrimentos que el animal está recibiendo de esas fuentes forrajeras; así se pueden calcular las cantidades de yuca y suplemento que se le deben suministrar para suplir el posible déficit de nutrimentos.

En muchos sistemas mixtos de alimentación para vacas de leche en pastoreo extensivo o intensivo se suele suministrar a los

Cuadro 8.7. Suplementos nutricionales de alto contenido de proteína elaborados a base de torta de soya (TS), torta de algodón (TA), harina de pescado (HP) y urea (U), para usar en programas de alimentación con yuca para rumiantes en confinamiento.

Ingredientes y nutrimentos	Proporción según suplemento (%)			
	TS	TS y TA	TS y HP	TS y U
Ingredientes				
Torta de soya	87.5	29.5	48.2	42.0
Torta de algodón	-	60.0	-	-
Harina de pescado	-	-	25.0	-
Urea (45% N)	-	-	-	6.0
Fosfato bicálcico	6.0	6.0	2.6	8.5
Carbonato de calcio	2.0	2.0	0.5	2.8
Sal	2.0	2.0	2.0	2.5
Premezcla				
vitaminas - minerales	1.0	1.0	1.0	1.2
Sorgo o maíz	1.5	-	20.7	37.0
Nutrimentos				
Proteína total	40.0	38.0	40.0	40.0
Proteína como NNP	-	-	-	45.0
Calcio total	1.80	1.80	1.80	2.6
Fósforo total	1.25	1.25	1.25	1.8

animales alimentación suplementaria (en canoas) a base de forrajes de corte como pasto elefante, sorgo forrajero, king grass, alfalfa, kudzú, etc., o de ensilajes de maíz, sorgo, etc., más cierta cantidad de concentrado; éste se dosifica de acuerdo con la producción de leche (i.e. 1 kg de concentrado por cada 3 kg de leche).

Con el propósito de analizar los sistemas de alimentación con forrajes de corte y/o pastoreo y raíces de yuca fresca en reemplazo de un concentrado comercial, en el Cuadro 8.8 se presenta una breve información sobre la composición nutricional de algunos de los principales forrajes de corte y ensilajes. En el Anexo 3 se puede consultar sobre la composición de otros forrajes de uso común en la alimentación de rumiantes.

Cuadro 8.8. Composición proximal de algunos pastos de corte y ensilajes para la alimentación animal.

Forrajes	Materia seca (%)	Composición ^a (base seca)			
		ED (Mcal/kg)	NDT (%)	Proteína (%)	Fibra (%)
Pastos de corte					
Caña fresca y madura	27.0	2.56	58	4.3	32
Caña, cogollo	25.9	2.05	47	5.1	33
Elefante tierno	15.0	2.78	63	10.0	31
Elefante maduro	23.0	2.20	52	6.5	39
King grass tierno	15.0	2.70	62	8.5	33
King grass maduro	22.0	2.10	55	5.6	39
Maíz, rastrojo	87.0	2.60	59	5.9	34
Sorgo, rastrojo	85.0	2.11	48	4.9	33
Sudán tierno	18.0	3.08	70	16.0	31
Sudán maduro	23.0	2.77	63	8.7	36
Ensilajes					
Maíz con mucha mazorca	35.0	3.10	70	8.2	23
Maíz con poca mazorca	34.0	2.85	64	8.3	33
Sorgo, planta completa	29.5	2.41	54	8.1	28
Leguminosas de corte					
Alfalfa	27.2	2.70	62	18.5	28
Kudzú	26.5	2.96	67	17.2	32
Leucaena	27.4	2.82	61	19.0	25

a. ED = energía digestible; NDT = nutrimentos digestibles totales.

Programas de alimentación para ganado de leche a base de yuca fresca

Dieta única para vacas en lactancia. Cuando se trata de animales en estabulación completa, con poca o ninguna suplementación con forrajes, se puede aplicar el programa del Cuadro 8.9 que le corresponda. La yuca se debe suministrar diariamente al animal fresca y picada, mezclada con el suplemento.

Las cifras que presenta el cuadro respecto a la yuca constituyen sólo una guía para calcular las cantidades aproximadas requeridas, ya que en estos programas el consumo de la raíz es a voluntad. El suplemento es para consumo restringido, y debe tener 40% de proteína (ver Cuadro 8.7). En la Figura 8.2 se puede observar la representación gráfica de los respectivos consumos.

Programas de alimentación mixta. Los programas de alimentación mixta que se presentan en los Cuadros 8.10 y 8.11, para vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche, corresponden a las dos situaciones más frecuentes en la práctica: a) cuando el pastoreo aporta la mitad de los nutrimentos 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 8.10); b) cuando el programa incluye sólo pastoreo y yuca fresca suplementada (Cuadro 8.11).

Cuadro 8.9. Programa de alimentación a base de yuca fresca para vacas lecheras en confinamiento, según su nivel de producción.

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

a. Razas grandes: Holstein, Pardo Suizo. Razas pequeñas: Jersey.

b. Yuca fresca suministrada a voluntad, y suplemento con 40% de proteína (Cuadro 8.7) suministrado en forma restringida.

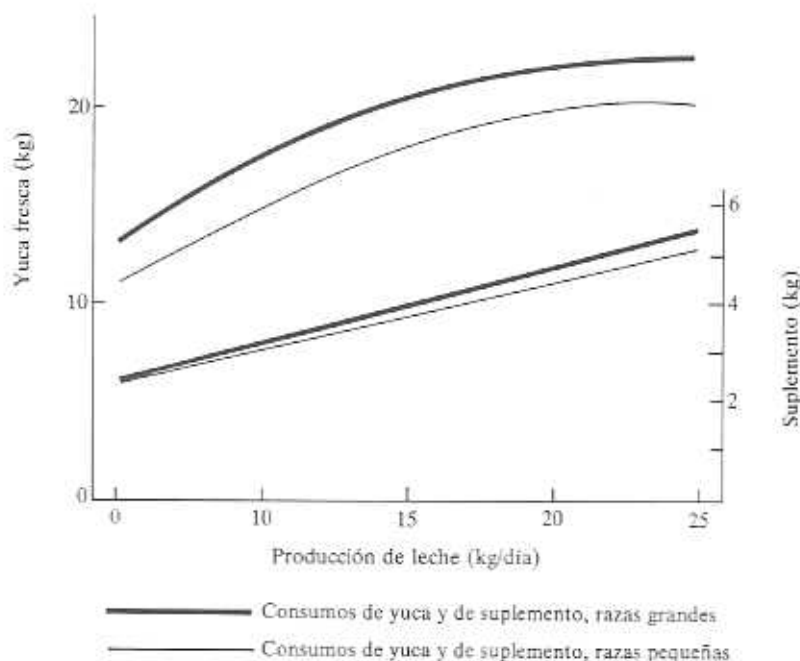


Figura 8.2. Consumos diarios de yuca fresca y de suplemento (40%) necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de vacas lecheras de razas grandes y de razas pequeñas.

Cuadro 8.10. Programa mixto de alimentación (pastoreo, pasto de corte y yuca fresca suplementada), para vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche.

Componentes de la dieta	Cantidades por ración según raza* (kg/animal/día)					
	Razas grandes			Razas pequeñas		
Pastos de corte						
Elefante tierno	15.00	5.00	-	10.00	5.00	-
Kudzi	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% proteína)	1.80	1.30	1.50	1.70	1.60	1.65
Pastoreo (aporte de nutrimentos)						
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. Razas grandes: Holstein, Pardo Suizo. Razas pequeñas: Jersey.

Cuadro 8.11. Programa mixto de alimentación (pastoreo y yuca fresca suplementada), para vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche.

Clase de animal ^a	Aportes diarios del pastoreo/animal			Ración ofrecida	
	Proporción ^b nutrimentos (%)	Proteína (kg)	NDT (kg)	Yuca fresca (kg)	Suplemento ^c (kg)
Razas grandes	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
Razas pequeñas	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. Razas grandes: Holstein, Pardo Suizo. Razas pequeñas: Jersey.

b. Proporciones (25%, 50% y 75%) de nutrimentos aportados por el pastoreo a la dieta total.

c. Suplemento con 40% de proteína.

Programas de alimentación para ganado de carne a base de yuca fresca

La yuca se debe suministrar diariamente al animal, fresca y picada, en mezcla con un suplemento nutricional de alto nivel de proteína (Cuadro 8.7); el suplemento se suministra al animal en forma restringida, mientras la yuca se ofrece para consumo a voluntad.

Dieta única. En el caso de novillos en levante y ceba la información del Cuadro 8.12 puede servir como una guía general para calcular las cantidades de yuca y de concentrado que se deben suministrar diariamente a cada animal en estabulación.

Dieta mixta. En el uso de la yuca fresca para animales en pastoreo se pueden presentar dos casos de alimentación mixta que se ilustran en los Cuadros 8.13 y 8.14. Una posibilidad es la alimentación a base de pastoreo, pasto de corte y yuca fresca y otra a base de sólo pastoreo y yuca fresca.

Cuadro 8.12. Consumo diario de yuca fresca y de suplemento con alto contenido de proteína en ganado de carne, en condiciones de suministro de yuca a voluntad y de suplemento restringido.

Etapa del animal ^a	Aumento de peso diario (kg)	Consumo diario por animal (kg)	
		Yuca	Suplemento ^b
Novillos levante	0.60	8.50	1.10
	0.80	12.00	1.35
Novillos ceba	0.80	16.00	1.50
	1.00	20.00	1.80

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

b. Suplemento con 40% de proteína.

Cuadro 8.13. Programas de alimentación mixta (pastoreo, pasto de corte y yuca fresca) para la alimentación de novillos en levante y ceba.

Componentes de la dieta	Cantidades (kg/día) para diferentes raciones por animal, según aumento de peso					
	Aumentos de 0.6-0.8 kg			Aumentos de 0.8-1.0 kg		
Pastos de corte						
Elefante tierno	8	10	-	12	15	-
Kudzu	2	-	-	2	-	-
Sorgo ensilado	-	-	10	-	-	15
Yuca fresca	2.50	3.00	0.80	6.80	7.80	4.50
Suplemento (40% proteína)	0.30	0.40	0.17	0.52	0.61	0.31
Pastoreo (aporte de nutrimentos)						
Proteína	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

Cuadro 8.14. Programa mixto de alimentación (pastoreo y yuca fresca) para novillos en levante y ceba.

Etapa del animal (según aumento de peso)	Aportes diarios del pastoreo/animal			Ración ofrecida	
	Proporción nutrimentos (%)	Proteína (kg)	NDT (kg)	Yuca (kg)	Suplemento ^a (kg)
0.6-0.8 kg/día	25	0.15	0.9	9.00	1.00
	50	0.30	1.8	6.00	0.67
	75	0.47	2.7	3.00	0.34
0.8-1.0 kg/día	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. Suplemento con 40% de proteína.

Bibliografía

Porcinos

- Angulo, M. 1976. Uso de yuca, camote y grano de soya en engorde de cerdos. Tesis Ing. Zoot. Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú. 67 p.
- Añez F., R. 1973. Análisis económico de la alimentación de cerdos a base de yuca (*Manihot esculenta*). Tesis Zoot. Universidad de Oriente, Escuela de Zootecnia, Jusepín, Venezuela. 52 p.
- Argañosa, V. G. 1975. Cassava as feed for swine. Agriculture at los Baños 14(2):13-14.
- Athanassof, N. 1937. A mandioca na engorda dos suinos. Chácaras e Quintaes 56:203-206.
- Braga, J. F. 1942. O cozimento da batata doce et da mandioca na engorda de porcinos. Ceres 3:366-370.
- Devendra, C. 1963. A comparison of two systems of pig feeding commonly used in Malaya. Malayan Agricultural Journal 44(1):26-41.
- Gavidia S., C. 1977. Uso de la yuca para engorde de cerdos en Tarapoto, Perú. Centro Regional de Investigación Agropecuaria de Oriente. Avances en Investigación 1(1):37-47.

- Kok, E. A. y Ribeiro, G. De A. 1943. A mandioca crua em comparação com a quieta de milho na engorda de porcos. *Boletim de Industria Animal (Brasil)* 6(612):24-45.
- Le Dividich, J.; Aumaitre, A. L. y Seve, B. 1977. Utilization of tropical plants rich in starch for pig feeding. En: *International Symposium on Feed Composition, Animal Nutrient Requirements, and Computerization of Diets*, Logan, Utah, 1976. *Memorias. Utah Agricultural Experiment Station, Logan.* p. 125-132.
- Leite, A. C. 1939. Contribuição para o estudo da mandioca e da araruta na alimentação dos porcos de engorda. *Boletim de Industria Animal* 2(2):3-26.
- Maner, J. H.; Buitrago, J. A. y Jimenez, I. 1969. Utilization of yuca in swine feeding. En: *International Symposium on Tropical Root Crops*, Augustine, Trinidad, 1967. *Memorias. v. 1. University of West Indies. St. Augustine.* p. 62-71.
- Manickam, R.; Gopalkrishnan, C. A. y Sadasivan Pillai, K. G. 1976. Studies on feeding of tapioca in pigs. *Indian Journal of Animal Research* 10(1):11-16.
- Mondoñedo, M. 1928. A comparative study of corn and cassava as feeds for hogs; 2: Ground corn versus raw chopped cassava. *Philippine Agriculturist* 17(2):105-107.
- Oyenuga, V. A. 1961. Nutritive value of cereal and cassava diets for growing and fattening pigs in Nigeria. *British Journal of Nutrition* 15(3):327-338.
- y Fetuga, B. L. 1975. Chemical composition, digestibility and energy values of some varieties of yam, cassava, sweet potatoes and cocoyams for pigs. *Nigerian Journal of Science* 9(1):63-110.
- Saavedra, S. 1969. Grado de digestibilidad de la yuca en la alimentación del cerdo. *Veterinaria Ecuatoriana* 1(1):73-77.
- Salazar, R. y Rosas, H. 1978. Utilización de banano verde y yuca fresca en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento y engorde. *Universidad de Panamá, Facultad de Agronomía, Progresos de Labores de Investigaciones Agropecuarias 1976-1977.* p. 529-545.
- Viettes, C. M. 1978. Empleo de alimentos no tradicionales en la alimentación de cerdos. *Revista de Medicina Veterinaria* 59(6):321-326.
- Zarate, J. J. 1956. The digestibility by swine of sweet potato vines and tubers, cassava root, and green papaya fruits. *Philippine Agriculturist* 40:78-83.

Rumiantes

- Athanassof, N. 1915. Mandioca para as vacas leiteiras. *Chácaras e Quintaes* 12(6):455.

- Da Rocha, G. L. 1963. Supere o problema da alimentação do gado na seca com: silagem, cana, capineira e mandioca. *Revista dos Criadores* 34(406):62-63.
- Davila C., W. 1978. Efecto de la sustitución de la harina de pescado por diferentes niveles de urea en vacas lecheras alimentadas con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el trópico. Tesis Ing. Zootecnista. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 47 p.
- De Mello, R. P.; da Silva, J. F. C.; de Campos O. F. y Sampaio, I. B. M. 1976. Milho desintegrado com palha e sabugo, raspa de mandioca e sementes de sordo moidas, em concentrados para vacas em lactação. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 5(2):105-118.
- Grossman, J. y de Oliveira, W. M. 1950. A mandioca em comparação com o milho na alimentação do gado leiteiro. *Boletim da Diretoria da Produção Animal* 5(10):3-15.
- Ngarmsak, S. y Terapuntuwat, T. S. 1979. Cassava, rice bran, and corn concentrate for dairy cows. The effect on milk production and forage intake. En: Khon Kaen University. Faculty of Agriculture, Cassava/nutrition project; Annual report 1979. Khon Kaen, Tailandia. p. 76-82.
- Pineda M., J. E. 1971. Urea and yuca (*Manihot esculenta*) for dairy cattle in Colombia. Tesis Ph.D. Purdue University, Lafayette, Indiana. 112 p.
- Zapata A., O. y Rubio, R. 1972. Empleo de la yuca en levante de novillas Holstein en el Valle del Cauca. En: Curso intensivo del cultivo de yuca. Instituto Colombiano Agropecuario, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Palmira, Colombia. p. 43-45.

Capítulo 9

Ensilaje de Raíces de Yuca en la Alimentación Animal

Para utilizar yuca ensilada en raciones para animales se pueden aplicar métodos muy similares a los que se usan para la yuca fresca.

Teniendo en cuenta las características del ensilaje de yuca, especialmente en cuanto a su alto contenido de humedad y a su bajo nivel de energía, su uso se orienta principalmente hacia la alimentación de rumiantes. También se usa en la alimentación de cerdos, en menor grado; en este caso el potencial de utilización varía, teniendo en cuenta los factores limitativos de las diferentes fases de producción de la especie, en el siguiente orden descendente: hembras gestantes, cerdos en acabado, hembras en lactancia y cerdos en crecimiento; el ensilaje no se debe utilizar en raciones para lechones antes del destete ni en dietas de preiniciación.

Las aves no ofrecen condiciones propicias para ser alimentadas con ensilaje de yuca, excepto en el caso de que se les pueda suministrar deshidratado en forma de harina.

Todos los cálculos e información que se incluyen en el presente capítulo se refieren a ensilajes de raíces completas, con 45% de materia seca.

Manejo de las Raíces Ensiladas y los Suplementos Requeridos

De manera semejante a como se usa la yuca fresca, el ensilaje de yuca se puede usar en programas de alimentación animal en

dos formas: mezclado con los demás productos de la dieta, o en forma separada de ellos.

En cualquiera de esas dos formas el suministro del ensilaje a los animales se debe hacer diariamente, utilizándolo a la mayor brevedad posible después de extraído del silo, para evitar su deterioro. Es aconsejable abrir el silo una sola vez al día para sacar la cantidad de material que se va a utilizar; inmediatamente se debe cubrir de nuevo en la mejor forma posible.

La diferencia principal entre la composición nutricional del ensilaje de yuca y la de las raíces frescas está en el contenido de humedad, ya que éste es más variable en el ensilaje: cuanto mayor sea la duración del proceso de ensilaje, menor es la humedad del producto y, por lo tanto, mayor su concentración energética.

A pesar de esa diferencia, al elaborar un suplemento nutricional para las raíces ensiladas se puede recurrir al mismo tipo de productos usados para suplementar las raíces frescas. La única diferencia importante se presenta cuando el ensilaje se quiere suministrar mezclado con el suplemento porque el ensilaje, cuyo contenido de humedad es normalmente menor que el de la yuca fresca, se puede usar en una proporción menor que cuando se usa la raíz fresca. Por esta razón, al calcular la proporción que se debe usar de ensilaje es necesario considerar la edad del mismo.

Los componentes principales de los suplementos nutricionales son proteínas, vitaminas y minerales. En algunos casos se incluyen también fuentes de energía, especialmente cuando los costos de la materia prima respectiva permiten mayor concentración de ese nutrimento.

Para lograr un aporte correcto de nutrimentos es necesario aproximarse hasta donde sea posible a los requerimientos del animal según sea su etapa de producción, y para el efecto se debe tener en cuenta la metodología recomendada para la yuca fresca, en el Capítulo 8. En los Cuadros 8.1, 8.2 y 8.3 de ese capítulo, como también en el Anexo 2, se pueden consultar los requerimientos nutricionales para cada fase de producción de cerdos y rumiantes; los productos utilizados como suplementos pueden ser semejantes al tipo de mezclas incluidas en los Cuadros 8.4, 8.5 y 8.7.

Factores que Limitan la Utilización del Ensilaje de Raíces de Yuca en la Alimentación Porcina

En general, el ensilaje presenta algunos problemas nutricionales como son su bajo nivel de energía, su alto contenido de agua, su poca palatabilidad, etc., y problemas de manejo especialmente relacionados con la mezcla correcta del producto con otros ingredientes de la ración, con el tipo de comederos, la humedad, etc. Estos problemas limitan la utilización del ensilaje de yuca en las fases iniciales de crecimiento de los cerdos, y especialmente durante la preiniciación y la iniciación; también limitan su uso para hembras lactantes cuando los lechones tienen acceso a sus comederos.

Aunque el ensilaje de yuca contiene normalmente una proporción de agua (55%-60%) menor que la de la raíz fresca, dicho contenido resulta todavía demasiado alto para el caso de lechones y en cierta forma para las cerdas en lactancia. Por otra parte, en estas dos etapas el cerdo es más susceptible a los problemas ocasionados por la mala fermentación de la yuca, o a factores que afectan la palatabilidad de la ración, especialmente los relacionados con altos niveles de ácido cianhídrico o con mala calidad de la yuca.

La utilización del ensilaje de yuca en la alimentación de cerdos tiene mayor importancia práctica en el caso de animales en las etapas de levante y ceba (especialmente después de los 40-50 kg) o de hembras gestantes, tal como sucede con la yuca fresca. Durante las fases de levante, ceba y gestación los cerdos tienen una capacidad gastrointestinal mayor que les permite consumir mayor volumen de un alimento con niveles bajos de energía, para suplir los requerimientos diarios energéticos. En esas etapas un cerdo con más de 40 kg puede consumir hasta 5-6 kg de ensilaje de yuca o de raíz fresca, para obtener un aporte diario de energía cercano al que podría obtener con 3 kg de una ración tipo cereales-torta de soya. En los cerdos pequeños, debido a limitaciones físicas de su tracto digestivo, este fenómeno compensatorio no ocurre.

Otro factor limitativo en el caso del ensilaje de raíces de yuca se relaciona con su contenido de ácido cianhídrico; aunque este

contenido es menor que en la yuca fresca, puede tener un efecto negativo sobre la palatabilidad del producto.

Teniendo en cuenta las observaciones anteriores, en este capítulo no se incluyen programas de alimentación para lechones y cerdas en lactancia, sino que se consideran únicamente raciones para cerdos en crecimiento (de más de 20 kg de peso) y en engorde o acabado, y para hembras en gestación.

Programas de Alimentación Porcina a base de Ensilaje de Raíces de Yuca

El ensilaje de yuca ofrece importantes ventajas para la alimentación de cerdos en crecimiento y engorde, cuando se suplementa con proteína, vitaminas, minerales y energía utilizando cualquiera de los sistemas analizados anteriormente.

En el caso de la yuca ensilada, como en el de la yuca fresca, es importante controlar el suministro del suplemento para evitar su consumo excesivo, y evitar así elevar innecesariamente los costos de la ración. En la práctica se debe buscar que el animal consuma la cantidad mínima necesaria de esos nutrientes y el máximo de la fuente energética, constituida en este caso primordialmente por el ensilaje de yuca. Para este propósito el sistema más ventajoso consiste en suministrar el ensilaje a voluntad y el suplemento nutricional en cantidades controladas diariamente, bien sea con o sin energía adicional.

Con la yuca ensilada se pueden usar suplementos nutricionales con alto contenido de proteína, como los que se presentaron en el Cuadro 8.4; sólo habría que cambiar las proporciones del ensilaje con respecto a las recomendadas para el caso de las raíces frescas, ya que el ensilaje contiene normalmente menos humedad. Por otra parte, también se pueden usar suplementos con menor concentración de proteína (25%) y mayor nivel de energía como los propuestos en el Cuadro 8.5.

En todos los programas de alimentación que se sugieren en las páginas siguientes se supone el suministro de ensilaje de yuca para consumo a voluntad y se presentan alternativas para el uso

de suplementos con niveles altos y con niveles bajos de proteína, para consumos a voluntad y restringido. Tal como se analizó en los ejemplos para las raíces frescas, en este caso el suplemento se puede suministrar separadamente o en mezcla con el ensilaje.

Programas para cerdos en crecimiento y acabado

Considerando un consumo a voluntad de la yuca ensilada, existe la posibilidad de usar suplementos con un alto contenido de proteína, o suplementos con un contenido bajo de ese nutrimento; en este último caso se debe incluir una fuente adicional de energía. El suplemento, como ya se dijo, se puede suministrar a voluntad o en forma restringida.

Como una guía para evitar el desperdicio del ensilaje que se suministra a voluntad, se pueden considerar los consumos óptimos deseables que presenta el Cuadro 9.1; se debe tener en cuenta, sin embargo, que en la práctica el consumo de ensilaje puede ser 20-30% inferior al indicado en el cuadro.

Cuadro 9.1. Yuca ensilada en la alimentación de cerdos en crecimiento y acabado. Consumos óptimos^a de ensilaje de yuca y cantidades de suplemento que se recomiendan, según el peso del cerdo, para dos opciones: con suplemento de alta proteína y con suplemento de baja proteína.

Peso del cerdo (kg)	Cantidades según suplemento ^b (kg)			
	Con suplem. de alta proteína		Con suplem. de baja proteína	
	Ensilaje	Suplemento	Ensilaje	Suplemento
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, los consumos reales de ensilaje resultan 20%-30% inferiores a los ideales en el caso de usar suplementos de alta proteína, y aproximadamente 10%-20% inferiores cuando se usan suplementos de baja proteína.

b. De alta proteína = 40%; de baja proteína = 25%.

Programas con suplementos de alta proteína. Cuando se trata de cerdos en crecimiento y acabado se puede usar un suplemento nutricional de los incluidos en el Cuadro 8.4, y ofrecerlo a los animales así:

- a) Si es para consumo a voluntad, usar un comedero diferente al del ensilaje, donde el alimento se ofrezca en forma permanente.
- b) Cuando el suplemento es para consumo restringido se puede ofrecer mezclado con el ensilaje o en un comedero diferente, con acceso amplio para todos los animales; las cantidades se pueden calcular de acuerdo con los datos que presenta el Cuadro 9.1.

En ambos casos la cantidad de ensilaje que se debe ofrecer diariamente se puede calcular también de acuerdo con las cifras que presenta el Cuadro 9.1 para el efecto.

Programas con suplementos de bajo contenido de proteína. Igual que en el caso anterior, el ensilaje se debe ofrecer diariamente en comederos para consumo a voluntad de todos los animales, en cantidades que se pueden calcular teniendo como guía las cifras del Cuadro 9.1.

El suplemento nutricional que se recomienda para este caso se puede consultar en el Cuadro 8.5 y ofrecerlo así:

- a) Si es para consumo a voluntad, colocarlo en un comedero diferente del usado para el ensilaje, donde el producto esté disponible para los animales en forma permanente.
- b) Si el suplemento es para consumo restringido se puede mezclar con el ensilaje o colocarlo en un comedero diferente con amplio acceso a todos los animales. Se debe usar en las cantidades que presenta el Cuadro 9.1 para este caso.

Programas para cerdas en lactancia

Suponiendo un consumo a voluntad de la yuca ensilada, se consideran dos alternativas en cuanto a la calidad del suplemento

(con alto y con bajo contenido de proteína); en cada caso existe la posibilidad de ofrecer el suplemento a voluntad, o hacerlo en forma restringida.

Programa con un suplemento de alto contenido de proteína. El ensilaje se debe suministrar diariamente a cada animal en un comedero individual. El consumo óptimo debe ser de 8.5-10 kg por cerda, aunque en la práctica resulta 30% a 40% inferior.

Se debe usar un suplemento nutricional de los que presenta el Cuadro 8.4, ofrecido así:

- a) Si es para consumo a voluntad se debe usar un comedero diferente del comedero para el ensilaje, donde esté disponible para el animal en forma permanente.
- b) El suplemento para consumo restringido se puede suministrar a la cerda mezclado con el ensilaje, o en un comedero diferente, en las proporciones que se indican a continuación:

Para cerdas de alta producción
(camadas grandes): 1.4-1.6 kg/día.

Para cerdas de baja producción
(camadas pequeñas): 1.2-1.4 kg/día.

Programas con suplemento de bajo contenido de proteína. El ensilaje se debe suministrar diariamente a cada animal en un comedero individual, teniendo en cuenta que el consumo óptimo en este caso es de 8-9 kg diarios por cerda; sin embargo, en la práctica el consumo es inferior al ideal en 25% a 30%.

El suplemento nutricional puede ser uno de los indicados en el Cuadro 8.5 y se puede suministrar al animal así:

- a) Si es para consumo voluntario se debe usar un comedero diferente del comedero para el ensilaje, donde esté disponible en forma permanente.
- b) Cuando el suplemento es para consumo restringido se puede ofrecer mezclado con el ensilaje de yuca o en un comedero diferente, en las proporciones que se indican a continuación:

Para cerdas de alta producción
(camadas grandes): 2.3-2.5 kg/día.

Para cerdas de baja producción
(camadas pequeñas): 2.1-2.3 kg/día.

Programas para cerdas en gestación

En el caso de cerdas en gestación sólo se aconseja el uso restringido de ensilaje de raíces de yuca y de suplemento nutricional. El suplemento puede ser con un contenido de proteína alto o bajo.

Programas con suplemento de alto contenido de proteína. Cada cerda debe recibir el ensilaje de raíces de yuca con el suplemento nutricional (Cuadro 8.4) en un solo comedero, en las siguientes cantidades:

Ensilaje:	3.0 kg
Suplemento (40%):	0.5 kg

Programa con un suplemento de bajo contenido de proteína. El ensilaje de las raíces de yuca y el suplemento (Cuadro 8.5) se deben suministrar diariamente al animal en el mismo comedero, en las cantidades siguientes:

Ensilaje:	2.7 kg
Suplemento (25%):	0.84 kg

Programas de Alimentación para Bovinos a Base de Ensilaje de Raíces de Yuca

Los rumiantes, especialmente los bovinos, ofrecen un amplio potencial para la utilización de ensilaje de yuca, siempre y cuando los costos de producción del mismo permitan usarlo como componente mayor de la ración.

Aunque existen muchas posibilidades para usar el ensilaje de yuca en programas de alimentación para rumiantes, en los ejemplos que se presentan a continuación se hace referencia a las alternativas más frecuentes:

- a) Programas para animales en confinamiento total. En este caso el ensilaje de yuca constituye el componente energético principal y se suplementa con una cantidad fija de proteína, vitaminas y minerales (ver suplementos en el Cuadro 8.7).
- b) Programas en los que el ensilaje de yuca se usa sólo como complemento para otro tipo de forrajes, especialmente del pastoreo o de los pastos de corte frescos, henificados, o ensilados (ver composición proximal en el Cuadro 8.8).

Programas de alimentación para ganado de leche

Se considera el suministro de yuca ensilada a voluntad y el uso de suplemento de alta proteína restringido, tanto para programas de dieta única como de dieta mixta.

Dieta única. Cuando los animales están en estabulación completa y reciben poca o ninguna suplementación de otros forrajes, se les debe suministrar el ensilaje de yuca a voluntad, mezclado con el suplemento nutricional (ver Cuadro 8.7). El Cuadro 9.2 se presenta como una guía para calcular las cantidades de ensilaje y de suplemento que se pueden usar tanto en el caso de razas grandes como en el de razas pequeñas, con diferentes niveles de producción láctea. Estas cantidades, que son las requeridas por el animal para satisfacer sus necesidades nutricionales, están representadas en la Figura 9.1.

Cuadro 9.2. Consumo de ensilaje de raíces de yuca y suplemento de alta proteína (40%) en vacas en lactancia, según el tamaño de la raza y la producción.

Producción de leche (kg)	Requerimientos, razas grandes		Requerimientos, razas pequeñas	
	Ensilaje (kg)	Suplemento (kg)	Ensilaje (kg)	Suplemento (kg)
<10	12.8	2.90	10.5	2.8
10-15	14.0	3.30	11.6	3.2
15-20	15.5	4.40	14.0	4.2
>20	17.1	5.00	15.1	4.8

a. Razas grandes: Holstein, Pardo Suizo, etc; razas pequeñas: Jersey.

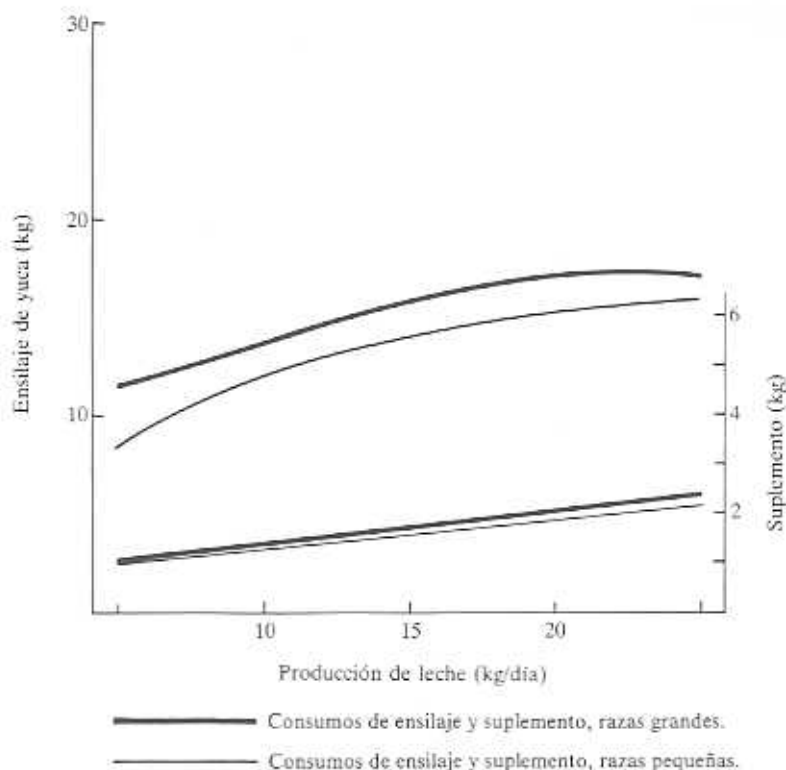


Figura 9.1. Consumos diarios de ensilaje de raíces de yuca y de suplemento (40% de proteína) necesarios para satisfacer los requerimientos nutricionales de vacas lecheras.

Programa mixto. Otra alternativa para el uso del ensilaje de yuca en ganado de leche es aprovecharlo como complemento al pastoreo. En el Cuadro 9.3 se considera el caso de usar pasto de corte además de ensilaje de yuca como complemento al pastoreo, mientras en el Cuadro 9.4 el complemento está constituido sólo por el ensilaje de yuca, suplementado.

Programas de alimentación para ganado de carne

Tanto en el caso de usar una dieta única a base de ensilaje de raíces de yuca como en el caso de usar dietas mixtas, en los programas que se proponen aquí el ensilaje se ofrece a voluntad y el suplemento en forma restringida.

Cuadro 9.3. Programas de alimentación mixta (pastoreo, pasto de corte, ensilaje de yuca) para vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche.

Componentes	Cantidades requeridas (kg/an./día)					
	Para razas grandes			Para razas pequeñas		
Pastos de corte						
Elefante tierno	15.00	5.00	-	10.00	5.00	-
Kudzi	2.00	2.00	-	2.00	2.00	-
Sorgo ensilado	-	10.00	17.00	-	5.00	12.00
Yuca ensilada	4.50	4.00	2.70	4.70	4.10	3.20
Suplemento (40%)	1.80	1.30	1.50	1.70	1.60	1.65
Pastoreo (aporte de nutrimentos)						
Proteína	1.01	1.01	1.01	0.94	0.94	0.94
NDT	5.15	1.15	5.15	4.60	4.60	4.60

Cuadro 9.4. Programas de alimentación mixta (pastoreo y ensilaje de yuca suplementado) para la alimentación de vacas con 15-20 kg de producción diaria de leche.

Raza ^a	Pastoreo (% de dieta)	Aportes del pastoreo		Ración diaria (kg)	
		Proteína	NDT	Ensilaje	Supl. del 40%
Grande	25	0.50	2.57	12.80	3.40
	50	1.01	5.16	9.30	2.20
	75	1.51	7.74	4.40	1.10
Pequeña	25	0.48	2.28	10.50	3.15
	50	0.95	4.57	7.00	2.22
	75	1.43	6.86	3.50	1.14

a. Razas grandes: Holstein, Pardo Suizo, etc.; razas pequeñas: Jersey.

Dieta única. Para novillos en levante (200-300 kg) y en ceba (350-450 kg) se pueden usar las cantidades de ensilaje y suplemento que presenta el Cuadro 9.5. El ensilaje se debe suministrar diariamente a los animales, mezclado con el suplemento nutricional (ver Cuadro 8.7).

Cuadro 9.5. Consumos diarios de ensilaje de yuca (suministrado a voluntad) y de suplemento de alto contenido de proteína (suministro restringido) en ganado de carne según su etapa de producción y peso.

Etapa de producción	Aumento de peso por animal (kg/día)	Cantidades de alimento (kg)	
		Ensilaje	Suplemento de 40%
Levante	0.60	6.60	1.10
	0.80	9.30	1.35
Ceba	0.80	12.40	1.50
	1.00	17.10	1.80

Dieta mixta. En cuanto a las dietas mixtas se considera el caso de usar ensilaje de yuca y pastos de corte como complementos del pastoreo (Cuadro 9.6) y el caso de usar como complemento sólo el ensilaje de yuca suplementado (Cuadro 9.7).

Cuadro 9.6. Programas de alimentación mixta (ensilaje de yuca, pasto de corte y pastoreo) para novillos en levante y ceba, según aumentos de peso.

Componentes	Cantidades por animal según aumento de peso (kg/día)					
	Aumentos de 0.6-0.8 kg			Aumentos de 0.8-1.0 kg		
Pastos de corte						
Elefante tierno	8	10	-	10	15	-
Kudzu	2	-	-	2	-	-
Sorgo ensilado	-	-	10	-	-	15
Yuca ensilada	1.90	2.30	0.60	5.30	6.10	3.50
Suplemento (40% proteína)	0.30	0.40	0.17	0.52	0.61	0.31
Pastoreo (aporte de nutrimentos)						
Proteína	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

Cuadro 9.7. Programas de alimentación mixta (pastoreo y ensilaje de yuca) para novillos en levante y ceba.

Etapa del animal (según aumento de peso)	Aportes diarios del pastoreo/animal			Ración ofrecida	
	Proporción nutrimentos (%)	Proteína (kg)	NDT (kg)	Ensilaje (kg)	Suplemento ^a (kg)
0.6-0.7 kg/día	25	0.15	0.90	7.00	1.00
	50	0.30	1.80	4.70	0.67
	75	0.47	2.70	2.30	0.34
0.8-1.0 kg/día	25	0.23	1.87	10.50	1.60
	50	0.47	3.70	7.20	1.10
	75	0.71	5.50	3.90	0.52

a. Suplemento con 40% de proteína.

Bibliografía

- Booth, R. H. 1975. Cassava storage; post-harvest deterioration and storage of fresh cassava roots. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 18 p.
- y Coursey, D. G. 1974. Storage of cassava roots and related post-harvest problems. En: Cassava processing and storage: Proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Tailandia, 1974. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 43-49.
- Buitrago, J.; Gómez, G. y Trujillo, C. 1979. Yuca ensilada suplementada con varias fuentes de proteína en raciones para cerdos. En: Reunión latinoamericana de producción animal, 7a., Panamá, 1979. Programa y compendios. Asociación Panameña de Producción Animal, Panamá. p. NR 53.
- ; Santos, J. y Gómez, G. 1979. Ensilado de raíces de yuca en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. En: Reunión latinoamericana de producción animal, 7a., Panamá, 1979. Programa y compendios. Asociación Panameña de Producción Animal, Panamá. p. NR 54.
- Conci, V. A. y Leboute, E. M. 1978. Suplementação com silagem de raiz de mandioca (*Manihot utilissima*, Pohl) nas fases de recria e terminação de suínos. Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas Francisco Osorio 5(2):1023-1084.

- Ingram, J. S. y Humphries, J. R. 1972. Cassava storage: A review. *Tropical Science* 14(2):131-148.
- Majumder, S. K. 1955. Some studies on the microbial rot of tapioca. *Bull. Cent. Fd. Technol. Res. Inst. Mysore* 4(6):164.
- Santos, J.; Valdivieso, M. y Gómez, G. 1979. Evaluación nutritiva y manejo del ensilado de raíces de yuca en alimentación porcina. En: Reunión latinoamericana de producción animal, 7a., Panamá 1979, Programa y compendios. Asociación Panameña de Producción Animal, Panamá, p. NR 52.
- Serres, H. y Tillon, J. P. 1972. L'ensilage des racines de manioc. *Revue d'Élevage et de Médecine Veterinaire des Pays Tropicaux* 25(3):455-456.

Follaje Fresco de Yuca en la Alimentación Animal

El follaje o parte aérea de la planta de yuca se puede utilizar en muchas ocasiones como alimento para animales, especialmente de rumiantes y herbívoros no rumiantes. Se caracteriza por su alto nivel de proteína y de fibra, dos factores de importancia primordial para definir la especie animal que puede utilizar este producto, y el programa de alimentación que se espera desarrollar.

Cuando el follaje está recién cosechado presenta un contenido de humedad alto, el cual afecta negativamente la concentración de nutrimentos esenciales y limita sus posibilidades de uso como alimento animal a los rumiantes y otros animales herbívoros. Sin embargo, una vez deshidratado (harina de follaje) el follaje se puede aprovechar también, aunque en menor proporción, en raciones para monogástricos.

En condiciones normales el rendimiento de la parte aérea (hojas, tallos y pecíolos) de la yuca se aproxima al que se obtiene de las raíces. Sin embargo, existen variedades y sistemas de producción (i.e. siembras con mayor densidad de plantas) que permiten orientar la producción de yuca hacia un mayor rendimiento de follaje.

La cosecha de la parte aérea de la planta en cultivos destinados a la producción convencional de raíces no se debe hacer antes de 4-5 meses, porque se puede afectar severamente el desarrollo de éstas últimas; a mayor edad de la planta la cosecha de la parte aérea tiene efectos menos adversos sobre el rendimiento de las raíces. Por otra parte, la poda de la parte aérea pocos días antes

de la cosecha de las raíces mejora su resistencia al deterioro fisiológico, aunque reduce su contenido de almidón y demerita su textura.

Valor Nutricional del Follaje de Yuca y Factores que Inciden en su Uso

Generalmente, desde el punto de vista de la alimentación animal el producto conocido como parte aérea de la yuca consta principalmente de hojas, pecíolos y tallos menores o ramas.

La calidad nutricional del follaje depende, al igual que la de las raíces, de varios factores como el suelo, la edad de la planta, la variedad, etc. Además, hay un factor que influye directamente en la calidad del producto final del follaje, y es la proporción entre hojas y tallos; esta proporción cambia con la edad de la planta, como se puede observar en el Cuadro 10.1.

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

Debido a que la proporción hojas:tallos es menor en las plantas adultas, éstas presentan mayor nivel de fibra y menor contenido de proteína; también se observa en ellas un aumento en la

Cuadro 10.1. Proporción de hojas, tallos y ramas en el follaje de yuca según la edad de la planta.

Partes de la planta	Proporción (%)	
	A los 4 meses	A los 12 meses ^a
Tallos y ramas	42	81
Hojas	36	7
Pecíolos y tallos de hojas	22	12

a. Edad normal para la cosecha de las raíces.

FUENTE: Mentaldo, 1977.

cantidad de materia seca. El resultado final de los cambios que se suceden en la parte aérea de la planta de yuca se refleja en una disminución en el valor nutricional, bien sea que se utilice la totalidad del follaje (hojas, pecíolos, tallos) o parte de él (i.e. hojas).

Para la alimentación de rumiantes se aconseja utilizar preferiblemente follaje que contenga hojas, pecíolos y tallos verdes o partes tiernas de las ramas; se debe evitar el uso de tallos principales y partes leñosas. Cuando el follaje está constituido por hojas y tallos tiernos se obtiene un producto con un nivel de fibra bajo casi siempre inferior al de la mayoría de las leguminosas y de otros follajes tropicales.

En un follaje de buena calidad el contenido de nutrimentos principales debe estar, en lo posible, dentro de los siguientes rangos (base seca):

proteína:	18%-22%
fibra cruda:	15%-20%
extracto etéreo:	4%- 6%
cenizas:	8%-12%
extracto no nitrogenado:	40%-50%.

Estos contenidos de nutrimentos permiten calificar el follaje de yuca como un producto de excelente calidad para la alimentación de rumiantes, comparable con la mayoría de las leguminosas forrajeras que se utilizan en bovinos de leche y carne (Cuadro 10.2).

Cuadro 10.2. Composición nutricional del follaje fresco de yuca y el follaje de diferentes leguminosas.

Especies	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Fibra cruda (%)	E.Dig. ^a (Mcal/kg)	NDT (%)
Yuca	28	5.6	6.6	0.85	19.5
Alfalfa	27	5.4	9.1	0.79	18.1
Caupí	26	5.3	8.9	0.85	19.4
Soya	28	5.3	8.9	0.82	18.7
Kudzú	27	5.0	9.3	0.76	17.4
Trébol dulce	28	4.7	9.4	0.78	17.6

a. Energía digestible para rumiantes.

En el follaje de la yuca el nivel de lisina es alto (7.2 g/100 g de proteína), a diferencia de lo que ocurre en las raíces; la lisina es un factor de especial importancia para el balance de las raciones cuando se utilizan granos y otros productos pobres en ese aminoácido. El contenido del aminoácido metionina, por el contrario, es deficiente (1.7 g/100 g de proteína) en relación con los requerimientos nutricionales de los rumiantes. La concentración de los aminoácidos esenciales restantes en el follaje de yuca es generalmente igual a la encontrada en las leguminosas o mayor, excepto con respecto a la arginina y la leucina cuyos valores son un poco inferiores.

El principal componente energético en el follaje es el almidón. Por otra parte las hojas tienen un nivel relativamente alto de extracto etéreo (5%-7% en base seca) que, además de aportar energía, contiene una cantidad importante de ácidos grasos esenciales, xantofilas y pigmentos. En cuanto a minerales, la contribución más importante del follaje fresco se relaciona con el calcio y el fósforo.

La concentración de oligoelementos (vitaminas, minerales menores y pigmentantes) tiene mayor importancia en el caso del follaje deshidratado, ya que es en esta forma como el follaje de yuca ofrece mejores posibilidades de uso en raciones para monogástricos.

Toxicidad por ácido cianhídrico en el follaje

El nivel de los glucósidos cianogénicos en el follaje de yuca depende de la variedad que se utilice, igual que ocurre en el caso de las raíces. Por otra parte, los glucósidos y la enzima (linamarasa) presentan concentraciones diferentes en las diferentes partes del follaje, como puede apreciarse en el Cuadro 10.3.

La deshidratación del follaje por la acción del sol no parece ser tan efectiva para disminuir el contenido de ácido cianhídrico como sucede con las raíces frescas. De acuerdo con Devendra (1977), la acción de la enzima linamarasa no se puede desarrollar cabalmente en las hojas y ramas completas, debido a que no hay

Cuadro 10.3. Concentración de HCN y de la actividad enzimática en diferentes partes de la planta de yuca.

Partes de la planta y estado	Glucósido (mg HCN/100 g peso fresco)	Linamarasa (mg HCN liberado/g de peso fresco/minuto)
Hojas		
Muy jóvenes	490	730
Completamente desarrolladas	590	300
Viejas	380	100
Pecíolos		
Muy jóvenes	720	740
Completamente desarrollados	340	360
Viejos	150	380
Tallos		
Cerca de las hojas	650	150
Lejos de las hojas	780	6

FUENTE: De Braijn, G. H. 1973.

destrucción mecánica de sus tejidos como ocurre con las raíces (picadas o molidas para el secado); sin embargo, cuando el follaje se pica, el mecanismo de eliminación del ácido cianhídrico actúa de manera similar a como lo hace en el caso de las raíces frescas.

Por otra parte, cuando la deshidratación va acompañada de temperaturas altas, la enzima se inactiva, lo cual conduce a una disminución en la hidrólisis de los glucósidos cianogénicos que liberan el ácido cianhídrico.

Especialización de los cultivos de yuca para la producción del follaje

Cuando se considera toda la planta de yuca desde el punto de vista de su uso en la alimentación animal se presentan dos alternativas principales; dirigir la producción hacia un alto rendimiento de raíces o hacia un alto rendimiento de follaje (hojas y tallos).

Lo más común en la actualidad es preferir la producción de raíces, buscando variedades y condiciones culturales que garanticen una gran producción de almidones y carbohidratos para la alimentación de monogástricos, como fuentes de energía; en este caso la producción de la parte aérea tiene una importancia apenas secundaria, y está limitada en la medida en que altere la calidad y el rendimiento de las raíces. Teniendo en cuenta los altos contenidos de fibra y de proteína foliar que se pueden obtener de cultivos especializados en producción de follaje, esta opción tiene mayor importancia cuando se trata de programas de alimentación de rumiantes.

Según la alternativa que se escoja para los planes de alimentación, las variedades de yuca y los sistemas de cultivo son diferentes. Es posible obtener follaje de excelente calidad para la alimentación de rumiantes si se utilizan variedades especializadas para ese propósito, con mayores densidades de siembra, fertilización adecuada, edades de corte bien delimitadas y sistemas racionales de procesamiento. Bajo estas condiciones se podrían lograr rendimientos de follaje de yuca que le permitan competir con leguminosas y con otros follajes con características nutricionales semejantes.

La información disponible acerca de los sistemas de producción y utilización de variedades destinadas a la producción de follaje es limitada y habla de densidades de siembra desde 30,000 hasta 120,000 plantas por hectárea; sin embargo, la mayor parte de esa información coincide en que el primer corte no se debe hacer antes de tres meses, y que el intervalo entre los cortes posteriores no debe exceder de tres meses. En esas circunstancias, la yuca produce un follaje de excelente calidad que se puede utilizar en forma fresca para la alimentación de rumiantes, o procesarse en harina no sólo para la alimentación de rumiantes sino de monogástricos.

El rendimiento en materia seca del follaje depende, como es de suponer, de la variedad, la fertilización y el sistema de cultivo. En la mayoría de los informes se citan cifras de 15-30 t/ha/año, usando intervalos de tres meses entre cortes. Los valores nutricionales son los indicados en los Cuadros 2.2 y 2.6.

Programas de Alimentación para Bovinos, con Follaje Fresco de Yuca

El mayor potencial del follaje fresco de yuca para la alimentación de rumiantes lo ofrecen los sistemas de producción estabulada o semi-estabulada (semi-intensiva). En esas condiciones el animal consume normalmente un suplemento alimenticio de buena calidad a base de granos, leguminosas, subproductos y/o pastos de corte, y el follaje de yuca se puede usar como componente principal o secundario de la ración, teniendo en cuenta el análisis nutricional respectivo y los costos.

En el caso de que el follaje de yuca constituya un porcentaje alto de la ración, es necesario tener la seguridad de que el contenido de ácido cianhídrico en la variedad que se va a utilizar no ofrezca un peligro potencial. Por otra parte, en la práctica se recomienda utilizar el follaje sólo a las 12 a 24 horas después de cosechado para permitir la eliminación de la mayor parte del tóxico.

Teniendo en cuenta las exigencias nutricionales de los bovinos, señaladas en los Cuadros 8.2 y 8.3, se puede elaborar un plan de alimentación en el cual el follaje de yuca represente un alto porcentaje de su ración. Sin embargo, cuando los animales reciben normalmente una cantidad elevada de granos (i.e. en el caso de vacas con alta producción de leche) es difícil que consuman follaje de yuca en cantidad suficiente para igualar el nivel de energía que obtienen de la ración a base de granos.

Las etapas de producción más adecuadas para desarrollar un programa de alimentación a base de follaje de yuca corresponden a aquéllas con mayores exigencias nutricionales como son las vacas en alta producción de leche, los novillos en ceba intensiva y los terneros en crecimiento. En los Cuadros 10.4, 10.5 y 10.6 se presentan ejemplos de posibles programas de alimentación para vacas en lactancia y para novillos en ceba intensiva con dos niveles energéticos (alta y baja energía).

Cuadro 10.4. Programas de alimentación a base de follaje fresco de yuca para vacas con dos niveles (A y B) de producción diaria de leche.

Componentes y nutrimentos		Composición de la ración/animal/día, para cada programa y nivel ^a de producción					
		Con ensilaje maíz		Con pasto de corte		Con melaza	
		A	B	A	B	A	B
Componentes	(kg)						
Follaje fresco de yuca		22.00	15.00	30.00	20.00	37.00	27.00
Ensilaje de maíz		25.00	20.00	-	-	-	-
Elefante o king grass		-	-	35.00	30.00	-	-
Melaza		-	-	-	-	5.00	4.00
Sal mineralizada		A vol. ^b	A vol.	A vol.	A vol.	A vol.	A vol.
Aditivos y vitaminas		+	+	+	+	+	+
Nutrimentos							
Materia seca	(kg)	14.70	11.00	15.50	11.60	14.30	10.70
NDT	(kg)	9.20	7.00	9.20	7.00	9.20	7.00
E. digestible	(Mcal)	39.60	30.20	39.60	30.20	39.60	30.20
Proteína	(g)	1820.00	1300.00	2080.00	1480.00	1985.00	1460.00

a. Nivel de producción diaria por animal: A = 15-20 kg; B = 10-15 kg.

b. A vol. = a voluntad, ad libitum.

Cuadro 10.5. Programas de alimentación con contenido alto de energía, a base de follaje fresco de yuca, para novillos de engorde con aumentos esperados de peso de 0.8-1.0 kg/animal/día.

Componentes y nutrimentos		Cantidades por animal/día según ración		
		Con ensilaje de maíz	Con pasto de corte	Con melaza
Componentes	(kg)			
Follaje fresco de yuca		8.00	10.00	17.00
Ensilaje de maíz		19.00	-	-
Elefante o king grass		-	16.00	-
Melaza		-	3.00	4.00
Sal mineralizada		A vol. ^a	A vol.	A vol.
Aditivos (promotores)		+	+	+
Nutrimentos				
Materia seca	(kg)	8.70	8.90	8.40
NDT	(kg)	5.50	5.50	5.50
E. digestible	(Mcal)	23.60	23.60	23.60
Proteína	(g)	900.00	850.00	910.00

a. A vol. = a voluntad, ad libitum.

Cuadro 10.6. Programas de alimentación con contenido bajo de energía, a base de follaje fresco de yuca, para novillos de engorde con aumentos esperados de peso de 0.6-0.8 kg/animal/día.

Componentes y nutrimentos		Cantidades por animal/día según ración		
		Con ensilaje de maíz	Con pasto de corte	Con melaza
Componentes	(kg)			
Follaje fresco de yuca		7.00	10.00	14.00
Ensilaje de maíz		14.00	-	-
Elefante o king grass		-	16.00	-
Melaza		-	1.00	3.00
Sal mineralizada		A vol. ^a	A vol.	A vol.
Aditivos (promotores)		+	+	+
Nutrimentos				
Materia seca	(kg)	6.80	6.60	6.30
NDT	(kg)	4.10	4.10	4.10
E. digestible	(Mcal)	17.60	17.60	17.60
Proteína	(g)	705.00	760.00	790.00

a. A vol. = a voluntad, ad libitum.

Bibliografía

- Athanassof, N. 1983. Contribuição para o estudo das ramas de mandioca commun como forragem na alimentação do gado leiteiro. São Paulo, Brasil. Secretaria da Agricultura, Comercio e Obras Publicas do Estado de São Paulo. 25 p.
- Bell, G. D. y Norton, B. W. 1981. The nutritive value of cassava (*Manihot esculenta*) leaf for sheep. En: Cassava research program. University of Queensland, Department of Agriculture, St. Lucia, Australia. p. 84-86.
- * De Bruijn, G. H. 1973. The cyanogenic character of cassava (*Manihot esculenta*). En: Nestel, B. y Mac Intyre, R. (eds.). Chronic cassava toxicity: Proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 147-151.
- De Carvalho, J. L. H.; Pereira, E. A. y Costa, I. R. S. 1983. Parte aérea da mandioca na alimentação animal; 2: O farelo da parte aérea na silagem do capim-elefante. Comunicado técnico 30. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina-DF, Brasil. 5 p.
- De Guzmán, M. R. 1978. Integration of backyard dairy-beef farming with the cropping systems of Southeast Asia. Extension bulletin 110. Asian and Pacific Council, Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan. 18 p.
- * Devendra, C. 1977. Cassava as a feed source for ruminants. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 1977. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 107-119.
- . 1981. The utilization of forages from cassava, pigeon pea, leucaena and groundnut by goats and sheep in Malaysia. En: Morand-Fehr, P.; Bourbouze, A. y Simiane, M. de (eds.). Nutrition et systèmes d'Alimentation de la Chèvre. Symposium International. Tours, France, 1981. v. 1. Institut Technique de l'Elevage Ovin et Caprin, Paris. p. 338-345.
- De Toledo, F. F. 1969. Aproveitamento das folhas e das ramas de mandioca na alimentação. Solo 61(1):65-69.
- De Ultra, G. R. P. 1989. A mandioca como forragem. Boletim da Instituto Agronómico (Brasil) 10:196-207.
- Ffoulkes, D.; Doñe, F. y Preston, T. R. 1978. Forraje de yuca como alimento para el ganado; digestibilidad y consumo del forraje integral. Producción Animal Tropical 3(3):234-236.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- y Preston, T. R. 1979. Efecto sobre el consumo voluntario y digestibilidad de suplementar tallo de caña integral picado con puntas de caña, hojas de plátano o forraje de yuca. *Producción animal Tropical* 4(1):36-40.
- Gómez, F. P. 1962a. Aproveitamento das ramas da mandioca como forragem. *Lavoura e Criação* 56:47.
- . 1962b. O aproveitamento integral da mandioca. *Mundo Agrario* 11(128):20.
- Gramacho, D. D. 1973. Contribuição ao estudo químico-tecnológico do feno de mandioca. Univesidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia, Cruz das Almas (BA) Brasil. Serie Pesquisa 1(1):143-152.
- Juarez, G. L. 1955. Las hojas y tallos de yuca como forraje: *Boletín* 58. Estación Experimental Agrícola de La Molina, Lima, Perú. 66 p.
- Mahendranathan, T. 1971a. Potential of tapioca (*Manihot utilissima* Pohl) as a livestock feed; a review. *Malaysian Agricultural Journal* 48(1):77-89.
- . 1971b. The effect of feeding tapioca (*Manihot utilissima* Pohl) leaves to pigs. *Malaysian Agricultural Journal* 48(2):60- 68.
- Meyreles, L.; Macleod, N. A.; Preston, T. R. 1977. Forraje de yuca como suplemento proteico en dietas de caña para ganado bovino: Efectos de diferentes niveles sobre crecimiento y fermentación ruminal. *Producción Animal Tropical* 2:76-83.
- y Preston, T. R. 1978. Forraje de yuca como fuente proteica en dietas de caña para ganado: Efecto de la adición de azufre y harina de raíz de yuca. *Producción Animal Tropical* 2:289-292.
- * Montaldo, A. 1977. Whole plant utilization of cassava for animal feed. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 95-107.
- Moore, C. P. 1976. El uso de forraje de yuca en la alimentación de rumiantes. En: *Curso sobre producción de yuca*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. p. 270-288.
- Mudgal, V. D. 1979. Enriching the cattle feed. *Intensive Agriculture* 17(10):36-38.
- Muehlmann, L. D. 1978. Ensilaje de forraje de yuca, puro y en mezcla con caña de azúcar y pasto elefante y con utilización de varios niveles de melaza y urea. En: *Curso de adiestramiento en producción y utilización de pastos tropicales*, Cali, 1978. Trabajos presentados. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. p. 98-106.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Peyrot, F. 1969. Rôle nutritionnel de certaines feuilles alimentaires tropicales (manioc, igname, baobab et fromager). Tesis. Paris Université, Faculté des Sciences. 61 p.
- Scholz, H. K. B. W. 1972. Possibilidades de aproveitamento de partes aéreas da mandioca como forrageira. En: Pesquisas tecnológicas sobre a mandioca. Banco del Nordeste do Brasil S.A., Departamento de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE), Divisão de Agricultura. Fortaleza, Brasil. p. 181-195.
- Sisifa, A. F. 1981. Village production of pigs using fresh casava. *Alafua Agricultural Bulletin* 6(1):51-57.
- Teeluck, J. P.; Nicolin, R.; Hulman, B.; Preston, T. R. 1981. Apuntes sobre el uso de la yuca (*Manihot esculenta*) como fuente combinada de proteína y forraje para el crecimiento de becerros alimentados con dietas de melaza/urea. *Producción Animal Tropical* 6(1):90-93.
- Webb, B. H.; Wholey, D. W. y Hutagalung, R. I. 1978. Protein from cassava foliage. University of Malaya. Kuala Lumpur. 34 p.
- Zapata A., O. 1977. La yuca como alimento para ganado de leche. *ICA-Inforna* (Colombia) (4):5-8.

Capítulo 11

Harina de Follaje de Yuca en la Alimentación Animal

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%, dependiendo principalmente de la edad del corte (mayor humedad a medida que el follaje es más tierno). Mediante la deshidratación se obtiene una mayor concentración de nutrimentos que hace posible la inclusión del producto en raciones para aves y cerdos. La deshidratación también permite usar el follaje en la preparación de alimentos concentrados completos para rumiantes, especialmente cuando están en las fases de mayor producción o de mayores exigencias nutricionales: vacas en lactancia, terneros lactantes y en crecimiento, ganado en ceba intensiva.

Valor Nutricional de la Harina de Follaje de Yuca

Tal como se ha mencionado anteriormente, el follaje fresco puede presentar una gran variación en la calidad nutricional, y ese hecho necesariamente se refleja en la calidad de la harina. Los dos sistemas de producción de yuca (para producción de raíces y para producción de follaje) también pueden determinar diferencias importantes en la calidad y la cantidad de nutrimentos.

Los follajes de mejor calidad nutricional, que tienen una mayor concentración de hojas, pecíolos y tallos tiernos, constituyen el material más adecuado para la producción de harina; ellos permiten obtener finalmente menor nivel de fibra y mayor contenido de proteína, carbohidratos, vitaminas, extracto etéreo y xantofilas. Una harina de follaje de yuca con alta proporción de hojas debe acercarse a la siguiente composición nutricional:

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

En los Capítulos 3 y 10 se han analizado los principales componentes nutricionales del follaje de yuca, especialmente en cuanto a los nutrimentos mayores; por lo tanto, en el presente capítulo sólo se hará énfasis en otros nutrimentos como las vitaminas, los minerales, los aminoácidos y pigmentantes (xantofilas), que tienen mayor importancia relativa al considerar la posibilidad de utilizar el follaje deshidratado para especies monogástricas.

Cuando se trata de alimentos para monogástricos, normalmente el contenido de harina de follaje de yuca no debe pasar del 10% a 15% ya que con niveles mayores las raciones presentan alto contenido de fibra y baja palatabilidad. Las raciones con esa concentración de harina generalmente presentan variaciones mínimas en los nutrimentos menores (vitaminas, minerales trazas) en comparación con las raciones que no llevan harina.

Con respecto a la concentración de aminoácidos en el follaje de yuca es importante destacar el alto contenido de lisina (7.2 g/100 gramos de proteína cruda), y el bajo nivel de metionina (1.7 g/100 gramos de proteína cruda); estas concentraciones se deben tener en cuenta aún en el caso de usar bajos niveles de follaje.

En aves de postura y pollos de engorde es muy importante considerar el aporte de xantofilas pigmentantes y de vitamina A que se puede obtener de la harina de follaje cuando se ha procesado adecuadamente. De acuerdo con la información existente, cada kilogramo de materia seca de follaje bien procesado contiene alrededor de 600 mg de xantofilas totales, 500 mg de xantofilas pigmentantes (Agudu, 1972) y más de 1,000,000 de U.I. de vitamina A (Montaldo, 1977); estos valores garantizan una excelente pigmentación de la yema del huevo cuando la ración para ponedoras contiene niveles de harina de follaje de yuca mayores que el 2%.

Aunque el nivel de ácido cianhídrico en el follaje deshidratado generalmente supera las 200 ppm, el bajo porcentaje de follaje que se recomienda para raciones de aves y cerdos no ofrece peligro de toxicidad; sin embargo, en algunos casos el contenido de ácido cianhídrico puede afectar la palatabilidad de la ración.

Procesamiento del Follaje de Yuca para la Producción de Harina

Los métodos para deshidratar y procesar el follaje de yuca son semejantes a los que se utilizan para la producción de harina de alfalfa o de otros forrajes con iguales características (Figura 11.1).

Industrialmente existen numerosos sistemas de deshidratación para diferentes volúmenes de producto y diversas fuentes de energía. En cada caso es importante considerar la temperatura usada y la duración del proceso, ya que las temperaturas muy elevadas destruyen algunos nutrimentos (especialmente aminoácidos y vitaminas) o disminuyen su disponibilidad, y pueden afectar también la eficiencia en la eliminación del ácido cianhídrico.

El aminoácido lisina puede resultar seriamente afectado por las temperaturas altas, como consecuencia de un incremento en la reacción Maillard (ver Capítulo 3, sección 'Factores nutricionales y nocivos del follaje de yuca'), que afecta negativamente la disponibilidad del nutrimento en el proceso digestivo. Cuando el proceso de deshidratación está acompañado

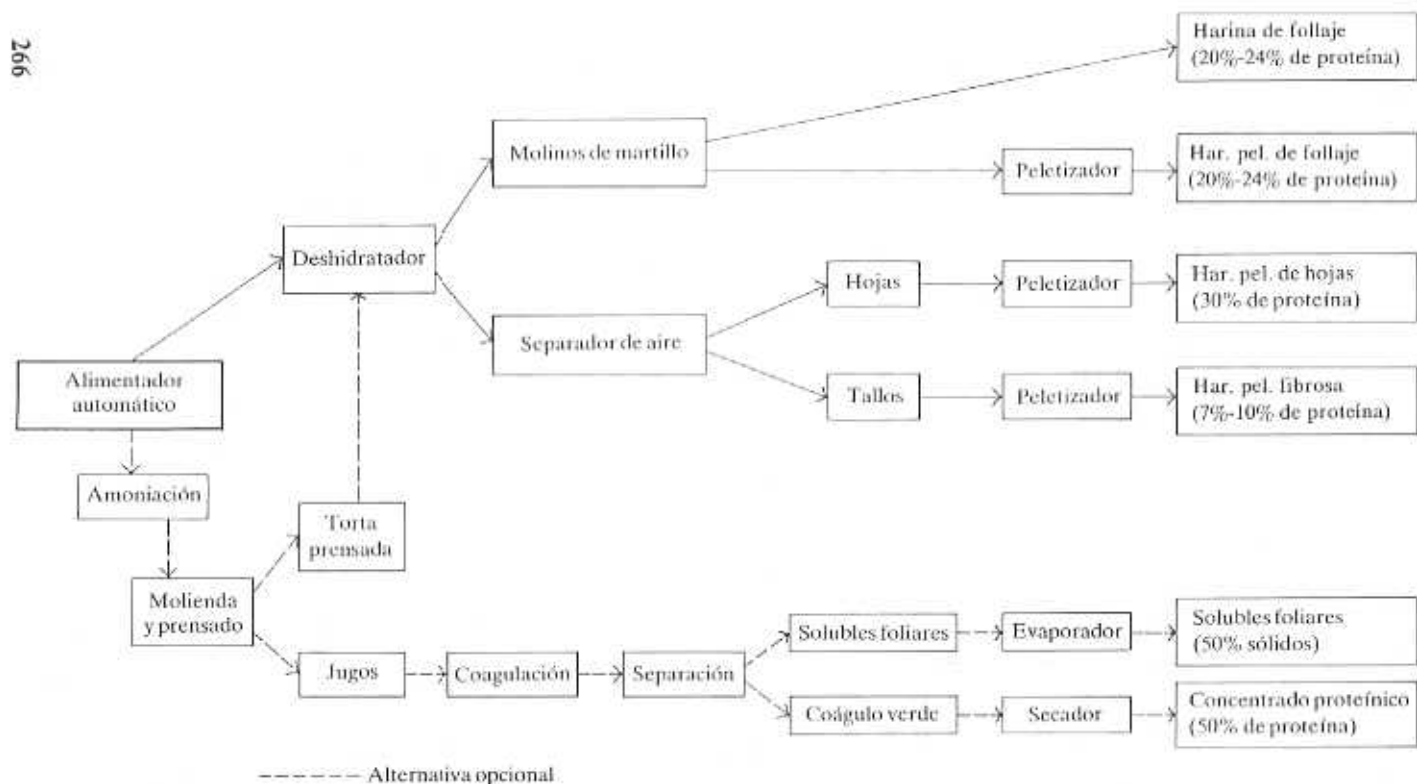


Figura 11.1. Representación esquemática de los procesos comerciales para la utilización de la parte aérea de la planta de yuca.
FUENTE: Muller, 1977.

por la peletización, es importante utilizar vapor, ya que de otra manera se produce inevitablemente un aumento en la reacción Maillard y una ligera destrucción de la proteína.

La deshidratación del follaje de la yuca se puede hacer fácilmente por medio de la energía solar, lográndose un secamiento perfecto con unas pocas horas de exposición. Este sistema no ofrece peligro sobre la disponibilidad de la lisina o de otros nutrimentos mayores; sin embargo, un proceso de deshidratación muy lento puede afectar el contenido de caroteno en el follaje.

Programas de Alimentación de Rumiantes y Monogástricos con Harina de Follaje de Yuca

La harina de follaje ofrece la ventaja de poderse incorporar en programas de alimentación a base de mezclas concentradas completas que facilitan el manejo y la conservación del producto final. El follaje seco y molido se mezcla con las materias primas restantes para producir un alimento balanceado completo, de acuerdo con los requerimientos nutricionales de la especie animal respectiva.

El concentrado final se puede producir en forma de harina o en forma peletizada. Teniendo en cuenta el alto nivel de fibra y la menor concentración energética que tienen las raciones con harina de follaje de yuca, el producto peletizado ofrece especial interés para especies monogástricas porque permite obtener mayor concentración de nutrimentos por unidad de volumen.

En general, la harina de follaje de yuca se puede incluir en raciones para cualquier especie animal, pero los niveles de utilización difieren considerablemente. Mientras en los rumiantes se pueden usar cantidades altas de follaje, bien sea fresco o deshidratado, en las especies monogástricas sólo es posible el uso de niveles menores sin que su rendimiento se altere.

Los Cuadros 11.1, 11.2 y 11.3 presentan ejemplos de programas de alimentación con harina de follaje de yuca para bovinos, los

Cuadro 11.1. Programas de alimentación para vacas en producción, usando niveles medios (20%-25%) de harina de follaje de yuca (HFY) en raciones a base de harina de las raíces de la misma especie (HRY) y de melaza.

Ingredientes y nutrimentos		Contenidos según ración			
		Ración a base de HRY		Ración a base de melaza	
		20% de HFY	25% de HFY	20% de HFY	25% de HFY
Ingredientes	(%)				
Harina de follaje de yuca		20.00	25.00	20.00	25.00
Harina de raíces de yuca		53.48	38.77	-	-
Sorgo		6.00	19.67	49.31	50.52
Melaza		-	-	16.65	12.53
Torta de soya		19.45	15.57	13.15	11.08
Fosfato bicálcico		0.42	0.34	0.24	0.22
Sal yodada		0.45	0.45	0.45	0.45
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos					
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.16	3.16	3.21	3.20
Proteína	(%)	15.00	15.00	15.00	15.00
Fibra	(%)	6.65	7.24	5.94	6.73
NDT	(%)	76.73	75.87	75.35	74.89
Calcio	(%)	0.54	0.54	0.54	0.54
Fósforo	(%)	0.38	0.38	0.38	0.38

Cuadro 11.2. Programas de alimentación para levante de novillas, con niveles medios y altos de harina de follaje de yuca (HFY).

Ingredientes y nutrimentos		Contenidos según ración	
		Con 15 % HFY	Con 30 % HFY
Ingredientes			
	(%)		
Harina de follaje de yuca		15.00	30.81
Harina de raíces de yuca		48.81	3.57
Sorgo		23.53	65.12
Torta de soya		11.98	-
Fosfato bicálcico		0.15	-
Carbonato cálcico		-	-
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrimentos			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.24	3.24
Proteína	(%)	12.00	12.00
Fibra	(%)	5.65	7.61
NDT	(%)	77.58	74.98
Calcio	(%)	0.40	0.40
Fósforo	(%)	0.31	0.31

Cuadros 11.4 a 11.7 incluyen programas para aves y los Cuadros 11.8 y 11.9 lo hacen para porcinos. La harina considerada en todos los casos corresponde a una de excelente calidad, con alta proporción de hojas y de composición nutricional cercana a la indicada en este capítulo.

En los programas de alimentación para ruminantes se da mayor prioridad a las fases de lactancia, levante y ceba intensiva, mientras en los programas para monogástricos se contempla únicamente la posibilidad de utilizar porcentajes menores de la harina en aves de postura, en pollas en levante y en cerdas en gestación y lactancia. A menos que se trate de condiciones especiales, no se recomienda la utilización del follaje de yuca en otras fases de producción.

Cuadro 11.3. Programas de alimentación suplementaria^a para ganado en ceba intensiva o semi-intensiva, con niveles medios de harina de follaje de yuca.

Componentes y nutrientes		Contenidos según suplemento			
		Con sorgo melaza y soya	Con sorgo y soya	Con sorgo y urea	Con sorgo
Ingredientes	(%)				
Harina de follaje de yuca		11.23	25.00	25.00	29.33
Harina de raíces de yuca		-	11.79	11.27	-
Sorgo		65.51	59.27	62.45	69.93
Melaza		15.00	-	-	-
Torta de soya		7.43	3.14	-	-
Urea		-	-	0.42	-
Fosfato bicálcico		0.23	0.20	0.26	0.14
Carbonato cálcico		-	-	-	-
Sal yodada		0.40	0.40	0.40	0.40
Minerales, vitaminas, amabólicos		0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrientes					
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.30	3.25	3.25	3.25
Proteína	(%)	12.00	12.00	12.00	12.00
Fibra	(%)	7.67	6.84	6.71	7.38
NDT	(%)	76.67	75.70	75.22	75.00
Calcio	(%)	0.40	0.40	0.40	0.40
Fósforo	(%)	0.35	0.35	0.35	0.35

a. Para utilizar como suplemento al pastoreo o a forrajes complementarios (ensilaje, heno, pasto de corte, etc.)

Cuadro 11.4. Programas de alimentación para ponedoras Fase P, con niveles bajos (5%) de harina de follaje de yuca.

Componentes y nutrientes		Contenidos según ración ^a		
		Con sorgo	Con 20% de HRY	Con 40% de HRY
Componentes	(%)			
Harina de follaje de yuca		5.00	5.00	5.00
Harina de raíces de yuca		-	20.00	40.00
Sorgo		63.29	39.10	14.96
Aceite vegetal		1.30	1.66	2.23
Torta de soya		15.61	19.37	23.12
Harina de pescado		5.00	5.00	5.00
DL - metionina		0.09	0.16	0.20
Fosfato bicálcico		0.86	0.81	0.76
Carbonato cálcico		8.55	8.40	8.25
Sal yodada		0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrientes				
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	2.73	2.73	2.73
Proteína	(%)	17.00	17.00	17.00
Metionina + cistina	(%)	0.64	0.69	0.72
Lisina	(%)	0.90	0.97	1.05
A. linoleico	(%)	1.32	1.36	1.40
Calcio	(%)	3.70	3.70	3.70
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45

a. Animales de 20-42 semanas, aproximadamente.

b. Raciones con sorgo y harina de raíces de yuca (HRY) como fuentes principales de energía.

Cuadro 11.5. Programas de alimentación para ponedoras Fase P, con niveles bajos (5%) de harina de follaje de yuca.

Ingredientes y nutrientes principales		Contenidos según ración ^a		
		Con sorgo	Con 20% de HRY	Con 40% de HRY
Ingredientes	(%)			
Harina de follaje de yuca		5.00	5.00	5.00
Harina de raíces de yuca		-	20.00	40.00
Sorgo		66.60	42.53	18.47
Aceite vegetal		0.41	0.89	1.37
Torta de soya		12.80	16.54	20.27
Harina de pescado		5.00	5.00	5.00
DL - metionina		0.10	0.16	0.21
Fosfato bicálcico		0.89	0.83	0.78
Carbonato cálcico		8.70	8.55	8.40
Sal yodada		0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrientes				
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	2.71	2.71	2.71
Proteína	(%)	16.00	16.00	16.00
Metionina + cistina	(%)	0.62	0.67	0.70
Lisina	(%)	0.82	0.90	0.98
A. linoleico	(%)	1.00	1.00	1.00
Calcio	(%)	3.75	3.75	3.75
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45

a. Ponedoras de 40-42 semanas en adelante.

b. Raciones con sorgo y harina de raíces de yuca (HRY) como fuentes principales de energía.

Cuadro 11.6. Programas de alimentación para pollas de levante (6-14 semanas) con niveles medios (12.5%) de harina de follaje de yuca.

Ingredientes y nutrimentos principales		Contenidos según ración ^a		
		Con sorgo	Con 20% de HRY	Con 40% de HRY
Ingredientes	(%)			
Harina de follaje de yuca		12.50	12.50	12.50
Harina de raíces de yuca		-	20.00	40.00
Sorgo		67.11	43.03	20.10
Aceite vegetal		0.38	0.86	0.13
Torta de soya		15.10	18.87	22.68
Harina de pescado		2.50	2.50	2.50
DL - metionina		0.15	0.17	0.22
Fosfato bicálcico		1.04	1.00	0.94
Carbonato cálcico		0.72	0.57	0.43
Sal yodada		0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrimentos				
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	2.80	2.80	2.80
Proteína	(%)	17.00	17.00	17.00
Metionina + cistina	(%)	0.68	0.68	0.72
Lisina	(%)	0.87	0.95	1.02
A. linoleico	(%)	1.00	1.00	1.00
Calcio	(%)	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45	0.45

a. Raciones con sorgo y harina de raíces de yuca (HRY) como fuentes principales de energía.

Cuadro 11.7. Programas de alimentación para pollas de levante (14-20 semanas) con niveles medios de harina de follaje de yuca.

Ingredientes y nutrimentos principales		Contenidos según ración ^a		
		Con sorgo	Con 20% de HRY	Con 40% de HRY
Ingredientes	(%)			
Harina de follaje de yuca		12.50	12.50	12.50
Harina de raíces de yuca		-	20.00	40.00
Sorgo		71.30	48.04	25.09
Accite vegetal		0.11	0.58	0.11
Salvado de trigo		6.50	6.70	6.54
Torta de soya		5.17	7.90	11.65
Harina de pescado		2.00	2.00	2.00
DL - metionina		0.10	0.15	0.18
Fosfato bicálcico		0.90	0.86	0.81
Carbonato cálcico		0.92	0.77	0.62
Sal yodada		0.30	0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrimentos				
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	2.75	2.75	2.75
Proteína	(%)	13.00	13.00	13.00
Metionina + cistina	(%)	0.52	0.54	0.56
Lisina	(%)	0.60	0.65	0.72
A. linoleico	(%)	1.00	1.00	1.00
Calcio	(%)	0.80	0.80	0.80
Fósforo disponible	(%)	0.40	0.40	0.40

a. Raciones con sorgo y harina de raíces de yuca (HRY) como fuentes principales de energía.

Cuadro 11.8. Programas de alimentación para cerdas en gestación, con niveles bajos de harina de follaje de yuca.

Ingredientes y nutrientes principales		Contenidos según ración ^a		
		Con sorgo	Con 20% de HRY	Con 40% de HRY
Ingredientes (%)				
Harina de follaje de yuca		3.24	4.18	5.12
Harina de raíces de yuca		-	20.00	40.00
Sorgo		83.41	59.37	35.36
Torta de soya		9.81	13.13	16.44
Fosfato bicálcico		2.29	2.24	2.18
Carbonato cálcico		0.65	0.48	0.30
Sal yodada		0.40	0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrientes				
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	3.10	3.10	3.10
Proteína	(%)	12.50	12.50	12.50
Metionina + cistina	(%)	0.40	0.38	0.36
Lisina	(%)	0.50	0.57	0.65
Calcio	(%)	0.75	0.75	0.75
Fósforo disponible	(%)	0.60	0.60	0.60

a. Raciones de sorgo y harina de raíces de yuca (HRY) como fuentes principales de energía.

Cuadro 11.9. Programas de alimentación para cerdas en lactancia, con niveles bajos de harina de follaje de yuca.

Ingredientes y nutrientes principales		Contenidos según ración ^a		
		Con sorgo	Con 20% de HRY	Con 40% de HRY
Ingredientes (%)				
Harina de follaje de yuca		3.68	4.71	5.63
Harina de raíces de yuca		-	20.00	40.00
Sorgo		82.08	58.00	34.00
Torta de soya		10.97	14.25	17.57
Fosfato bicálcico		1.80	1.75	1.69
Carbonato cálcico		0.87	0.69	0.51
Sal yodada		0.40	0.40	0.40
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20	0.20
Nutrientes				
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	3.10	3.10	3.10
Proteína	(%)	13.00	13.00	13.00
Metionina + cistina	(%)	0.41	0.39	0.39
Lisina	(%)	0.58	0.61	0.69
Calcio	(%)	0.75	0.75	0.75
Fósforo disponible	(%)	0.50	0.50	0.50

a. Raciones con sorgo y harina de raíces de yuca (HRY) como fuentes principales de energía.

Concentrado Proteínico de Hojas de Yuca

La parte aérea de la planta de yuca también ofrece la posibilidad de ser procesada para producir proteína foliar con destino a la alimentación de monogástricos. Existen en las hojas dos fracciones proteínicas de mayor importancia: la cloroplasmática o fracción verde y la citoplasmática o fracción blanca; algunos sistemas de procesamiento permiten separar en la fracción cloroplasmática la clorofila y los carotenos, mientras que en la fracción citoplasmática se logran fijar las proteínas de mayor valor biológico.

Aunque gran parte de la información correspondiente está aún a nivel experimental, ya existen procesos comerciales para la producción de esta proteína foliar a gran escala. El método más elemental consiste en extraer el jugo mediante la molienda de las hojas, y someterlo a la acción del calor para permitir la coagulación de las proteínas. Uno de los sistemas probados comercialmente consiste en una modificación del método conocido como Proceso Pro-Xan, el cual se ilustra en forma esquemática en la Figura 11.1 (parte inferior).

Entre los factores que más limitan el rendimiento en el proceso de producción de proteína foliar está el hecho de que sólo la proteína verdadera se puede coagular durante uno de los pasos del proceso; por lo tanto, no se recuperan otros componentes nutricionales esenciales como son los aminoácidos libres, los cuales representan más del 60% del nitrógeno no proteico presente en las hojas de yuca.

Para obtener información más detallada sobre éste y otros métodos de producción de proteína foliar, pueden consultarse los trabajos de Kolher y Bickoff (1971) y de Vosloh et al. (1976).

Bibliografía

- Abbes, D. 1956. Solução fluminense de âmbito nacional: Farelo integral de mandioca. Boletim Fluminense de Agricultura 5(57):9-12.

- Adrian, J. y Peyrot, F. 1970. Rôle de la feuille de manioc (*Manihot utilissima*) dans les rations alimentaires de type tropical. *Médecine Tropicale* 30(2):263-274.
- * Agudu, E. W. 1972. Preliminary investigation on some unusual feedstuffs as yolk pigments in Ghana. *Ghana J. Agricultural Sci.* 5:33-38.
- Athanassof, N. 1917. Contribuição para o estudo da mandioca, canna e campin fino, utilizados como forragem na alimentação do gado leiteiro. Piracicaba, Brasil. 98 p.
- Barbosa, C. 1972. Aproveitamento da parte aérea da mandioca na alimentação animal. Tesis Mag. Sc. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, Brasil. 71 p.
- Brandao, J. 1920. A mandioca como forragem. *Chácaras e Quintaes* 21(6):469-470.
- Da Silva, J. R. 1966. Farelo de ramas e folhas de mandioca na alimentação animal. *Chácaras e Quintaes* 114(6):663-666.
- De Carvalho, J. L. H. 1985. A mandioca; raiz e parte aérea na alimentação animal. Circular técnica 17. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Planaltina, D. F. 36 p.
- De Miranda, R. M.; Laun, G. F. y Costa, B. I. 1957. Emprégo de feno de mandioca, de cudzú tropical, de marmelada de cavalo e de alfalfa em rações de pintos. Publicação 19. Instituto de Zootecnia, Rio de Janeiro. 18 p.
- Echandi, M. O. 1952. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. *Turrialba* 2(4):166-169.
- Escovar M., I. B. 1979. Utilización de hojas y tallos deshidratados de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en alimentación animal. Tesis Quim. Universidad Simón Bolívar, Miranda, Venezuela. 70 p.
- Kok Choo, T. L. 1972. The nutritive value and utilization of tapioca leaf on the performance of swine. Tesis B. Agr. Sc. University of Malaya, Faculty of Agriculture, Kuala Lumpur. 88 p.
- y Hutagalung, R. I. 1972. Nutritional value of tapioca leaf (*Manihot utilissima*) for swine. *Malaysian Agricultural Research* 1:38-47.
- * Kolher, G. O. y Bickoff, E. M. 1971. Commercial production of leaf protein from alfalfa in the USA. En: *Leaf protein*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Inglaterra.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Mendes, M. A.; Costa, B. M. y Gramacho, D. D. 1973. Efeito do feno de folhas de mandioca (*Manihot Esculenta* Crantz) na alimentação de pintos. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia, Cruz das Almas, Brasil. Serie Pesquisa 1(1):153-159.
- * Montaldo, A. 1977. Whole plant utilization of cassava for animal feed. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 1977. International Development Research Centre. Ottawa, Canadá. 147 p.
- Montilla, J. J. 1977. Posibilidades de utilización de follaje de yuca en alimentación de pollos de engorde. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracay. 78 p.
- ; Vargas, R. y Montaldo, A. 1977. The effect of various levels of cassava leaf meal in broiler chick rations. En: Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4., Cali, Colombia, 1976. Memorias. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 143-145.
- Muller, Z. 1977. Improving the quality of cassava root and leaf product technology. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 1977. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 147 p.
- Normanha, B. S. 1962a. Farelo de ramas e folhas de mandioca. Agronómico 14(5-6):16-19.
- . 1962b. Farelo de rama de mandioca. Chácaras e Quintais 105(3):279-283.
- Pereira, A. S. 1966. Aipim (mandioca) para vaca leiteira. Chácaras e Quintais 113(1):13-14.
- Rajaguru, A. S. B.; Ravindran, V. y Banda Ranaweera, R. M. 1979. Manioc leaf meal (*Manihot esculenta* Crantz) as a source of protein for fattening swine. Journal of the National Science Council of Sri Lanka 7(2):105-110.
- Rojanaridpiched, C. 1977. Cassava leaf pellets as a protein source in Thailand. Cassava Newsletter (1):5.
- Ross, E. y Enriquez, F. Q. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. Poultry Science 48(3):846-853.
- Siriwardene, J. A. de S. y Ranaweera, K. N. P. 1974. Manioc leaf meal in poultry diets. Ceylon Veterinary Journal 22(3-4):52-57.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- * Vosloh, C. J.; Edwards, R. H.; Enochian, R. V.; Kuzmicky, D. D. y Kolher, G. O. 1976. Leaf Protein concentrate (Proxan) from alfalfa: An economic evaluation. National Economics Analytical Division, Economic Research Service. Agri. Econ. Rep. 346. 38 p.
- Wyllie, D. y Chamanga, P. J. 1979. Harina de hojas de yuca en dietas de pollos de ceba. Producción Animal Tropical 4:241-249.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

Capítulo 12

Subproductos de la Yuca, y Yuca Fermentada en la Alimentación Animal

Debido a que la yuca es un producto estrechamente ligado a la cultura y la tradición de la mayoría de las regiones del trópico, existe un número muy crecido de métodos para utilizarla y procesarla. Gran parte de la producción se destina al consumo directo como alimento fresco, otra parte se procesa para obtener diferentes productos alimenticios, y una tercera fracción, generalmente constituida por yuca de calidad inferior, se utiliza para fines industriales.

Para procesar o industrializar la yuca se pueden usar procedimientos rudimentarios como los aplicados en la producción de almidón, o procesos más complejos como los destinados a la producción de alcohol, dextrosa, ácido cítrico, etc. En todos estos procesos, rudimentarios o industriales, se obtiene una cantidad más o menos importante de subproductos que pueden tener alguna importancia como alimento para animales; sin embargo, la variabilidad en la calidad y en la cantidad es bastante amplia, lo que impide generalizar las recomendaciones y conclusiones.

En el presente capítulo se presentan algunos ejemplos de programas de alimentación elaborados con los subproductos más importantes de la yuca, como son la corteza o cáscara de la raíz y los subproductos de la fabricación de almidón. Las composiciones de las harinas de la corteza y del ripio (bagazo, pulpa) de yuca tomadas como base para la elaboración de estos programas son las contenidas en el Cuadro 12.1; la información correspondiente a otros subproductos se puede consultar en el Capítulo 2.

Cuadro 12.1. Composición nutricional de la corteza o cáscara y del bagazo o ripo de yuca, utilizados en los programas de alimentación para aves y cerdos.

Componentes		Contenido según subproducto	
		Corteza	Bagazo
Humedad	(%)	10.0	10.0
E. metabolizable para aves	(Mcal/kg)	1.81	2.75
E. digestible para cerdos	(Mcal/kg)	2.20	2.90
E. digestible para rumiantes	(Mcal/kg)	2.80	3.00
Fibra	(%)	14.00	11.80
Proteína	(%)	5.30	2.50
Metionina + cistina	(%)	0.06	0.03
Lisina	(%)	0.10	0.06
Calcio	(%)	0.90	0.30
Fósforo	(%)	0.30	0.11

La Cáscara o Corteza de Yuca

La corteza es un subproducto de importancia especial, por su amplia disponibilidad y su composición. Constituye aproximadamente el 20% del peso total de la raíz fresca, bien sea que la yuca se destine a la alimentación humana o que se procese industrialmente, y su calidad es bastante uniforme, ya que los métodos para descortezar la raíz generalmente permiten separar un producto homogéneo.

En cuanto a su composición, la corteza de yuca tiene la ventaja de un buen contenido de almidón y un nivel de fibra que no es tan exageradamente alto como sucede con otros tipos de cáscaras y cortezas. La mayor parte de la información disponible asigna a la corteza de yuca valores de energía digestible superiores a 2000 kcal/kg en base seca; los valores para la fibra cruda son inferiores a 3% en base fresca y a 15% en base seca. Estas cifras permiten incluir pequeñas cantidades del subproducto en raciones para ponedoras, cerdos de engorde y, naturalmente, rumiantes.

Es importante recordar que en los tejidos más superficiales de la raíz, y especialmente en la corteza, es donde más se concentra el ácido cianhídrico; este es un factor negativo que exige mayor

cuidado cuando se trata de variedades con alto contenido de glucósidos cianogénicos y cuando el porcentaje de cáscara que se pretende incluir en la ración es elevado.

De acuerdo con la información disponible, para la utilización de la corteza en la alimentación animal se presentan dos alternativas, las cuales se ilustran con los ejemplos que se presentan en este capítulo. La primera alternativa consiste en usar el producto deshidratado (harina) a niveles máximos para aves ponedoras y cerdos de engorde, mientras la segunda se refiere al uso del producto fresco como suplemento para ganado de leche o en ceba intensiva. Puesto que los ejemplos analizados contemplan la utilización de altos niveles del producto fresco, al hacer uso de tales programas se requiere mayor cautela cuando se trate de utilizar variedades con altos contenidos de ácido cianhídrico.

Subproductos de la Extracción de Almidón

A diferencia de lo que se observa en la corteza de yuca con respecto a la uniformidad en la calidad, en el caso de los subproductos de la fabricación de almidón existe una gran variación en la concentración de sus componentes nutricionales. El factor que más incide en la diferencia de calidad entre los diversos subproductos o en el mismo subproducto entre diferentes regiones es el sistema de procesamiento; así en los sistemas más rudimentarios para la producción de almidón 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 de agua que se utiliza en el proceso, y el porcentaje de ella que queda retenido en el subproducto resultante. A mayor contenido de humedad, menor es la concentración de almidón y de otros nutrimentos.

Los subproductos del almidón que ofrecen mayor interés como materias primas para la alimentación animal son dos: el bagazo (ripio, pulpa) y la cachaza o mancha.

El bagazo tiene una importancia práctica especial, ya que puede representar entre el 10% y 20% del peso de las raíces de yuca utilizadas para la producción del almidón. Aunque el nivel de fibra en el bagazo es alto (10%-12%), generalmente contiene una cantidad considerable de almidón (hasta 60%); por otra parte, su nivel de glucósidos cianogénicos es mínimo, debido a que los procesos de extracción y lavado eliminan casi la totalidad del tóxico.

Las impurezas del almidón y los materiales sobrenadantes que resultan durante el procesamiento generalmente se recuperan en la fracción denominada cachaza o mancha de yuca. A pesar de que esta fracción representa un volumen mínimo, su calidad nutricional es excelente ya que la mayoría de los sólidos corresponden a almidón.

Normalmente la fracción sobrenadante se obtiene como una solución con un alto contenido (más de 90%) de humedad; una vez deshidratada, queda constituida casi en su totalidad por almidón (más de 90%) y en una mínima parte (menos de 1%) por fibra.

Programas de Alimentación Animal con Subproductos de Yuca

Teniendo en cuenta la poca uniformidad nutricional y el poco potencial que los subproductos de la yuca presentan como componentes de raciones para aves y cerdos cuando están con la humedad original, en los ejemplos de programas de alimentación que se analizan enseguida, se incluyen preferiblemente subproductos deshidratados. La deshidratación convierte tales subproductos (harina de bagazo o de cachaza) en ingredientes energéticos capaces de constituir un componente importante en la ración, según sea la fase de producción del animal.

En el Cuadro 12.2 se presentan programas que incluyen harina de corteza o harina de bagazo como componente de la dieta para ponedoras. Los Cuadros 12.3 y 12.4 corresponden a programas de alimentación para cerdos, que incluyen los mismos productos.

Cuadro 12.2. Programas de alimentación para ponedoras Fase 2ª, con niveles bajos de harina de corteza o cáscara y de bagazo o ripo de yuca.

Ingredientes y factores nutricionales		Contenidos según ración	
		Con corteza	Con bagazo
Ingredientes	(%)		
Corteza de yuca (harina)		6.75	-
Bagazo de yuca (harina)		-	17.80
Sorgo		62.59	48.75
Torta de soya		14.95	17.42
Aceite		0.47	0.74
Harina de pescado		5.00	5.00
DL-metionina		0.17	0.18
L-lisina		0.14	-
Fosfato bicálcico		0.87	0.92
Carbonato cálcico		8.69	8.68
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutramentos			
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	2.70	2.70
Proteína	(%)	16.00	16.00
Metionina + cistina	(%)	0.69	0.69
Lisina	(%)	0.83	0.86
A. linoleico	(%)	1.00	1.00
Calcio	(%)	3.75	3.75
Fósforo disponible	(%)	0.45	0.45

Cuadro 12.3. Programas de alimentación para cerdos en acabado (50-90 kg) con niveles bajos de harina de corteza o cáscara de yuca, en raciones a base de sorgo y harina de yuca.

Ingredientes y factores nutricionales		Contenidos según ración	
		Con sorgo	Con harina de yuca
Ingredientes	(%)		
Corteza de yuca (harina)		4.75	6.50
Harina de yuca		-	62.95
Sorgo		81.22	-
Torta de soya		11.73	24.11
DL-metionina		-	-
L-lisina		0.06	-
Fosfato bicálcico		1.29	1.10
Carbonato cálcico		0.44	-
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutramentos			
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.15	3.15
Proteína	(%)	12.80	12.80
Metionina + cistina	(%)	0.40	0.35
Lisina	(%)	0.57	0.76
Calcio	(%)	0.50	0.50
Fósforo disponible	(%)	0.40	0.40

a. Animales de más de 40-42 semanas de edad.

Cuadro 12.4. Programas de alimentación para cerdos en acabado (50-90 kg) con niveles medios de harina de bagazo o rípio de yuca, en raciones a base de sorgo y harina de yuca.

Ingredientes y factores nutricionales		Contenidos según ración	
		Sorgo	Harina de yuca
Ingredientes	(%)		
Bagazo de yuca (harina)		14.31	25.60
Harina de yuca		-	44.59
Sorgo		69.72	4.49
Torta de soya		13.71	23.64
DL-metionina		-	-
L-lisina		0.03	-
Fosfato bicálcico		1.31	1.18
Carbonato cálcico		0.42	-
Sal yodada		0.30	0.30
Minerales, vitaminas, aditivos		0.20	0.20
Nutrientos			
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	3.15	3.15
Proteína	(%)	12.80	12.80
Metionina + cistina	(%)	0.39	0.35
Lisina	(%)	0.57	0.74
Calcio	(%)	0.50	0.50
Fósforo disponible	(%)	0.40	0.40

Los Cuadros 12.5 a 12.8 presentan diferentes programas de alimentación para bovinos (para leche y para carne) con corteza de yuca fresca como componente de las dietas. No se presentan raciones con mancha o cachaza como componente porque este subproducto se puede utilizar de manera muy similar a la harina de yuca (Capítulo 7).

Cuadro 12.5. Uso de corteza de yuca fresca en programas de alimentación para vacas lecheras, con una producción esperada de 15-20 kg/día.

Componentes y nutrimentos		Composición de las raciones		
		Con ensilaje	Con pasto	Con melaza
Componentes	(kg/animal/día)			
Cáscara fresca de yuca		20.00	24.00	40.00
Ensilaje de maíz		20.00	-	-
Elefante o king grass		-	34.00	-
Melaza		-	-	4.00
Suplemento (40% proteína)		2.60	2.50	2.70
Nutrimentos/animal/día				
Materia seca	(kg)	14.70	16.70	16.70
NDT	(kg)	10.00	10.00	10.50
E. digestible	(Mcal)	43.00	43.00	44.00
Proteína	(g)	2000.00	1950.00	1900.00

Cuadro 12.6. Uso de cáscara de yuca fresca en programas de alimentación para vacas lecheras con producciones esperadas de 10-15 kg/día.

Componentes y nutrimentos		Composición de las raciones		
		Con ensilaje	Con pasto	Con melaza
Componentes	(kg/anim./día)			
Cáscara fresca de yuca		15.00	20.00	30.00
Ensilaje de maíz		15.00	-	-
Elefante o king grass		-	20.00	-
Melaza		-	-	1.00
Suplemento (40% proteína)		1.80	1.70	1.80
Nutrimentos/animal/día				
Materia seca	(kg)	11.00	11.50	10.80
NDT	(kg)	7.30	7.30	7.50
E. digestible	(Mcal)	31.30	31.30	31.90
Proteína	(g)	1360.00	1320.00	1260.00

Cuadro 12.7. Programas de alimentación con corteza o cáscara de yuca fresca para novillos de engorde, con aumentos de producción esperados de 0.6-0.8 kg/animal/día.

Componentes y nutrientes		Composición de las raciones		
		Con ensilaje	Con pasto	Con melaza
Componentes	(kg/anim./día)			
Cáscara fresca de yuca		12.00	12.00	22.00
Ensilaje de maíz		10.00	-	-
Elefante o king grass		-	15.00	-
Melaza		-	-	1.00
Suplemento (40% proteína)		0.60	0.50	-
Urea		-	-	0.10
Nutrientes/animal/día				
Materia seca	(kg)	7.10	7.10	6.90
NDT	(kg)	4.10	4.20	4.40
E. digestible	(Mcal)	17.60	17.90	18.20
Proteína	(g)	680.00	660.00	680.00

Cuadro 12.8. Programas de alimentación con corteza o cáscara de yuca fresca para novillos de engorde, con aumentos de peso esperados de 0.8-1.0 kg/animal/día.

Componentes y nutrientes		Composición de las raciones		
		Con ensilaje	Con pasto	Con melaza
Componentes	(kg/anim./día)			
Cáscara fresca de yuca		15.00	15.00	30.00
Ensilaje de maíz		15.00	-	-
Elefante o king grass		-	20.00	-
Melaza		-	-	1.50
Suplemento (40%)		0.60	0.80	-
Urea		-	-	0.12
Nutrientes/animal/día				
Materia seca	(kg)	9.80	9.40	9.50
NDT	(kg)	6.00	6.00	6.10
E. digestible	(Mcal)	25.80	25.80	26.10
Proteína	(g)	910.00	900.00	900.00

Yuca Enriquecida mediante Procesos de Fermentación Microbiana

Aunque no ha sido posible el desarrollo de métodos comerciales eficientes para producir yuca enriquecida con proteína unicelular, a nivel experimental se han evaluado sistemas que pueden tener un potencial importante en el futuro.

Las experiencias realizadas en diferentes regiones abarcan desde métodos elementales hasta sistemas que involucran una tecnología compleja y altos costos de producción. En la mayoría de los casos, el principio de producción de proteína se basa en la utilización de raíces de yuca como sustrato para el desarrollo de organismos unicelulares, los cuales estimulan la conversión de parte de los almidones en proteína microbiana.

La elaboración tradicional de productos para consumo humano como el gari o la farinha se fundamenta en procesos de fermentación mediante bacterias (*Corynebacterium manihot*) y levaduras (*Geotrichum candidum*). Sin embargo, en estos casos la síntesis neta de proteína es muy pequeña, debido a que no se utiliza nitrógeno suplementario y otros micronutrientes que se necesitan para que se produzca una cantidad importante de proteína adicional.

Para obtener productos con altos niveles finales de proteína microbiana se requiere la presencia de microorganismos que tengan una alta capacidad de conversión de carbohidratos a proteínas, y que permitan la incorporación de suplementos y aditivos para mejorar la eficiencia en la fermentación.

Los microorganismos seleccionados para estas evaluaciones generalmente incluyen cepas de *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Neurospora* y *Fusarium*. Para enriquecer el medio de cultivo y promover un mayor crecimiento del microorganismo se requiere la adición de algunos nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo; generalmente la incorporación de nitrógeno se ha hecho mediante fuentes de bajo costo como urea, gallinaza, y sales amoniacales.

Los procedimientos desarrollados tradicionalmente para promover el crecimiento de microorganismos en la yuca como sustrato incluyen: inoculación de yuca ensilada, sistemas de fermentación sólida, fermentación de material sólido humedecido y fermentación líquida. Sobre cada uno de estos métodos se puede consultar información detallada en varios trabajos ya publicados (Varghese et al., 1976; Gregory, 1977; Meiering y Azi, 1977; Santos y Gómez, 1977; Hutagalung y Tan, 1976). En este capítulo solamente se describen brevemente dos procesos diferentes, uno de eficiencia baja y otro de mayor eficiencia.

En el primer caso, un sistema de baja eficiencia, se usa harina de yuca (65-75%) y gallinaza seca (25%-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 lograr una humedad de 50%, se esteriliza con calor (100°C por 4 horas) y luego 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 27-30°C durante 48 horas. La yuca fermentada se traslada a un horno secador para obtener un producto final con aproximadamente 15% de proteína (Cuadro 12.9).

Es importante anotar, sin embargo, que la información obtenida sobre este procedimiento no permite diferenciar qué cantidad de proteína en el producto final proviene de la fermentación microbiana y qué cantidad proviene de los componentes que no han sido fermentados. En el Cuadro 12.10 se presenta un resumen de los resultados obtenidos al utilizar diferentes niveles de este tipo de yuca fermentada en raciones para pollos de engorde.

El segundo sistema, más eficiente que el anterior, es un método de fermentación líquida en el que se usa yuca fresca como sustrato y una cepa del hongo *Aspergillus fumigatus* como inóculo (Gregory, 1977). En este sistema se hace una suplementación del sustrato con urea y fósforo y se obtiene un producto con niveles superiores de proteína (35%-45%), como se puede apreciar en los siguientes datos del CIAT (1978) sobre la composición

Cuadro 12.9 Comparación nutricional entre la yuca deshidratada, la yuca fermentada, la gallinaza y el hongo *Rhizopus* sp. utilizados en el proceso de fermentación.

Aspectos considerados	Contenidos de los productos			
	Yuca deshidratada	Yuca fermentada	<i>Rhizopus</i> sp	Gallinaza
Factores nutricionales (%)				
Humedad	11.00	9.70	9.50	9.60
Proteína (N x 6.25)	2.30	15.00	21.50	27.60
Ceniza	1.60	16.71	-	24.40
Extracto etéreo	1.20	1.99	-	1.50
ENN	81.20	53.93	-	24.00
Fibra	2.70	8.19	-	12.90
Calcio	0.35	2.71	-	7.90
Fósforo	0.40	0.86	-	2.15
Aminoácidos (g/16 g de N de materia seca)				
Arginina	12.60	5.20	4.10	1.90
Histidina	2.60	1.30	1.30	0.60
Isoleucina	2.20	1.30	3.30	1.40
Leucina	3.90	3.00	5.20	2.70
Lisina	4.30	2.50	5.80	1.80
Metionina	1.30	1.10	0.80	0.50
Fenilalanina	2.20	1.20	4.60	1.30
Treonina	3.50	1.90	4.00	1.40
Triptófano	-	-	-	1.90
Valina	3.00	2.30	4.90	2.50

Fuente: Hutagalung y Tan, 1976

Cuadro 12.10. Experiencias a nivel experimental con raciones a base de yuca fermentada (con *Rhizopus* sp.) para pollos de engorde.

Componentes de la ración y factores de rendimiento		Composición de las raciones y rendimientos				
Componentes	(%)					
Yuca fermentada		–	11.30	22.50	33.30	43.00
Maíz		45.00	33.80	22.50	11.50	–
Torta de soya		25.00	24.30	23.70	23.10	23.00
Harina de pescado		15.70	15.70	15.70	15.70	15.70
Harina de alfalfa		3.00	3.00	3.00	3.00	30.00
Azúcar		2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Aceite vegetal		6.00	6.60	7.30	8.10	10.00
Minerales y vitaminas		2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
Factores del rendimiento						
Peso a las 4 semanas	(g)	361.00	582.00	641.00	560.00	618.00
Peso a las 8 semanas	(g)	1466.00	1402.00	1648.00	1428.00	1394.00
Consumo diario	(g)	61.00	65.00	74.00	73.00	73.00
Consumo/ganancia		2.40	2.40	2.60	2.70	2.90

FUENTE: Utagalung y Tan, 1976.

porcentual de la biomasa de yuca fermentada con el hongo *A. fumigatus* I-21A:

Humedad	11.60%
Proteína (N x 6.25)	35.00%
Ceniza	4.10%
Extracto etéreo	3.00%
ENN	30.00%
Fibra	19.30%
Calcio	0.20%
Fósforo	0.80%

El proceso consiste en colocar la yuca fresca rallada (desintegrada) en un tanque fermentador que contiene agua, y calentarla a 65-70°C para que el almidón se gelatinice; entonces se le agrega agua hasta obtener una concentración de carbohidratos totales de aproximadamente 4% y una temperatura de 45°C; enseguida se le agrega ácido sulfúrico para bajar el pH

hasta 3.5, y finalmente se le adicionan urea como fuente de nitrógeno y fosfato potásico como fuente de fósforo. Luego se mezcla el inóculo (*Aspergillus fumigatus* I-21A) con este medio y se deja fermentar durante 20 horas aproximadamente.

En el Cuadro 12.11 se incluye información adicional sobre las condiciones requeridas para una eficiente obtención de proteína unicelular por este método de fermentación, y en el Cuadro 12.12 se resumen algunos resultados que se han obtenido en cerdos alimentados con raciones que contienen diferentes niveles de este tipo de yuca enriquecida.

Cuadro 12.11. Condiciones para el proceso de fermentación de yuca con *A. fumigatus* 1-21A, destinado a obtener proteína microbiana.

Condiciones		Observaciones y/o resultados
Concentración: de carbohidratos del inóculo	4% 6.7%	Estas proporciones de carbohidratos e inóculo permiten completar la fermentación en 20 horas.
Calentar la masa en la mitad del volumen total de agua	10 min a 70°C	a. Se gelatiniza el almidón, hecho que permite la completa utilización del sustrato. b. Se evitan situaciones que puedan inhibir la actividad del hongo. c. Se obtiene una temperatura adecuada para el proceso.
Adición de urea como fuente de N	1.72 g/l	Además de su aporte nutricional, conserva el pH deseado.
Adición de KH_2PO_4 como fuente de minerales	0.25 g/l	Garantiza suficiente aporte de P.
Adición de H_2SO_4 para ajustar el pH		Garantiza un pH de 3.5 y aporta el nivel requerido de S.
Temperatura	45°C	Inhibe el crecimiento de levaduras, permitiendo el uso de condiciones no asépticas.
Agitación y aireación durante el crecimiento		Facilita una rápida transferencia de oxígeno a las células en crecimiento.

FUENTE: Gregory, 1977.

Cuadro 12.12 Experiencias a nivel experimental con biomasa de yuca fermentada (con *Aspergillus fumigatus* I-21A) en raciones para cerdos en crecimiento y acabado.

Aspectos considerados		Composición ^a y rendimientos según ración			
Componentes	(%)				
Biomasa (con <i>A. fumigatus</i>)		-	-	43.00(34.80)	43.00(34.80)
Harina de yuca		-	66.10(72.40)	52.80(61.00)	52.50(60.70)
Sorgo		77.80(85.40)	-	-	-
Torta de soya		18.00(10.40)	29.40(23.10)	-	-
DL-metionina		-	0.30	-	0.30
Minerales y vitaminas		4.20	4.20	4.20	4.20
Factores del rendimiento					
Peso inicial	(kg)	15.80	15.80	15.80	15.80
Peso final	(kg)	94.40	95.70	90.00	90.70
Días en experimentación	(no.)	112.00	119.00	140.00	119.00
Aumento peso diario	(kg)	0.70	0.67	0.53	0.63
Consumo diario	(kg)	2.57	2.37	2.09	2.12
Alimento/ganancia		3.67	3.53	3.94	3.37

a. Las cifras entre parentesis indican los porcentajes utilizados en las raciones para acabado, mientras las precedentes corresponden a raciones para crecimiento.

FUENTE: CIAT, 1978.

Bibliografía

- Abedowale, E. A. 1981. Reemplazamiento del maíz por cáscaras de la yuca fermentada (*Manihot utilissima* Pohl) en raciones para ovejas. *Producción Animal Tropical* 6(1):58-64.
- Bruns, P. 1974. Nutritional, microbiological and physicochemical studies on chemically modified-tapioca starch. Tesis Ph.D. Cornell University, New York. 102 p.
- * CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Informe anual. Unidad de Porcinos. Cali, Colombia. p. E1-E20.
- * Gregory, K. F. 1977. Cassava as a substrate for single-cell protein production: Microbiological aspects. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 147 p.
- Hansson, N. 1913. Maniokakli, ett nytt inom Sverige tillverkad fodermedel. *Kungliga Landbruks Akademiens Handlingar och Tidskrift* 52:370-376.
- * Hutagalung, R. I. y Tan, P. H. 1976. Utilization of nutritionally improved cassava in poultry and pig diets. En: Cock, J. H.; MacIntyre, R. y 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, Ottawa, Canadá. 277 p.
- Kok, E.A. 1942. O farelo de raspas de mandioca na alimentação dos animais. *Boletim de Indústria Animal* 5(4):195-205.
- Larsen, R. E. y Amaning-Kwarteng, K. 1976. Cassava peels with urea and molasses as dry season supplementary feed for cattle. *Ghana Journal of Agricultural Science* 9(1):43-47.
- Lee, P. K. y Yang, Y. F. 1978. Estudio comparativo de la digestibilidad nutritiva de trozos de batata, bagazo seco de yuca y trozos de banano en porcinos. *Journal of the Agricultural Association of China* (102):96-102.
- Longe, O. G.; Famojuro, E. O. y Oyenuga, V. A. 1977. Available carbohydrates and energy values of cassava, yam and plantain peels for chicks. *East African Agricultural and Forestry Journal* 42(4):408-413.
- * Meiering, A. G. y Azi, F. A. 1977. Fermentor performance in microbial protein production from cassava. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 147 p.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

- Montong, M.; Talumewo, J.; Sitorus, P. y Abdurrays, N. 1981. Pengaruh pemberian litter dan onggok pada sapi perah dara. *Bulletim lembaga Penelitian Peternakan* 29:1-13.
- Obioha, F. C. y Anikwe, P. C. N. 1982. Utilization of ensiled and sundried cassava peels by growing swine. *Nutrition Reports International* 26(6):961-972.
- Ojofeitimi, E. O.; Ahren, R. A. y Prather, E. S. 1981. Nutritional assessment of cassava grits in combination with cottonseed or defatted soybean proteins. *Nutrition Reports International* 23(2):355-362.
- Omole, T. A. y Sonaiya, E. B. 1981. The effect of protein source and methionine supplementation on cassava peel meal utilization by growing rabbits. *Nutrition Reports International* 23(4):729-737.
- Penuliar, S. P. 1940. A comparative study of cassava refuse meal and rice bran as feeds for growing and fattening pigs. *Philippine Agriculturists* 29(7):611-615.
- Reddy, T. K. y Reddy, M. R. 1979. Studies on the utilization of urea-molasses enriched paddy straw and tapioca residue in lamb rations. *Indian Veterinary Journal* 56:400-407.
- Sánchez, R. L.; Rodríguez, N. M.; Do Socorro, E. P. y Pizarro, A. E. 1982. Digestibilidade aparente de resíduo da produção de álcool a partir da mandioca. *Arquivos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais* 34(3):587-598.
- * Santos, J. y Gómez, G. 1977. Pilot plant for single-cell protein production. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 147 p.
- Szylit, O. 1977. Valeur nutritionnelle pour le poulet en croissance, de cinq amylicés tropicaux en relation avec quelques caractéristiques physicochimiques de leur amidon. *Annales de Zootechnie* 26(4):547-563.
- Tiesenhouse, Von. 1978. Utilização da mandioca e subprodutos do álcool na alimentação bovina. En: *Curso de Capacitacao de técnicos para a Cultura da mandioca*, Lavras, Brasil, 1978. Trabalhos apresentados. Escola Superior de Agricultura de Lavras. 27 p.
- * Varghese, G.; Thambirajah, J. J.; Wong, F. M. 1976. Protein enrichment of cassava by fermentation with microfungi and the role of natural nitrogenous supplements. En: Cock, J. H.; MacIntyre, R. y 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, Ottawa, Canadá. 277 p.

* Los autores precedidos por un asterisco aparecen citados en el texto, los cuadros, o las figuras.

Parte 2

Extractos de Investigaciones sobre el Uso de la Yuca en la Alimentación Animal

Contenido

Capítulo	Página
1. Extractos de Investigaciones sobre Harina de Raíces de Yuca en la Alimentación Animal	301
La Harina de Yuca en la Alimentación de Aves	301
Experiencias con raciones para pollos de engorde	301
Experiencias con raciones para ponedoras	304
Experiencias con raciones para pollas en iniciación y levante	307
La Harina de Yuca en la Alimentación de Porcinos	308
Experiencias con raciones para cerdos en iniciación, crecimiento y engorde	308
Experiencias con raciones para cerdas gestantes y lactantes	312
La Harina de Yuca en la Alimentación de Bovinos	313
Referencias	348
Aves	348
Porcinos	350
Rumiantes	351
2. Extractos de Investigaciones sobre el Uso de Raíces de Yuca Frescas y Ensiladas en la Alimentación Animal	353
Yuca Fresca en la Alimentación de Porcinos	353
Experiencias con raciones para cerdos en crecimiento y acabado	353
Experiencias con raciones para cerdas gestantes y lactantes	355
Yuca Fresca en la Alimentación de Bovinos	356
Ensilaje de Raíces de Yuca en Raciones para Porcinos	357
Referencias	369

Capítulo	Página
3. Extractos de Investigaciones sobre el Uso de Follaje de Yuca y Subproductos de sus Raíces en la Alimentación Animal	371
Follaje Fresco de Yuca en Raciones para Rumiantes	371
Harina de Follaje de Yuca en la Alimentación Animal	372
Harina de follaje de yuca en raciones para aves de corral	372
Harina de follaje de yuca en raciones para porcinos	373
Cáscara y Ripio de Yuca en la Alimentación Animal	374
Cáscara de yuca en raciones para porcinos	374
Ripio o bagazo de yuca en raciones para aves y porcinos	374
Referencias	383

Capítulo 1

Extractos de Investigaciones sobre Harina de Raíces de Yuca en la Alimentación Animal

Existe bastante documentación en cuanto al uso de la harina de yuca en la alimentación de animales, especialmente de aves y cerdos; también se han adelantado estudios sobre el uso de ese producto en bovinos. De las experiencias obtenidas al respecto se ha hecho la selección que se resume enseguida, básicamente por medio de cuadros.

La Harina de Yuca en la Alimentación de Aves

Experiencias con raciones para pollos de engorde

A manera de ilustración sobre los efectos de la harina de yuca en la alimentación de pollos de engorde, en los Cuadros 1.1 a 1.14 se resumen algunas experiencias en cuanto al uso de raciones con diferentes contenidos de harina, HCN y proteína, usando diferentes suplementos, y usando la harina de yuca en su forma original, o peletizada.

Phuah y Hutagalung (1974), trabajando con dos niveles de proteína y tres de harina de yuca encontraron que las raciones con 20% y 40% de harina de yuca producían rendimientos un poco inferiores a los de la ración testigo (con 0% de harina de yuca). Al incrementar el nivel de proteína en la ración obtuvieron un aumento de la proteína en los canales de los pollos y una disminución de la grasa (Cuadro 1.1*).

* Los cuadros se encuentran a partir de la página 315.

Montilla (1977) comparó el efecto de raciones a base de harina de yuca con un contenido de HCN de 50 ppm/kg, con raciones a base de harina de yuca sin HCN y raciones a base de maíz (Cuadro 1.2) y encontró que las primeras afectaban sólo en forma muy leve el rendimiento de pollos Vantres x White Rock.

Comparando tres niveles de harina de yuca en la ración de pollos de engorde Arbor Acres sin sexar, Hoyos y Santos (1983) encontraron (Cuadro 1.3) que:

- a. Raciones con 10% de harina disminuyeron ligeramente el rendimiento durante la iniciación y el engorde, pero niveles superiores (20%) no ocasionaron disminución adicional.
- b. El contenido alto de HCN afectó el rendimiento de los pollos.

En el caso de raciones isoenergéticas e isoproteicas para pollos de engorde Arbor Acres sin sexar, Chou et al. (1973) pudieron reemplazar totalmente el maíz por harina de yuca sin que se afectara el rendimiento en el peso y en la conversión alimenticia (Cuadro 1.4).

Al reemplazar parcialmente el maíz por niveles crecientes (0%-45%) de harina de yuca, Vásquez et al. (1977) obtuvieron resultados satisfactorios en el rendimiento de pollos de engorde sin sexar, usando un nivel máximo de 15% de harina de yuca en reemplazo del maíz; niveles de harina superiores a 30% disminuyeron ligeramente el rendimiento en el peso y en la conversión alimenticia (Cuadro 1.5).

Stevenson y Jackson (1983) compararon raciones isoenergéticas e isoproteicas con diferentes proporciones de harina de yuca peletizada, en pollos de engorde de la línea Ross 1; los pollos alimentados con raciones que contenían hasta 50% de harina de yuca produjeron un rendimiento casi similar al observado con raciones sin la harina (Cuadro 1.6).

En el trabajo adelantado por Gerpacio et al. (1977) con pollos de engorde, para comparar el efecto de raciones isoenergéticas e isoproteicas a base de harinas de yuca, de camote (*Ipomoea batatas*) y de gabi (*Colocasia esculentum*), y a base de maíz, la harina de yuca ocupó un lugar intermedio mientras las raciones

a base de harina de camote sostuvieron un aumento de peso similar al obtenido con maíz y la harina de gabi produjo los rendimientos más bajos (Cuadro 1.7).

En un trabajo efectuado por Khajareem (1977) la harina de yuca peletizada, en proporciones de 0% a 57.5% de la ración y suplementada con metionina y grasa, pudo reemplazar completamente al maíz en raciones para pollos de engorde Arbor Acres, sin afectar el aumento de peso y la eficiencia alimenticia. El mejor rendimiento se obtuvo con niveles de 20% a 30% de harina de yuca (Cuadro 1.8).

Waldroup et al. (1984), comparando cuatro niveles de harina de yuca peletizada en sustitución del maíz en raciones para pollos (Cuadro 1.9) encontraron que:

- a. La harina de yuca puede reemplazar al maíz en raciones peletizadas, aunque el rendimiento disminuye ligeramente con los niveles mayores de harina de yuca.
- b. La inclusión de grano de soya extruida en raciones con altos niveles de harina de yuca no produjo un efecto favorable.

Al comparar las harinas de yuca y de millo y las formas peletizadas de tales harinas en raciones para pollos Red-Link (Cuadro 1.10) Peixoto y Maier (1975) encontraron que con niveles altos (> 50%) de harina de yuca sin suplementación energética y/o de aminoácidos azufrados, se disminuía el rendimiento de los pollos de engorde. El proceso de peletización mejoró la calidad de las raciones con alto contenido de harina de yuca.

Según experimentos de Yeong y Syed (1976a), la peletización de raciones con altos niveles de harina de yuca puede mejorar el rendimiento en el peso de pollos de engorde sin sexar, hasta lograr cifras cercanas a las obtenidas con raciones a base de maíz sin peletizar (Cuadro 1.11). Sin embargo, la eficiencia de la conversión alimenticia se deteriora en las raciones con altos niveles de harina de yuca.

Armas y Chicco (1973) suplementaron con proteína animal y aminoácidos raciones a base de harina de yuca para pollos Vantres x Arbor Acres (Cuadro 1.12); en este trabajo se observó que:

- a. Es posible obtener rendimientos adecuados en el rendimiento de los pollos de engorde utilizando raciones con niveles relativamente altos (36%) de harina de yuca.
- b. Las raciones con un mayor nivel de proteína de origen vegetal, suplementadas con metionina y lisina, favorecieron el rendimiento.

En los ensayos de Yeong y Syed (1976a), cuyos datos se resumen en el Cuadro 1.13, raciones con 30% de harina de yuca suplementadas con metionina produjeron rendimientos comparables con los obtenidos en raciones a base de maíz; niveles superiores a 30% de harina de yuca disminuyeron ligeramente el rendimiento.

En trabajos efectuados por Hutagalung (1977), la suplementación con ácidos grasos esenciales no mejoró el rendimiento de las raciones con un alto nivel (50%) de harina de yuca, para pollos de engorde; con esos niveles de harina tampoco se obtuvo una respuesta positiva a la adición de colina, metionina o lisina (Cuadro 1.14).

Experiencias con raciones para ponedoras

El efecto de la harina de yuca en la producción de huevos depende en gran parte de la proporción en que se use este producto en la ración y de los suplementos que se incluyan.

Entre las experiencias disponibles sobre el tema se han escogido, las que se resumen en los Cuadros 15 a 32 así:

Chou et al. (1973), al usar harina de yuca en sustitución de maíz en la ración de animales Golden Comet y Shaver, encontraron que un alto nivel de harina de yuca (50%) sin suplementación con ácido linoleico y aminoácidos, afectaba el porcentaje de postura y el peso de los huevos (Cuadro 1.15).

Cuando Yeong y Syed (1978) usaron raciones con alto nivel de harina de yuca para ponedoras Dekalb rojas, la suplementación con metionina fue efectiva, tanto para la producción de huevos como para la conversión alimenticia (Cuadro 1.16). La

suplementación con fuentes inorgánicas de azufre no tuvo un efecto comparable al de la metionina.

Trabajando con raciones para ponedoras Hisex blancas, Stevenson (1984) observó que es posible usar niveles de hasta 50% de harina de yuca sin afectar la producción de huevos, siempre y cuando la yuca tenga un bajo contenido de HCN y la ración se suplemente adecuadamente con metionina (Cuadro 1.17).

En experimentos adelantados por Vásquez et al. (1977), la harina de yuca pudo sustituir totalmente al maíz en raciones para ponedoras Leghorn blancas, pero fue necesario tener en cuenta los ajustes requeridos de energía y ácidos grasos esenciales (Cuadro 1.18).

Ademosun y Eshiett (1980) obtuvieron, en un experimento con animales Hy-line alimentados con niveles crecientes (0%-60%) de harina de yuca, un porcentaje de postura muy bajo en todos los tratamientos, sin que el uso de un alto nivel (60%) de harina de yuca produjera un rendimiento inferior al de aves con raciones a base de maíz (Cuadro 1.19).

En un ensayo que Enríquez y Ross (1972) adelantaron con diferentes niveles de harina de yuca (0%-50%) en raciones para ponedoras Leghorn blancas (Cuadro 1.20), los niveles altos de harina afectaron sólo en forma insignificante la producción de huevos y la eficiencia alimenticia de las aves en postura. Por otra parte se observó que cuando se utilizan altos niveles de harina de yuca en raciones para ponedoras, es necesario incluir fuentes adicionales de pigmentantes.

La sustitución parcial o total del sorgo por harina de yuca no afectó el porcentaje de postura en animales Shaver semipesados, en un ensayo adelantado por Hennesey y Ayala (1986), con raciones a base de harina de yuca y soya integral cocida (Cuadro 1.21). Las raciones con harina de yuca, asociadas con una menor concentración de ácido linoleico, ocasionaron una disminución en el peso del huevo; sin embargo, el peso se recuperó adicionando grano de soya integral. Por otra parte, al incrementar el nivel de harina de yuca en la ración también se afectó el color

de la yema, pero se recuperó igualmente utilizando grano de soya integral.

Jalaludin y King (1973), en trabajos sobre utilización de harina de yuca en raciones no suplementadas con metionina, encontraron un efecto negativo de la harina sobre la producción de huevos en ponedoras Shaver (Cuadro 1.22).

En sus trabajos con raciones para ponedoras de un híbrido comercial, Syed et al. (1976) encontraron que cuando la harina de yuca reemplazaba directamente la totalidad del maíz en la ración, la producción de huevos y la eficiencia alimenticia disminuían drásticamente como resultado de la falta de balance en la proteína y los aminoácidos esenciales (Cuadro 1.23).

En una investigación de Yeong y Syed (1976b), en la que usaron niveles crecientes de harina de yuca y suplementación con metionina en raciones para ponedoras Leghorn blancas, encontraron (Cuadro 1.24) que:

- a. Cuando se reemplaza el maíz por harina de yuca sin incrementar el contenido de metionina en la ración, se disminuye el rendimiento de las aves. Sin embargo, las raciones con alto contenido de harina de yuca pueden producir resultados similares a los de las raciones con maíz si se les adiciona DL-metionina (hasta completar 0.55%-0.60% de aminoácidos azufrados totales).
- b. Las raciones en las cuales la harina de yuca reemplaza totalmente el maíz (60%) no sólo necesitan la adición de metionina sino de pigmentantes, para que la coloración de la yema de los huevos resulte comparable a la obtenida con raciones a base de maíz.

Por su parte Ngoka et al. (1984) encontraron que el reemplazo total del maíz por harina de yuca en raciones para reproductoras Rhode Island rojas y Yaffa produce un efecto negativo en la fertilidad y en la capacidad de incubación de los huevos. Este efecto parece estar relacionado principalmente con deficiencias en metionina y vitamina B₁₂ (Cuadro 1.25).

Experiencias con raciones para pollas en iniciación y levante

El uso de niveles crecientes de harina de yuca para raciones de pollitas Leghorn blancas en iniciación (Cuadro 1.26) permitió a Ademosum y Eshiett (1980) observar que:

- a. La adición de harina de yuca disminuye ligeramente el rendimiento en peso y en conversión alimenticia de los animales.
- b. La naturaleza polvorienta de las raciones con altos niveles de yuca aumenta el desperdicio de alimento.

Por otra parte, Ademosum y Eshiett (1980) encontraron que después de la fase de iniciación, las aves adquieren mayor capacidad para utilizar raciones con altos niveles de harina de yuca, y que niveles hasta de 30% de harina de yuca no afectan el rendimiento de las pollas en crecimiento (Cuadro 1.27).

Enriquez y Ross (1972) encontraron que niveles hasta de 25% de harina de yuca en la ración de pollas Leghorn blancas en levante no afectan el rendimiento de los animales. Un nivel de 50% tuvo efectos negativos en el aumento de peso y en la conversión alimenticia, pero las pollas que recibieron estas raciones no presentaron efectos adversos en la subsecuente producción y peso de los huevos (Cuadro 1.28).

En investigaciones de Phalarksh et al. (1978), la harina de yuca pudo reemplazar la totalidad de la fuente de energía (granos) en raciones para pollas pesadas en crecimiento, sin afectar mucho el rendimiento en peso y en conversión alimenticia (Cuadro 1.29). La harina también pudo reemplazar la totalidad de la fuente de energía (granos) en raciones para las pollas en desarrollo, sin afectar mucho su rendimiento en peso y en conversión alimenticia (Cuadro 1.30).

En sus trabajos, Santos et al. (1985) encontraron que el rendimiento de las pollas en levante no se altera al reemplazar el sorgo por harina de yuca hasta en un 30% de la ración (Cuadro 1.31).

Asimismo Chou et al. (1973), quienes trabajaron con pollas Golden Comet y Shaver en levante, encontraron resultados similares al utilizar raciones con niveles altos de harina de yuca como reemplazo total del maíz (Cuadro 1.32).

La Harina de Yuca en la Alimentación de Porcinos

Experiencias con raciones para cerdos en iniciación, crecimiento y engorde

En los Cuadros 1.33 a 1.48 se resumen los trabajos de algunos investigadores sobre el tema. Los Cuadros 1.33 a 1.35 se refieren a experiencias con dietas de iniciación, mientras los Cuadros 1.36 a 1.48 incluyen experiencias con dietas para cerdos en crecimiento y engorde. Se presenta información sobre diferentes aspectos como consumo de alimento con diferentes contenidos de harina de yuca, uso de suplementos, comparaciones entre yucas dulces y amargas, comparaciones con otras fuentes de energía y efectos del procesamiento de la harina.

Ravindran et al. (1983) encontraron en sus trabajos que la harina de yuca de buena calidad puede reemplazar hasta un 20% del maíz en raciones para lechones de cruces comerciales sin afectar su rendimiento en peso ni la eficiencia de la conversión alimenticia (Cuadro 1.33).

Según Gómez et al. (1981), lechones Yorkshire x Landrace en condiciones de consumo a voluntad prefirieron las raciones con mayores niveles de harina de yuca, durante la fase de lactancia. El rendimiento en peso de los lechones no se alteró al consumir niveles altos de la harina (Cuadro 1.34).

Balogun y Fetuga (1984), en sus trabajos sobre raciones con harina de yuca como fuente principal de carbohidratos, observaron que la adición de niveles altos de aceite aumentaba el consumo de las raciones y producía mayor aumento de peso en los lechones Large White x Landrace (Cuadro 1.35). Asimismo, encontraron un efecto favorable en el rendimiento de los lechones al incrementar el nivel de aminoácidos azufrados por encima de 0.73%.

En trabajos adelantados por Sonaiya et al. (1982), la harina de yuca pudo reemplazar parcialmente al maíz en la ración de cerdos Large White en crecimiento y engorde, sin afectar el rendimiento de los animales ni las características de las canales (Cuadro 1.36).

Comparando los efectos de la yuca dulce y de la yuca amarga en la alimentación de cerdos Yorkshire en crecimiento, Gómez y Buitrago (1982) encontraron una disminución en el consumo de las raciones con harina de yuca amarga; esto ocasionó una disminución en el aumento de peso de los animales (Cuadro 1.37).

En experimentos de Méndez y Saragoza (1980) la harina de yuca pudo reemplazar total o parcialmente al sorgo en raciones para cerdos de cruces comerciales en crecimiento, sin que se afectara su rendimiento en peso y la eficiencia en la conversión alimenticia (Cuadro 1.38).

Por otra parte, la harina también pudo reemplazar total o parcialmente el sorgo en las raciones para cerdos en engorde, sin afectar el rendimiento de los animales ni las características de la canal (Cuadro 1.39).

Chicco et al. (1972) compararon el efecto de raciones con diferentes proporciones de harina de yuca y harina de maíz en cerdos Landrace x Hampshire (Cuadro 1.40) y encontraron que:

- a. Hubo un mejor rendimiento en el peso y en la conversión alimenticia con las raciones que contenían 40% de harina de yuca.
- b. El reemplazo total del maíz por harina de yuca en raciones para engorde de cerdos no afectó el rendimiento en peso o en la eficiencia alimenticia.
- c. La calidad de las canales no resultó afectada por el consumo de raciones a base de harina de yuca.

En un trabajo de Maner et al. (1967), en el que se estudió el uso de raciones con harina de yuca y melaza de caña en reemplazo del maíz en cerdos Duroc x Yorkshire (Cuadro 1.41) se encontró que:

- a. A mayores niveles de harina de yuca hubo una disminución en el consumo de la ración y en el aumento de peso en los cerdos. En la medida en que disminuyó el consumo hubo una mejor eficiencia en la conversión alimenticia.
- b. Aunque el rendimiento con harina de yuca fue ligeramente inferior, es posible reemplazar con ella completamente el maíz de la ración para cerdos en crecimiento y engorde, usándola como fuente principal de carbohidratos.

Al estudiar el efecto de diferentes proporciones de harina de yuca suplementadas con melaza y proteína en cerdos Duroc x Yorkshire (Cuadro 1.42), los mismos autores observaron que:

- a. Los cerdos que consumieron raciones con un alto porcentaje de harina de yuca tuvieron rendimientos excelentes con todas las mezclas comparadas.
- b. Al utilizar una fuente de proteína de origen animal (harina de pescado) no se observó un efecto adicional favorable.

Según los trabajos de Udo et al. (1979) es posible obtener resultados satisfactorios en el rendimiento de cerdos Large White en crecimiento y engorde, alimentados con raciones a base de altos contenidos de harina de yuca, cuando se usan los niveles requeridos de metionina y lisina. Sin embargo, cantidades adicionales de metionina no se reflejan en mejores rendimientos (Cuadro 1.43).

En experiencias del CIAT (1975) con raciones a base de harina de yuca amarga y tres suplementos azufrados para cerdos Yorkshire en crecimiento (Cuadro 1.44) se encontró que:

- a. El aminoácido metionina fue el único componente azufrado que mejoró el incremento en el peso de los cerdos.
- b. La deficiencia en metionina y el contenido de ácido cianhídrico en la harina de yuca amarga son los factores que se deben considerar como criterio para adicionar metionina sintética.

Al adicionar metionina, melaza, azúcar o sebo a raciones a base de harina de yuca dulce, Maner et al. (1978) no obtuvieron

una respuesta favorable en el incremento del peso en cerdos Landrace x Yorkshire en crecimiento. En cambio, la adición de sebo o de azúcar produjo un efecto favorable en la eficiencia, debido a la mayor concentración energética de estas raciones (Cuadro 1.45)

Reboucas (1976) comparó el uso de harina de yuca procesada con calor seco y sin procesar, con el uso de sorgo en raciones para cerdos Landrace x Large White en crecimiento (Cuadro 1.46), y encontró que:

- a. El reemplazo total del sorgo por harina de yuca suplementada con metionina produce rendimientos similares en la ganancia de peso, en los cerdos en crecimiento.
- b. El procesamiento de la harina de yuca por medio del calor seco no ejerce una influencia importante en el rendimiento de los cerdos, excepto un ligero incremento en la eficiencia de la conversión alimenticia.

En un experimento con raciones molidas y peletizadas, a base de harina de yuca, para cerdos de cruces comerciales en crecimiento y engorde (Cuadro 1.47), Peixoto y da Silva (1976) encontraron que:

- a. La peletización de las raciones no mejoró en forma apreciable el rendimiento de los cerdos ni la calidad de las canales, en comparación con el uso del mismo tipo de raciones sin peletizar.
- b. El tipo de pélet resultó demasiado duro y posiblemente ejerció una influencia negativa sobre el consumo y el rendimiento de los cerdos.

Comparando harina de yuca procesada con calor seco y sin procesar con sorgo en raciones para cerdos Landrace x Large White en engorde (Cuadro 1.48), Reboucas (1976) encontró que:

- a. La harina de yuca suplementada con metionina puede reemplazar totalmente el sorgo sin afectar el rendimiento en ganancia de peso de los animales.
- b. El procesamiento de la harina por medio de calor no ejerce una influencia favorable en el rendimiento de los cerdos.

- c. Las canales de cerdos que consumieron niveles altos de harina de yuca resultaron más firmes y con un índice de yodo más bajo.

Experiencias con raciones para cerdas gestantes y lactantes

En cuanto al uso de la harina de yuca en la alimentación de cerdas gestantes y lactantes, las experiencias disponibles tienen que ver principalmente con la sustitución del maíz por ese producto en las dietas y con la suplementación con metionina. A manera de ilustración se han seleccionado las tres investigaciones que se resumen en los Cuadros 49, 50 y 51, de los cuales se pueden destacar las siguientes observaciones:

Gómez et al. (1976), al comparar dietas con maíz y con yuca como fuentes de energía para cerdas Yorkshire (Cuadro 1.49) encontraron que:

- a. No hubo un efecto adverso en el rendimiento de las hembras y de las camadas al reemplazar totalmente el maíz por la harina de yuca en las raciones suministradas durante la gestación y la lactancia. El peso individual de las cerdas y de los lechones al momento del parto y del destete no mostró diferencias importantes entre tratamientos.
- b. El menor rendimiento que obtuvo el grupo con harina de yuca, en cuanto a número de lechones de la camada al destete, estuvo influenciado por factores de manejo, independientemente del programa de alimentación de las cerdas.

En investigaciones de Maner et al. (1978), el reemplazo total del maíz por harina de yuca en raciones para cerdas Duroc x Yorkshire lactantes no tuvo efectos adversos en el rendimiento de las cerdas ni en sus camadas (Cuadro 1.50).

Gómez (1977) encontró que la adición de metionina sintética a las raciones a base de harina de yuca, para cerdas Yorkshire en gestación y en lactancia, no se reflejó en rendimientos mejores que los obtenidos con el mismo tipo de raciones sin la metionina suplementaria (Cuadro 1.51).

La Harina de Yuca en la Alimentación de Bovinos

Algunos investigadores han adelantado trabajos acerca del uso de harina de yuca en la alimentación de bovinos; en los Cuadros 1.52 a 1.60 se resumen varios de ellos, así:

El Cuadro 1.52 se refiere al trabajo de Valdivieso (1958), quien usó dos mezclas destetadoras con diferentes proporciones de harina de yuca y maíz, para obtener rendimientos satisfactorios con ambas mezclas en los terneros Jersey x criollo lechero; sin embargo, hubo una ligera ventaja a favor de la mezcla con mayor cantidad de maíz, como consecuencia del mayor consumo.

En mezclas ensayadas por Peixoto (1973) para el destete precoz de terneros Holstein, la sustitución del 50% de sorgo por harina de yuca no disminuyó el rendimiento en peso de los animales; sin embargo, la sustitución total del sorgo por la harina disminuyó ligeramente el incremento en peso de los terneros, como resultado de un menor consumo de este tipo de mezclas (Cuadro 1.53).

Ribeiro et al. (1976) encontraron que el reemplazo de 50% de sorgo por harina de yuca en la ración concentrada para vacas Holstein x Cebú no afectaba la producción diaria de leche; tampoco encontraron diferencias en el cambio de peso de las vacas en producción (Cuadro 1.54).

En experimentos de Mathur et al. (1969) el reemplazo parcial o total de la avena por harina de yuca en una ración concentrada para vacas lecheras no afectó su producción diaria. Tampoco se presentaron diferencias en el peso de los animales (Cuadro 1.55).

Comparando dos raciones con diferente contenido de harina de yuca para novillos cebú comercial en pastoreo intensivo, Lozada y Alderete (1979) obtuvieron una pequeña respuesta favorable en el peso de los animales que consumieron mayor cantidad de harina (Cuadro 1.56).

Britto (1975) mejoró los rendimientos en el peso de novillos Holstein x Cebú, confinados, suplementando su ración de baja digestibilidad (pasto elefante de 100 días) con harina de yuca y urea o con harina de yuca y estilosantes. Sin embargo, el nivel de suplementación no fue suficiente para obtener un rendimiento

aceptable, debido a la deficiencia del forraje básico en cuanto a la energía digestible (Cuadro 1.57).

Rubio (1978) usó harina de yuca para sustituir la melaza en un suplemento a base de ensilaje de maíz, para novillos Cebú comercial en confinamiento total; a medida que usó mayor cantidad de harina en reemplazo de la melaza obtuvo un mayor aumento en el peso de los animales (Cuadro 1.58).

Delgado et al. (1975) adelantaron una investigación sobre ceba intensiva de novillos Cebú comercial, alimentados con niveles crecientes de harina de yuca y urea suministrados en raciones para consumo a voluntad. A medida que se incrementaron los niveles de harina de yuca y de urea en la ración, los novillos disminuyeron su consumo de alimento, lo cual se reflejó en menores aumentos de peso y mejores conversiones alimenticias de los animales (Cuadro 1.59).

Pereira et al. (1976), por su parte, compararon la harina de yuca y el sorgo en raciones suplementarias para novillos Cebú mestizos en ceba intensiva, y observaron que los suplementos a base de harina de yuca produjeron mejores rendimientos que los elaborados a base de sorgo. Por otra parte, la urea resultó menos efectiva como fuente de proteína que el grano de soya o la harina de pescado (Cuadro 1.60).

Continúa



Cuadro 1.1. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones para pollos de engorde. Comparación entre tres niveles de harina (0%, 20% y 40%) con dos niveles de proteína como suplemento.

Factores evaluados	HY ^a :	Rendimientos según niveles de harina y de proteína suplementaria					
		0%		20%		40%	
		Suplemento ^b :		A	B	A	B
Ganancia diaria	(g)	18.00	18.10	17.50	17.60	16.80	16.70
Consumo diario	(g)	43.50	38.90	38.30	39.40	38.80	36.70
Relación consumo: ganancia		2.42	2.15	2.19	2.24	2.31	2.20
Calidad de la canal:							
Humedad	(%)	65.30	69.20	68.30	69.80	67.80	68.40
Grasa	(%)	32.80	16.40	25.60	16.10	25.80	21.00
Proteína	(%)	52.10	64.30	57.40	67.10	57.50	63.20

a. Niveles de HY de 0%, 20% y 40% de la dieta total.

b. Suplemento A = con 19% y 17% de proteína para la iniciación y la finalización, respectivamente.
Suplemento B = con 25% y 23% de proteína.

FUENTE: Phuah y Hutagalung, 1974.

Cuadro 1.2. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones para pollos de engorde Vantres x White Rock^a. Comparación entre dos raciones isoenergéticas e isoproteicas de harina con dos niveles de ácido cianhídrico, y una a base de maíz.

Período de producción y aspectos del rendimiento		Rendimientos según fuente de energía ^b		
		Maíz	HY sin HCN	HY con 50 ppm de HCN
Período 0-6 semanas				
Aumento de peso	(g)	1,056	1,054	1,014
Consumo alimento	(kg)	2.16	2.25	2.27
Consumo/ganancia		2.05	2.18	2.24
Período 0-8 semanas				
Aumento de peso	(g)	1,518	1,501	1,459
Consumo alimento	(kg)	3.51	3.68	3.63
Consumo/ganancia		2.31	2.45	2.49

a. Pollos de 0-8 semanas.

b. La harina de yuca (HY) se usó a razón de 30% de la ración total.

FUENTE: Montilla, 1977.

Cuadro 1.3. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones isoenergéticas e isoproteicas para pollos^a de engorde Arbor Acres, en sustitución del sorgo.

Edad de los pollos	Nivel ^b de HY (%)	Contenido ^c de HCN	Resultados		
			Consumo (kg)	Peso final (g)	Consumo/ganancia
0-4 semanas	0	-	1.20	745	1.70
	10	Bajo	1.19	731	1.73
		Alto	1.18	660	1.90
	20	Bajo	1.16	713	1.72
		Alto	1.15	691	1.77
0-8 semanas	0	-	4.21	1848	2.33
	10	Bajo	4.08	1714	2.44
		Alto	4.02	1655	2.50
	20	Bajo	4.26	1804	2.41
		Alto	4.21	1796	2.40

a. Pollos sin sexar, en jaulas metálicas.

b. Porcentaje de sustitución del sorgo.

c. Contenido de HCN: bajo = 31 ppm/kg; alto = 115 ppm/kg.

FUENTE: Hoyos y Santos, 1983.

Cuadro 1.4. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos de engorde Arbor Acres, sin sexar^a. Comparación entre raciones isoenergéticas e isoproteicas con diferentes proporciones de ese producto y de maíz.

Factores considerados	Composición y rendimiento por ración						
	(%)						
Componentes	(%)						
Harina de yuca		0.00	20.00	30.00	40.00	50.00	58.00
Maíz		54.00	30.00	16.00	9.00	3.90	-
Salvado de arroz		10.00	9.00	8.60	8.10	-	-
Harina de pescado		6.00	6.00	6.00	6.00	10.00	11.00
Torta de soya		27.00	31.00	35.00	32.00	32.00	27.00
Aceite vegetal		-	1.00	1.40	1.90	2.00	2.00
Minerales y vitaminas		3.00	3.00	3.00	3.00	2.10	2.00
Rendimiento							
Peso vivo	(kg)	2.04	2.05	2.04	2.03	2.04	2.04
Conversión alimenticia		2.61	2.59	2.64	2.61	2.56	2.53
Mortalidad	(%)	9.20	3.00	3.00	4.00	10.20	5.00

a. Pollos de 0-6 semanas, en jaulas metálicas.

FUENTE: Chou et al., 1973.

Cuadro 1.5. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos de engorde sin sexar^a. Comparación entre raciones para la fase de iniciación y la de engorde.

Aspectos considerados		Composición de las raciones y rendimiento según fase ^b							
		Iniciación				Engorde			
Ingredientes	(%)								
Harina de yuca		0,00	15,00	30,00	45,00	0,00	15,00	30,00	45,00
Maíz		59,90	42,90	26,30	9,70	64,00	47,40	30,70	14,10
Torta de soya		30,70	31,00	32,00	33,00	27,60	28,20	29,00	30,00
Harina de pescado		6,00	7,30	7,90	8,50	4,00	5,00	5,80	6,50
DL-metionina		0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Minerales y vitaminas		3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60	3,60
Nutrientes									
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2,94	2,86	2,78	2,70	2,96	2,89	2,79	2,72
Proteína	(%)	22,13	22,15	22,12	22,09	20,0	20,0	20,0	20,0
Met + cistina	(%)	0,87	0,87	0,86	0,86	0,80	0,79	0,80	0,79
Lisina	(%)	1,26	1,33	1,39	1,44	1,10	1,26	1,22	1,28
Factores de rendimiento									
Peso vivo	(kg)	1,47	1,50	1,45	1,39				
Consumo alimento	(kg)	3,33	3,39	3,48	3,29				
Consumo/ganancia		2,45	2,42	2,56	2,56				

a. Pollos de 0-8 semanas, en casetas con cama de aserrín de madera.

b. Iniciación = 1-5 semanas. Engorde = 5-8 semanas.

FUENTE: Vázquez et al., 1977.

Cuadro 1.6. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos^a de engorde de la línea Ross-1. Comparación entre diferentes niveles de la harina en raciones peletizadas isoenergéticas e isoproteicas.

Aspectos considerados		Contenidos por ración y rendimiento					
Ingredientes (%)							
Harina de yuca		0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00
Trigo		53.90	48.90	38.90	28.80	18.30	6.10
Maíz		16.20	10.50	9.50	9.00	9.00	10.00
Torta de soya		16.30	14.80	13.80	12.80	11.60	11.10
Harina de pescado		5.00	6.80	8.90	10.50	11.40	12.50
Harina de carne		3.00	3.00	3.00	3.10	4.30	5.00
Aceite vegetal		3.10	3.90	3.90	3.90	3.60	3.50
DL - metionina		0.11	0.12	0.15	0.18	0.20	0.23
Minerales y vitaminas		2.40	2.00	1.90	1.70	1.60	1.40
Nutrimentos analizados							
E. metabolizable	(MJ/kg)	13.70	13.50	13.80	14.10	13.90	13.80
Proteína	(%)	19.30	19.70	20.00	19.40	19.40	19.80
Factores de rendimiento (7a. sem.)							
Peso total	(g)	2311.00 ^a	2393.00	2296.00	2309.00	2310.00	2297.00
Consumo total	(g)	4449.00	4492.00	4394.00	4589.00	4385.00	4620.00
Consumo/ganancia		1.92	1.88	1.91	1.99	1.90	2.01

a. Pollos de 1-7 semanas, en piso con cama de viruta de madera.

FUENTE: Stevenson y Jackson, 1985.

Cuadro 1.7. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos de engorde Peterson^a. Comparación entre los rendimientos obtenidos con raciones isoenergéticas e isoproteicas^b de esta harina y de otros productos usados como fuentes de energía.

Factores del rendimiento		Valores según ración ^c			
		Maíz	Harina de yuca	Harina de camote	Harina de gabi
Aumento de peso diario	(g)	17.10	14.90	17.10	11.80
Consumo diario	(g)	35.70	36.60	40.20	45.60
Consumo/ganancia		2.09	2.46	2.35	3.87

a. Pollos de 1-4 semanas, en jaulas metálicas.

b. E. metabolizable = 2.8 Mcal/kg; proteína = 22%.

c. Las raciones estaban constituidas en un 50% por cada uno de los tubérculos evaluados y el mismo tipo de ingredientes (orta de soja, harina de pescado, minerales y vitaminas) necesarios para obtener niveles isoenergéticos e isoproteicos. Camote = papa dulce (*Ipomoea batatas*); gabi = *Colocasia esculentum*.

FUENTE: Gerspacio et al., 1977.

Cuadro 1.9 Experiencias con harina de yuca en la alimentación de pollos de engorde^a. Efecto de raciones peletizadas a base de cuatro niveles de harina en sustitución del maíz, y tres niveles de grano de soja extruida.

Contenido ^b		Resultados ^c	
Harina de yuca (%)	Soja (%)	Aumento de peso (g)	Ganancia/consumo
0 (testigo)	0.0	1,429	0.51
	12.5	1,449	0.54
	25.0	1,371	0.54
33	0.0	1,418	0.49
	12.5	1,440	0.53
	25.0	1,392	0.53
66	0.0	1,312	0.49
	12.5	1,369	0.50
	25.0	1,410	0.50
100	0.0	1,214	0.42
	12.5	1,209	0.48
	25.0	1,285	0.49

a. Pollos sin sexar, de 0-47 días, en baterías metálicas.

b. Datos acumulados de tres fases: iniciación (0-21 días), desarrollo (21-42 días) y finalización (42-47 días).

c. Los porcentajes de HY se refieren a la proporción en que este producto sustituye al maíz en la ración.

FUENTE: Waldroup et al., 1984.

Cuadro 1.8. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos de engorde Arbor Acres^a. Comparación entre diferentes niveles de harina en raciones peletizadas.

Aspectos considerados		Contenidos por ración ^b y rendimientos					
Componentes (%)							
Harina de yuca		–	20.00	30.00	40.00	50.00	57.50
Mafz		60.70	37.50	25.10	15.60	4.50	–
Torta de soya		33.00	35.50	35.50	35.00	35.50	26.90
Harina de pescado		3.00	3.00	4.50	5.00	7.00	12.00
Grasa		0.00	1.00	2.00	2.00	3.00	2.50
DL - metionina		0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Minerales y vitaminas		3.30	3.00	2.90	2.40	2.00	1.10
Nutrimentos analizados							
E. Metabolizable	(Mcal/kg)	2.90	2.85	2.83	2.83	2.88	2.87
Proteína	(%)	21.78	21.45	21.61	21.20	21.19	21.14
Rendimiento 0-5 semanas							
Peso final	(g)	645.00	751.00	732.00	737.00	719.00	727.00
Consumo alimento	(kg)	1.50	1.50	1.46	1.48	1.44	1.51
Consumo/ganancia		2.33	2.00	2.00	2.01	2.00	2.08
Rendimiento 0-9 semanas							
Peso final	(g)	1614.00	1773.00	1817.00	1714.00	1711.00	1731.00
Consumo alimento	(kg)	4.71	4.52	4.45	4.58	4.43	4.62
Consumo/ganancia		2.92	2.55	2.45	2.67	2.59	2.67

a. Pollos sin sexar, de 0-9 semanas.

b. Todas las raciones a base de harina de yuca estaban peletizadas.

FUENTE: Khuparera, 1977.

Cuadro 1.10. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones para pollos de engorde Red-Link^a. Comparación entre raciones a base de este producto y de mijo, en forma de harina y en forma peletizada.

Aspectos considerados	Contenidos y rendimientos ^b por ración			
		Con HY		Con mijo
Componentes	(%)			
Harina de yuca		60.00	-	-
Miño		-	60.00	-
Torta de soya		19.00	19.00	-
Harina de trigo		3.00	6.50	-
Harina de carne		16.50	10.00	-
Harina de huesos		-	3.00	-
Minerales y vitaminas		1.50	1.50	-
Nutrientes evaluados				
E. Metabolizable	(Mcal/kg)	2.68	2.82	-
Proteína	(%)	22.30	22.50	-
Factores de rendimiento				
Ganancia de peso	(g)	234.00	287.00*	324.00 379.00*
Consumo total	(g)	533.00	631.00*	681.00 747.00*
Consumo/ganancia		2.28	2.20*	2.10 1.97*

a. Machos de 0-4 semanas en jaulas metálicas.

b. Las dos raciones se evaluaron tanto en forma de harina como en forma peletizada; los rendimientos señalados con asterisco (*) corresponden a esta última forma.

FUENTE: Peisoto y Maier, 1975.

Cuadro 1.11. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones para pollos de engorde^a. Comparación entre una ración molida a base de esa harina, otra peletizada de idéntica constitución, y una a base de maíz.

Aspectos considerados	Contenidos y rendimientos por ración		
	Con maíz, harina	Con HY	Con HY peletizada
Componentes	(%)		
Harina de yuca		50.00	50.00
Maíz		55.00	-
Salvado de arroz		6.00	3.00
Torta de soya		25.00	30.00
Harina de pescado		7.00	11.00
Aceite vegetal		2.00	4.00
Minerales y vitaminas		3.00	2.00
Nutrientes			
E. metabolizable	(Mcal/kg)	3.01	2.97
Proteína	(%)	20.10	20.00
Metionina + cistina	(%)	0.77	0.73
Lisina	(%)	1.34	1.62
Factores de rendimiento			
Peso final	(kg)	1.234	1.148
Consumo de alimento	(kg)	3.390	3.740
Consumo/ganancia		2.740	3.280

a. Pollos sin sexar, de 5-10 semanas, en jaulas metálicas.

FUENTE: Yeung y Syed, 1976.

Cuadro 1.12. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos de engorde Vantres x Arbor Acres^a. Comparación entre raciones suplementadas con proteína animal y aminoácidos.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración			
Ingredientes (%)					
Harina de yuca		36.00	36.00	36.00	36.00
Maíz		17.00	17.00	19.50	19.50
Torta de soya		8.00	8.00	8.00	8.00
Torta de ajonjolí		26.00	26.00	16.00	16.00
Harina de carne		4.00	4.00	8.00	8.00
Harina de peseado		4.00	4.00	8.00	8.00
Grasa		1.50	1.50	1.00	1.00
DL-metionina		-	0.23	-	0.23
L-lisina		-	0.30	-	0.30
Minerales y vitaminas		3.50	3.00	3.50	3.00
Nutrimentos analizados					
E. metabolizable	(Mcal/kg)	3.10	3.10	3.12	3.12
Proteína	(%)	23.30	23.30	23.60	23.60
Factores de rendimiento					
Peso a la 6a semana	(g)	985.00	1031.00	960.00	984.00
Peso a la 8a semana	(g)	1560.00	1553.00	1486.00	1496.00
Consumo alimento	(kg)	4.06	3.42	3.51	3.62
Consumo/ganancia		2.60	2.20	2.36	2.42

a. Pollos de 0-8 semanas, en galpones con cama de viruta de madera.

FUENTE: Armas y Chico, 1973.

Cuadro 1.13. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos de engorde^a. Comparación entre raciones con diferentes concentraciones de ese producto y metionina (Met.) como suplemento, y una ración a base de maíz.

Aspectos evaluados	Nutrimentos y rendimientos según ración					
	Con harina de yuca + metionina				Con maíz	
	HY: 30%	40%	40%	50%		
	Met.: 0.1%	0.1%	0.2%	0.2%		
Nutrimentos						
E. Met.	(Mcal/kg)	2.95	2.95	2.95	2.97	3.01
Proteína	(%)	20.10	20.10	20.10	20.00	20.10
Metionina	(%)	0.51	0.52	0.62	0.61	0.40
Lisina	(%)	0.33	0.35	0.35	0.32	0.37
Rendimientos						
Peso final	(kg)	1.317	1.235	1.217	1.232	1.298
Consumo	(kg)	3.980	3.890	3.760	3.940	3.910
Consumo/ganancia		3.050	3.170	3.090	3.100	3.080

a. Pollos sin sexo, de 5-10 semanas, en jaulas metálicas.

FUENTE: Yeong y Seok, 1976a.

Cuadro 1.14. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones^a para pollos de engorde. Comparación de los resultados al adicionar diferentes suplementos (ácidos grasos, niacina, lisina y metionina) usando una alta concentración (50%) de HY.

Aspectos considerados	Composición y rendimientos según ración ^b						
	Maíz	HY	HY	HY	HY	HY	
Componentes							
Harina de pescado	(%)	6.00	10.00	10.00	10.00	5.00	5.00
Aceite de palma	(%)	-	2.00	-	-	-	-
Aceite de mani	(%)	-	-	2.00	2.00	2.00	2.00
Niacina	(mg/kg)	-	-	-	20.00	20.00	20.00
Lisina	(%)	-	-	-	-	-	0.11
Metionina	(%)	-	-	-	-	-	0.05
Factores de rendimiento							
Peso final	(kg)	1.93	1.87	1.85	1.88	1.77	1.80
Consumo total	(kg)	5.11	5.20	5.20	5.19	5.10	5.00
Consumo/ganancia		2.65	2.78	2.81	2.76	2.88	2.78

a. Una ración a base de maíz y cinco a base de harina de yuca (HY), a razón de 50% de la ración.
b. Los rendimientos fueron evaluados a las 10 semanas.

FUENTE: Hutagalung, 1977.

Cuadro 1.15. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones para ponedoras; efecto en el rendimiento en comparación con el obtenido con una ración a base de maíz, en animales Golden Comet y Shaver.

Aspectos considerados	Composición y rendimiento según ración	
	Con HY	Con maíz
Componentes (%)		
Harina de yuca	50.00	-
Maíz	-	48.00
Salvado de arroz	16.00	24.00
Torta de soya	19.00	13.00
Harina de pescado	6.00	6.00
Minerales y vitaminas	9.00	9.00
Rend. en prod. de huevos (%)		
Golden Comet	48.70	60.30
Shaver	62.20	64.20
Peso por huevo (g)		
Golden comet	26.80	34.40
Shaver	33.50	36.00

a. Animales de 24-26 semanas, en jaulas individuales.

FUENTE: Chou et al., 1973.

Cuadro 1.16. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones para ponedoras Dekalb rojas^a. Efecto de la suplementación con metionina o con sulfatos en raciones isoenergéticas e isoproteicas^b con altos contenidos de harina de yuca.

Ración	Rendimientos			
	Producción de huevos (%)	Peso por huevo (g)	Consumo diario (g)	Eficiencia alimenticia (kg al./kg h.) ^c
Testigo/maíz ^d	69.5	56.6	105	2.67
HY ^e	53.0	54.7	100	2.91
HY + 0.1% metionina	68.0	56.2	101	2.63
HY + 0.2% metionina	68.3	56.7	101	2.62
HY + 0.1% Na ₂ SO ₄	64.9	55.9	109	2.99
HY + 0.1% met + 0.1% Na ₂ SO ₄	68.1	55.5	99	2.62
HY + 0.2 Na ₂ SO ₄	67.9	55.0	107	2.88
HY + 0.2 Na ₂ S ₂ O ₅	60.5	55.3	105	3.14
HY + 0.1 K ₂ SO ₄ + 0.1 mg SO ₄	62.9	54.3	99	2.19

a. Ponedoras de 32-62 semanas de edad, en jaulas metálicas individuales.

b. Contenido de: energía metabolizable = 12 MJ/kg; proteína = 15.6%.

c. kg de alimento/kg de huevos.

d. Composición de la ración básica de maíz: maíz = 60%; salvado arroz = 9%;

torta de soya = 15%; harina de pescado = 5%; minerales y vitaminas.

e. Ración básica de HY: harina de yuca = 60%; torta de soya = 24%; harina de pescado, 7%; aceite vegetal = 1%; metionina = 0.05%; minerales y vitaminas.

FUENTE: Yeung y Syed, 1976.

Cuadro 1.17. Experiencias con la harina de yuca en raciones para ponedoras Hisex blancas^a. Uso de raciones con niveles crecientes de harina.

Aspectos considerados	Composición y rendimiento por ración					
	Componentes (%)					
Harina de yuca	-	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00
Trigo	50.00	50.00	46.10	38.80	15.50	-
Maíz	13.20	8.50	5.80	8.80	11.90	15.20
Cebada	12.70	5.40	-	-	-	-
Harina de pescado	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.90
Torta de soya	2.90	9.90	11.90	14.20	16.50	18.80
Harina de carne y hueso	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Grasa animal	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
DL-metionina	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.09
Minerales y vitaminas	7.20	7.10	7.10	7.00	7.00	6.90
Nutrientos						
E. metabolizable (MJ/kg)	11.00	11.00	11.00	11.00	11.50	11.10
Proteína (%)	15.90	15.70	15.90	15.80	15.90	16.00
Calcio (%)	3.20	3.30	3.30	3.30	3.30	3.30
Fósforo total (%)	0.64	0.63	0.63	0.60	0.58	0.57
Factores de rendimiento						
Huevos en 280 días (no.)	205.00	203.00	205.00	215.00	201.00	196.00
Peso del huevo (g)	55.30	56.10	55.30	55.00	54.90	55.90
Consumo de alimento (g)	119.00	119.00	111.00	113.00	112.00	109.00
Eficiencia alimenticia (kg al./kg h.) ^b						
	0.38	0.34	0.35	0.38	0.35	0.36

a. Aves de 27-67 semanas, en jaulas metálicas individuales.

b. kg de alimento/kg de huevos.

FUENTE: Stevenson, 1984.

Cuadro 1.18. Experiencias con harina de yuca en raciones para ponedoras Leghorn blancas^a. Uso de niveles altos de harina.

Aspectos considerados		Composición y rendimiento por ración		
Componentes (%)				
Harina de yuca		-	29.50	59.00
Maíz		99.00	29.50	-
Torta de soya		8.00	8.00	8.00
Harina de pescado		16.60	19.40	22.20
Posto de roco		5.00	5.00	5.00
Minerales y vitaminas		5.60	5.60	5.60
Arena		5.70	2.90	0.13
Nutrimentos				
E. metabolizable	(Meq/kg)	2.74	2.69	2.63
Proteína	(%)	18.50	18.50	18.50
Metionina + cistina	(%)	0.65	0.66	0.67
Lisina	(%)	1.05	1.15	1.27
Calcio	(%)	3.08	3.24	3.40
Fósforo	(%)	3.72	0.83	0.94
Factores de rendimiento				
Producción de huevos	(%)	70.90	66.60	69.30
Peso del huevo	(g)	60.10	61.10	59.60
Consumo de alimento diario	(g)	105.00	114.00	116.00
Conversión alimenticia		2.88	3.37	3.30

^a Aves de 20-32 semanas, en casetas con cama de aserrín de madera.

FUENTE: Vázquez et al., 1977.

Cuadro 1.19. Experiencias con harina de yuca en raciones para ponedoras. Uso de niveles crecientes de harina en animales Hy-line de 18-54 semanas.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración			
Componentes (%)					
Harina de yuca		-	20.00	40.00	60.00
Maíz		69.30	44.80	21.40	-
Torta de maíz		15.00	19.50	24.00	20.00
Harina de pescado		3.00	3.00	3.00	9.00
Salvado de maíz		4.00	4.00	3.00	2.00
Minerales y vitaminas		6.50	6.50	6.50	6.50
Nutrimentos					
E. metabolizable	(MJ/kg)	12.10	12.00	12.10	12.20
Proteína	(%)	16.60	16.70	16.80	17.20
Metionina + cistina	(%)	0.57	0.55	0.53	0.66
Lisina	(%)	0.66	0.69	0.74	1.03
Calcio	(%)	2.75	2.87	2.73	3.00
Fósforo disponible	(%)	0.60	0.61	0.60	0.75
Rendimiento					
Producción de huevos	(%)	42.70	38.60	37.50	41.60
Consumo diario	(%)	87.80	87.40	84.40	88.00
Peso de huevos	(g)	55.40	56.60	55.10	56.10
Eficiencia alimenticia	(kg al./día, h.) ^a	2.60	2.82	2.80	2.67

^a kg de alimento/día x kg de huevos.

FUENTE: Adelman y Eshett, 1980.

Cuadro 1.20. Experiencias con harina de yuca en raciones para ponedoras^a. Uso de niveles crecientes de harina en animales Lehigh blancas de 20-48 semanas.

Aspectos considerados	Composición y rendimientos por ración				
	(%)				
Componentes					
Harina de yuca	-	10.00	25.00	50.00	
Maíz	62.00	50.00	32.10	2.10	
Torta de soya	9.20	11.20	14.10	19.10	
Salvado de arroz	5.00	5.00	5.00	5.00	
Torta de copra	7.50	7.50	7.50	7.50	
Harina de pescado	5.00	5.00	5.00	5.00	
Harina de carne y hueso	2.50	2.50	2.50	2.50	
Harina de <i>Leucosena</i>	3.00	3.00	3.00	3.00	
Minerales y vitaminas	5.80	5.80	5.80	5.80	
Factores de rendimiento					
Producción de huevos	(%)	63.90	62.80	58.70	62.80
Peso por huevo	(g)	57.90	56.60	57.40	57.10
Ganancia de peso	(g)	339.00	329.00	257.00	251.00
Eficiencia alimenticia	(kg/dna) ^c	2.01	2.10	2.22	2.12
Color de la yema ^b		6.00	6.00	5.00	3.50

a. Dos aves por jaula.

b. Eficiencia en kg de alimento/docena de huevos.

c. Color de la yema en la escala Roche.

FUENTE: Enriquez y Row, 1972.

Cuadro 1.21. Experiencias con harina de yuca en raciones isocenergéticas e isoproteicas^a para ponedoras Shaver semipesadas^b. Suplementación con soya integral cocida.

Aspectos considerados	Composición y rendimientos por ración ^b					
	(%)					
Componentes						
Harina de yuca	-	25.00	50.00	-	25.00	50.00
Sorgo	65.20	38.70	12.10	57.30	28.30	-
Torta de soya	11.30	14.80	18.30	-	-	-
Soya integral cocida	-	-	-	15.30	20.00	24.30
Harina de pescado	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
L-lisina	0.17	0.10	0.04	0.15	0.08	-
DL-Metionina	0.13	0.16	0.18	0.14	0.17	0.19
Tusa de maíz	6.60	4.90	3.20	10.60	10.10	6.80
Minerales y vitaminas						
Nutrientes						
Met. + cistina	(%)	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
Lisina	(%)	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
A. insoluble	(%)	0.78	0.51	0.24	1.92	2.01
Rendimiento						
Producción de huevos	(%)	72.30	77.90	78.00	72.60	74.50
Peso del huevo	(g)	68.80	67.30	66.70	69.80	69.20
Consumo alimento	(g/día)	125.00	133.00	132.00	122.00	120.00
Color de la yema ^c		5.10	4.90	4.70	6.40	6.50

a. E. Met. = 2.65 Mcal/kg; proteína = 15.5%.

b. Aves de 42-62 semanas, en jaulas metálicas (7 animales/jaula).

c. Escala Roche.

FUENTE: Hennesey y Ayala, 1986.

Cuadro 1.22. Experiencias con harina de yuca en raciones para ponedoras Shaver^a. Efectos de altos y bajos niveles de harina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración				
Componentes (%)						
Harina de yuca		-	5.00	10.00	50.00	60.00
Maíz		77.00	69.50	63.50	18.00	10.00
Torta de soya		10.00	13.00	14.50	19.00	9.00
Harina de pescado		5.00	4.50	4.00	5.00	13.00
Minerales y vitaminas		8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Nutrimentos						
E. metabolizable	(Mcal/kg)	3.16	3.14	3.13	3.14	3.20
Proteína	(%)	15.20	15.80	15.70	15.30	15.20
Metionina + cistina	(%)	0.60	0.66	0.67	0.59	0.49
Lisina	(%)	0.70	0.85	0.86	0.97	1.05
Factores de rendimiento						
Producción de huevos	(%)	67.62	60.36	58.03	47.32	57.77
Peso por huevo	(g)	56.03	52.61	53.08	56.12	52.94
Consumo alimento diario	(g)	94.20	92.20	93.10	107.50	97.70

a. Aves de 22-42 semanas en jaulas metálicas individuales.

FUENTE: Jalaludin y King, 1975.

Cuadro 1.23. Experiencias con harina de yuca en raciones para ponedoras de un híbrido comercial^a. Comparación con maíz y con arroz como fuentes de energía en la dieta.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración				
Componentes (%)						
Harina de yuca		-	-	60.00	30.00	-
Maíz		60.00	-	-	30.00	30.00
Arroz		-	60.00	-	-	30.00
Harina de arroz		11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
Torta de soya		15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Harina de forraje		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Harina de pescado		5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales y vitaminas		7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Nutrimentos						
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.57	2.38	2.59	2.58	2.48
Proteína	(%)	16.50	15.90	13.30	14.90	15.60
Metionina + cistina	(%)	0.62	0.62	0.42	0.52	0.52
Lisina	(%)	0.93	1.00	0.85	0.89	0.91
Factores de rendimiento						
Producción de huevo	(%)	70.20	72.10	49.40	67.70	65.40
Peso por huevo	(g)	60.70	59.70	55.70	59.20	59.50
Consumo alimento diario	(g)	113.00	106.00	108.00	110.00	111.00
Eficiencia alimenticia	(kg al./kg h.) ^b	2.64	2.46	3.91	2.74	2.85

a. Aves de 31-70 semanas, en jaulas metálicas individuales.

b. kg de alimento/kg de huevos.

FUENTE: Syed et al., 1976.

Cuadro 1.24. Experiencias con harina de yuca en raciones para ponedoras Leghorn blancas^a. Uso de niveles crecientes de harina y suplementación con metionina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración				
Componentes		(%)				
Harina de yuca		-	15.00	30.00	45.00	60.00
Maíz		60.00	45.00	30.00	15.00	-
Salvado de arroz		10.00	7.00	4.00	1.00	-
Harina de gramíneas		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Torta de soya		15.00	18.00	20.00	22.00	24.00
Harina de pescado		5.00	5.00	5.00	6.00	7.00
Aceite vegetal		-	-	1.00	1.00	1.00
Minerales y vitaminas		8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
DL - metionina ^b		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Nutrimentos						
E. metabolizable	(Mcal/kg)	2.85	2.77	2.77	2.71	2.69
Proteína	(%)	15.50	15.40	15.10	15.20	15.40
Metionina + cistina	(%)	0.63	0.61	0.57	0.57	0.55
Lisina	(%)	0.90	0.94	0.95	1.01	1.06
Factores de rendimiento, 1ª fase						
Producción de huevos	(%)	76.00	70.20	67.40	61.40	59.00
Peso por huevo	(g)	55.00	55.70	54.90	54.80	53.70
Consumo alimento diario	(g)	110.00	106.00	100.00	100.00	94.00
Eficiencia alimenticia		2.62	2.71	2.69	2.98	2.96
Factores de rendimiento, 2ª fase						
Producción de huevos	(%)	67.60	66.80	66.60	66.20	67.40
Peso por huevo	(g)	58.90	57.10	58.10	58.30	57.40
Consumo alimento diario	(g)	112.00	110.00	108.00	113.00	110.00
Eficiencia alimenticia		2.92	2.79	2.78	2.93	2.85

a. Aves de 31-74 semanas, en jaulas metálicas individuales. Primera fase = 31-42 semanas; segunda fase = 43-74 semanas.

b. Metionina sólo para la segunda fase, en una proporción de 0.2% de la ración.

FUENTE: Yeong y Syed, 1976b.

Cuadro 1.25. Experiencias con harina de yuca en raciones para aves reproductoras Rhode Island rojas y Yaffa^a. Uso de niveles crecientes de harina en raciones isocalóricas e isoproteicas^b.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración			
Componentes (%)					
Harina de yuca		-	26.0	32.9	44.0
Maíz		64.5	29.7	12.9	-
Torta de maní		7.0	7.0	8.9	8.5
Torta de palmiste		10.0	17.1	26.4	27.2
Harina de pescado		8.0	10.0	9.0	9.0
Aceite de palma		0.7	0.2	0.8	1.3
Minerales y vitaminas		10.0	10.0	10.0	10.0
Factores de rendimiento ^c					
Infertilidad (%)		19.0	15.0	7.0	28.0
Mortalidad embrionaria (%)		4.0	9.5	15.5	10.5
Capacidad de incubación (%)		77.0	76.0	77.5	61.5

a. Aves de 10 meses en peso con viruta de madera.

b. Con 2.45 Meal/kg de energía metabolizable y 16% de proteína.

FUENTE: Ngoka et al., 1984.

Cuadro 1.26. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollitas Leghorn blancas, en iniciación^a. Uso de niveles crecientes de harina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración			
Componentes (%)					
Harina de yuca		-	15.00	30.00	45.00
Maíz		61.80	44.00	26.00	8.00
Torta de maní		25.00	27.50	30.00	32.70
Harina de pescado		5.80	6.30	6.80	7.30
Leche descremada		2.00	2.00	2.00	2.00
Salvado de arroz		2.00	2.00	2.00	2.00
DL - metionina		-	-	0.02	0.02
L - lisina		0.10	0.10	-	0.10
Minerales y vitaminas		3.20	3.20	3.20	3.20
Nutrimentos					
E. metabolizable (MJ/kg)		12.50	12.5	12.50	12.50
Proteína (%)		23.30	23.5	23.50	23.80
Metionina - cistina (%)		0.77	0.77	0.78	0.86
Lisina (%)		1.10	1.16	1.12	1.12
Factores de rendimiento					
Aumento de peso diario (g)		8.50	8.09	7.94	8.14
Consumo alimento (g)		22.70	23.50	25.50	26.00
Consumo/ganancia		2.70	2.93	3.24	3.23

a. Aves de 0-6 semanas, sin sexar.

FUENTE: Ademosum y Eshiet, 1980.

Cuadro 1.27. Experiencias con harina de yuca en raciones para levante de pollas Leghorn blancas^a. Uso de niveles crecientes de harina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración			
Componentes (%)		-	15.00	30.00	45.00
Harina de yuca					
Maíz		70.70	52.80	34.80	16.80
Torta de maíz		20.00	22.50	25.20	27.70
Harina de pescado		4.00	4.50	5.00	5.50
Salvado de arroz		2.00	2.00	2.00	2.00
DL-metionina		0.06	0.07	0.08	0.08
L-lisina		0.23	0.18	0.13	0.13
Minerales y vitaminas		3.10	3.10	3.10	3.10
Nutrimentos					
E. metabolizable	(MJ/kg)	12.80	12.80	12.80	12.80
Proteína	(%)	19.60	19.00	19.30	19.70
Metionina + cistina	(%)	0.72	0.72	0.73	0.71
Lisina		1.03	1.03	1.04	1.04
Factores de rendimiento					
Aumento peso diario	(%)	12.80	13.40	13.30	11.90
Consumo alimento	(g)	45.20	51.10	50.00	50.00
Consumo/ganancia		3.53	3.82	3.76	4.20

a. Aves de 6-12 semanas.

FUENTE: Ademosun y Eshiett, 1980.

Cuadro 1.28. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollas Leghorn blancas de levante^a. Uso de niveles crecientes de harina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración			
Componentes (%)		-	10.00	25.00	50.00
Harina de yuca					
Maíz		61.20	49.20	31.20	1.20
Torta de soya		6.00	8.00	11.00	16.00
Salvado de arroz		10.00	10.00	10.00	10.00
Torta de copra		10.00	10.00	10.00	10.00
Harina de pescado		4.00	4.00	4.00	4.00
Harina de carne y hueso		4.00	4.00	4.00	4.00
Harina de <i>Leucaena</i>		3.00	3.00	3.00	3.00
Minerales y vitaminas		1.80	1.80	1.80	1.80
Factores de rendimiento					
Ganancia de peso	(g)	955.00	1007.00	925.00	808.00
Consumo de alimento	(kg)	6.02	6.45	6.40	5.95
Consumo/ganancia		6.43	6.30	6.69	7.37

a. Aves de 6-20 semanas, en piso con cama de viruta de madera.

FUENTE: Enriquez y Ross, 1977.

Cuadro 1.29. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos pesados cruzados, en levante*. Comparación con raciones a base de sorgo, maíz y arroz.

Aspectos considerados		Composición y rendimiento por ración			
Componentes (%)					
Harina de yuca		60.00	-	-	-
Sorgo		-	53.40	-	-
Maíz		-	-	53.40	-
Arroz		-	-	-	52.00
Torta de soya		28.00	15.20	15.20	16.60
Harina de pescado		3.00	3.00	3.00	3.00
Salvado de arroz		5.60	25.00	25.00	25.00
Minerales y vitaminas		3.40	3.40	3.40	3.40
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Meal/kg)	2.60	2.61	2.67	2.52
Proteína		16.10	15.80	16.10	16.30
Factores de rendimiento					
Peso inicial	(g)	689.00	621.00	710.00	621.00
Peso final	(g)	1478.00	1475.00	1513.00	1475.00
Consumo/ganancia		4.63	4.21	4.64	4.27

a. Pollos de 7 a 16 semanas

FUENTE: Phalarsh et al., 1978

Cuadro 1.30. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollos pesados* cruzados, en levante. Comparación con raciones a base de sorgo, maíz y arroz.

Aspectos considerados		Composición y rendimiento por ración			
Componentes (%)					
Harina de yuca		60.00	-	-	-
Sorgo		-	54.35	-	-
Maíz		-	-	54.35	-
Arroz		-	-	-	53.00
Torta de soya		21.00	7.50	9.25	8.85
Harina de pescado		4.00	3.00	4.00	4.00
Salvado de arroz		6.60	26.75	29.00	25.75
Grasa		1.00	1.00	-	1.00
Harina de gramíneas		4.00	4.00	-	4.00
Minerales y vitaminas		3.40	3.40	3.40	3.40
Nutrimentos					
E. metabolizable	(Meal/kg)	2.65	2.66	2.62	2.62
Proteína		14.60	14.60	14.60	14.50
Factores de rendimiento					
Peso inicial	(g)	1547.00	1601.00	1563.00	1629.00
Peso final	(g)	1766.00	1823.00	1765.00	1849.00
Consumo/ganancia		7.71	6.22	6.98	5.68

n. Pollos de 16-20 semanas

FUENTE: Phalarsh et al., 1978

Cuadro 1.31. Experiencias con harina de yuca en raciones para pollas en levante^a. Uso de niveles crecientes de harina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración			
Componentes	(%)				
Harina de yuca		-	10.00	20.00	30.00
Sorgo		71.80	60.20	48.40	36.50
Torta de soya		20.00	21.70	23.50	25.50
Melaza		5.00	5.00	5.00	5.00
Harina de hueso		2.50	2.50	2.50	2.50
L-lisina		0.13	0.09	0.05	-
Minerales y vitaminas		0.50	0.50	0.50	0.50
Factores de rendimiento					
Peso final	(kg)	1.29	1.26	1.30	1.29
Consumo de alimento	(kg)	4.06	3.82	3.96	3.84
Mortalidad	(%)	0.60	0.10	0.40	0.70

a. Un total de 240 pollitas semipesadas, de 9-16 semanas, en piso con cama de viruta de madera.

FUENTE: Santos et al., 1985.

Cuadro 1.32. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones para pollas Golden Comet (G.C.) y Shaver (S.) en levante^a. Comparación con una dieta a base de maíz.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos según ración	
		Con maíz	Con HY
Componentes	(%)		
Harina de yuca		-	50.00
Maíz		55.90	-
Salvado de arroz		33.00	32.90
Torta de soya		5.00	11.00
Harina de pescado		2.50	2.50
Minerales y vitaminas		3.60	3.60
Factores de rendimiento en G.C.			
Peso inicial	(g)	1054.00	1052.00
Ganancia total	(g)	591.00	589.00
Consumo/ganancia		7.80	7.90
Factores de rendimiento en S.			
Peso inicial	(g)	927.00	934.00
Ganancia total	(g)	407.00	415.00
Consumo/ganancia		10.50	10.20

a. De 12-23 semanas.

FUENTE: Chou et al., 1973.

Cuadro 1.33. Experiencias con harina de yuca en raciones para lechones de cruces comerciales en iniciación^a. Uso de niveles bajos de harina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos de la ración		
Ingredientes				
Harina de yuca	(%)	-	10.00	20.00
Maíz		59.60	49.00	38.40
Torta de soya		27.70	28.30	28.90
Suero deshidratado		10.00	10.00	10.00
Minerales y vitaminas		2.70	2.70	2.70
Nutrimientos				
Proteína	(%)	18.50	18.10	17.80
Lisina	(%)	1.12	1.12	1.12
Calcio	(%)	0.78	0.78	0.78
Fósforo	(%)	0.59	0.59	0.59
Factores de rendimiento				
Aumento peso diario	(kg)	0.38	0.37	0.39
Consumo alimento diario	(kg)	0.68	0.60	0.64
Consumo/ganancia		1.63	1.62	1.64

a. Raciones para consumo a voluntad. Lechones de 7-18 kg (30 días) en corrales con control ambiental.

FUENTE: Ravindran et al., 1983.

Cuadro 1.34. Experiencias con harina de yuca (HY) en raciones para lechones Yorkshire x Landrace, en iniciación^a. Consumo de alimento según contenido de harina.

Edades de los lechones (días)	Consumo de alimento ^b /camada (kg)		
	Con 0% HY	Con 20% HY	Con 40% HY
De 14-42	1.80	3.00	12.40
De 42-56	14.70	26.20	39.10
De 14-56	16.50	29.20	51.50

a. Camadas en lactancia, de 0-56 días, con alimentación a voluntad para madres y camadas. Ración de iniciación a partir de 14 días.

b. Raciones con 20% de proteína, a base de sorgo, torta de soya, vitaminas, minerales y niveles variables de harina de yuca. Las tres raciones estuvieron simultáneamente a libre disposición de los lechones.

FUENTE: Gómez et al., 1981.

Cuadro 1.35. Experiencias con harina de yuca en raciones para lechones Large White x Landrace, en iniciación^a. Uso de niveles altos de harina suplementada con aceite y metionina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración					
Ingredientes (%)							
Harina de yuca		52.50	45.80	52.40	45.70	52.30	45.60
Torta de soya		38.20	38.20	38.20	38.20	38.20	38.20
Aceite de palma		3.00	9.70	3.00	9.70	3.00	9.70
Cascarilla de arroz		2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
DL-metionina		0.24	0.24	0.32	0.32	0.40	0.40
Minerales y vitaminas		3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Nutrimentos							
E. digestible	(MJ/kg)	14.63	15.94	14.81	15.98	14.63	15.94
Proteína	(%)	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Metionina + cistina	(%)	0.73	0.73	0.81	0.81	0.89	0.89
Lisina	(%)	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
Factores de rendimiento							
Aumento de peso diario	(g)	129.00	197.00	124.00	228.00	156.00	205.00
Consumo alimento diario	(g)	338.00	459.00	272.00	535.00	372.00	577.00
Consumo/ganancia		2.62	2.33	2.19	2.35	2.38	2.81

a. Lechones de 8-15 kg (42 días), alimentados a voluntad, en jaulas individuales.

FUENTE: Basógan y Fetaga, 1984.

Cuadro 1.36. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos en crecimiento y engorde^a. Uso de niveles crecientes de harina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración			
Ingredientes (%)					
Harina de yuca ^b		-	15.00	30.00	45.00
Maíz		72.50	54.50	33.40	13.00
Torta de maíz		6.50	5.00	8.00	10.00
Harina de pescado		2.00	4.40	4.00	4.40
Levadura de cerveza		15.40	17.50	21.00	24.00
Aceite de palma		0.50	0.50	0.50	0.50
DL-metionina		0.05	0.05	0.05	0.05
Minerales y vitaminas		3.00	3.00	3.00	3.00
Nutrimentos					
E. Digestible	(Mcal/kg)	3.26	3.27	3.27	3.28
Proteína		15.50	16.50	16.00	14.40
Factores de rendimiento en pie					
Aumento de peso diario	(kg)	0.39	0.42	0.46	0.43
Consumo alimento diario	(kg)	1.16	1.16	1.17	1.17
Consumo/ganancia		2.97	2.78	2.51	2.71
Características de la parral					
Rendimiento	(%)	75.50	74.30	70.80	73.50
Espesor grasa dorsal	(cm)	2.80	2.25	2.85	3.50
Área del lomo	(cm ²)	21.20	23.60	18.10	22.60

a. Cerdos de 9-80 kg, con alimento a voluntad.

b. Harina de yuca con 75 ppm de HCN.

FUENTE: Sonaiya et al., 1982.



Cuadro 1.37. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos Yorkshire en crecimiento. Comparación entre yuca dulce y yuca amarga como fuentes de energía en raciones con 16% de proteína^a.

Tipo de yuca	Valores diarios		
	Aumento de peso (kg)	Consumo de alimento (kg)	Consumo/ganancia
Dulce	0.62	1.77	2.86
Amarga ^b	0.56	1.35	2.43

a. Cerdos de 38-58 kg, con alimento a voluntad. Raciones a base de torta de soya (25%), harina de yuca (75%), vitaminas y minerales.

b. Yuca amarga = CMC-84, con 150-200 ppm de HCN en la raíz fresca.

FUENTE: Gómez y Buitrago, 1982.

Cuadro 1.38. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos de cruces comerciales, en crecimiento^a. Efectos de la sustitución del sorgo en la ración.

Aspectos considerados	Composición y rendimientos por ración					
	(%)					
Ingredientes						
Harina de yuca ^a	-	18.60	35.80	52.00	67.00	
Sorgo	77.50	55.80	35.80	17.30	-	
Torta de soya	16.50	19.10	21.40	22.70	23.90	
Harina de pescado	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	
Minerales y vitaminas	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	
Nutrientes						
E. digestible	(MJ/kg)	3.31	3.29	3.27	3.25	3.23
Proteína	(%)	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Metionina	(%)	0.31	0.29	0.28	0.29	0.29
Lisina	(%)	0.84	0.91	0.96	1.02	1.07
Factores de rendimiento						
Aumento peso diario	(kg)	0.56	0.54	0.54	0.57	0.55
Consumo alimento diario	(kg)	1.92	1.93	1.93	1.93	1.93
Consumo/ganancia		3.46	3.58	3.61	3.41	3.55

a. Cerdos de 19-50 kg, con alimento a voluntad.

b. Con 36 ppm de HCN.

FUENTE: Méndez y Zaragoza, 1980.

Cuadro 139. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos de cruces comerciales, en engorde^a. Comparación entre diferentes proporciones de esta harina y el sorgo.

Aspectos considerados		Composición y rendimiento por ración				
Ingredientes		(%)				
Harina de yuca ^b		-	20.00	39.00	56.50	72.10
Sorgo		84.00	61.00	38.60	18.00	-
Torta de soya		11.80	14.00	17.40	19.00	22.10
Harina de pescado		1.20	2.00	2.00	2.50	2.80
Minerales y vitaminas		3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Nutrimientos						
E. digestible	(MJ/kg)	3.32	3.30	3.28	3.26	3.25
Proteína	(%)	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
Metionina	(%)	0.24	0.23	0.22	0.21	0.21
Lisina	(%)	0.59	0.67	0.72	0.78	0.82
Factores de rendimiento en pie						
Aumento peso diario	(kg)	0.74	0.72	0.72	0.73	0.71
Consumo alimento diario	(Kg)	3.17	3.02	3.44	3.23	3.24
Consumo/ganancia		4.29	4.23	4.56	4.43	4.60
Características de la canal						
Rendimiento	(%)	74.40	74.80	75.80	75.60	75.00
Espesor grasa dorsal	(cm)	2.89	3.27	2.52	2.53	2.73
Área del lomo	(cm ²)	32.50	31.00	36.90	39.40	38.20

a. Cerdos de 50-90 kg, con alimento a voluntad.

b. Harina de yuca con 36 ppm de HCN.

FUENTE: Méndez y Zaragoza, 1980.

Cuadro 140. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos Landrace x Hampshire en engorde^a. Comparación de raciones con diferentes proporciones de harina y de maíz.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración ^b			
Ingredientes		(%)			
Harina de yuca		-	20.00	40.00	58.50
Maíz		60.00	40.00	20.00	-
Harina de carne		5.00	5.50	6.00	6.50
Torta de ajonjolí		20.00	23.00	26.00	29.00
Pulveras de arroz		9.00	5.50	2.00	0.00
Melaza		5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales y vitaminas		1.00	1.00	1.00	1.00
Factores de rendimiento en pie					
Aumento peso diario	(kg)	0.79	0.78	0.84	0.80
Alimento/ganancia		3.50	3.80	3.30	3.30
Rendimiento en canal					
Largo de canal	(cm)	74.00	72.10	73.00	74.00
Grasa de canal	(cm)	3.10	3.40	3.30	2.90
Número de yodo		69.30	64.50	71.30	69.30

a. Cerdos de 40 - 52 kg, con alimento a voluntad.

b. Raciones isoproteicas (17%).

FUENTE: Chico et al., 1972.

Cuadro 1.41. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos Duroc x Yorkshire en crecimiento y engorde^a. Uso de raciones con harina y melaza de caña en reemplazo del maíz.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración ^b			
Ingredientes (%)					
Harina de yuca	(%)	-	21.70	41.00	58.30
Maíz amarillo		69.00	43.40	20.50	-
Melaza de caña		10.00	10.00	10.00	10.00
Torta de soya		10.00	13.90	17.50	20.70
Torta de algodón		7.00	7.00	7.00	7.00
Minerales y vitaminas		4.00	4.00	4.00	4.00
Factores de rendimiento					
Aumento peso diario	(kg)	0.89	0.83	0.78	0.77
Consumo alimento diario	(kg)	3.38	2.95	3.00	2.73
Consumo/ganancia		3.84	3.56	3.85	3.54

a. Cerdos de 18-95 kg, con alimento a voluntad.

b. Raciones isoproteicas (16%).

FUENTE: Maner et al., 1967.

Cuadro 1.42. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos Duroc x Yorkshire en crecimiento^a. Efecto de diferentes proporciones de la harina suplementada con melaza y proteína de origen vegetal y animal.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración ^b			
Ingredientes (%)					
Harina de yuca	(%)	69.20	66.20	58.30	55.30
Melaza de caña		-	-	10.00	10.00
Torta de soya		19.70	19.70	20.70	20.70
Torta de algodón		7.00	7.00	7.00	7.00
Harina de pescado		-	3.00	-	3.00
Minerales y vitaminas		4.00	4.00	4.00	4.00
Factores de rendimiento					
Aumento peso diario	(kg)	0.71	0.67	0.71	0.71
Consumo alimento diario	(kg)	2.03	2.19	2.16	2.63
Consumo/ganancia		2.84	3.26	3.05	3.68

a. Cerdos de 22-60 kg, con alimento a voluntad.

b. Raciones isoproteicas (16%).

FUENTE: Maner et al., 1967.

Cuadro 1.43 Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos Large White en crecimiento y engorde^a. Uso de niveles crecientes de la harina suplementada con metionina y lisina

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración		
Ingredientes (%)				
Harina de yuca		25.00	30.00	40.00
Maíz		25.20	18.70	7.70
Torta de copra		33.60	33.50	33.80
Harina de pescado		8.00	8.00	8.00
Harina de carne		7.50	9.10	6.70
Metionina		0.09	0.10	0.14
Lisina		0.09	0.06	0.12
Minerales y vitaminas		0.50	0.50	0.50
Nutrimentos				
E. digestible	(Mcal/kg)	3.11	3.11	3.11
Proteína	(%)	18.50	18.50	18.50
Metionina	(%)	0.42	0.43	0.45
Metionina + cistina	(%)	0.61	0.62	0.64
Lisina	(%)	1.00	1.00	1.00
Factores de rendimiento				
Aumento peso diario	(kg)	0.63	0.62	0.62
Consumo alimento diario	(kg)	1.91	1.92	1.90
Consumo/ganancia		3.03	3.10	3.07

a. Cerdos de 12-87 kg, con alimento a voluntad.

FUENTE: Udo et al., 1979.

Cuadro 1.44 Experiencias con harina de yuca amarga en raciones para cerdos Yorkshire en crecimiento^a. Uso de un alto nivel de harina de yuca y suplementación con productos azufrados.

Composición de las raciones	Rendimientos		
	Aumento de peso diario (kg)	Consumo alimento diario (kg)	Consumo/ganancia
Testigo ^b	0.67	1.81	2.43
Testigo + 0.2% metionina	0.70	1.77	2.29
Testigo + 0.8% tiosulfato de sodio	0.61	1.58	2.32
Testigo + 0.2% azufre elemental	0.65	1.64	2.29

a. Cerdos de 20-50 kg, con alimento a voluntad.

b. Ración con 16% de proteína, a base de harina de yuca (70%), torta de soya (25%), minerales y vitaminas.

FUENTE: CIAT, 1975.

Cuadro 1.45. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos Landrace x Yorkshire en crecimiento^a. Suplementación con metionina, melaza, azúcar o sebo.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos según ración ^b				
Ingredientes (%)						
Harina de yuca		65.90	65.70	55.50	55.50	55.50
Torta de soya		29.40	29.40	29.80	29.80	29.80
Melaza		-	-	10.00	-	-
Azúcar		-	-	-	10.00	-
Sebo (grasa animal)		-	-	-	-	10.00
Metionina		-	0.20	-	-	-
Minerales y vitaminas		4.70	4.70	4.70	4.70	4.70
Factores de rendimiento						
Aumento peso diario	(kg)	0.71	0.68	0.69	0.68	0.63
Consumo alimenticio	(kg)	1.94	1.88	1.89	1.84	1.59
Alimento/ganancia		2.73	2.76	2.74	2.70	2.53

a. Cerdos de 20-50 kg, con alimento a voluntad.

b. Raciones isoproteicas (16%).

FUENTE: Maner et al., 1978.

Cuadro 1.46. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos Landrace x Large White en crecimiento^a. Comparación entre la harina procesada con calor seco^b, la harina sin procesar, y el sorgo.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración ^c		
		Con sorgo	Con harina de yuca	
			Sin procesar	Procesada
Ingredientes (%)				
Harina de yuca		-	66.90	-
Sorgo		79.10	-	-
Torta de soya		17.40	29.50	-
DL-metionina		-	0.09	-
Minerales y vitaminas		3.50	3.50	-
Factores de rendimiento				
Aumento de peso diario	(kg)	0.72	0.70	0.70
Consumo alimento diario	(kg)	1.71	1.85	1.59
Consumo/ganancia		2.37	2.64	2.27

a. Cerdos de 28-53 kg, con alimento a voluntad.

b. Procesamiento: 70°C durante 10 minutos.

c. Raciones isoproteicas (16%).

FUENTE: Reboacas, 1976.

Cuadro 1.47. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdos de cruces comerciales en crecimiento y engorde^a. Comparación entre raciones molidas y raciones peletizadas.

Aspectos considerados	Composición y rendimiento según ración	
	Molida	Peletizada
Ingredientes (%)		
Harina de yuca	50.00	-
Torta de soya	37.00	-
Harina de arroz	5.00	-
Harina de carne	5.00	-
Minerales y vitaminas	5.00	-
Nutrientes		
E. digestible (Mcal/kg)	5.18	-
Proteína (%)	21.50	-
Factores de rendimiento en pie		
Aumento peso diario (kg)	0.64	0.65
Consumo alimento (kg)	2.16	2.17
Consumo/ganancia	3.17	3.16
Características de la canal		
Rendimiento (%)	74.20	74.10
Espesor (cm)	3.16	3.25
Área del lomo (cm ²)	32.10	33.50
Relación carne/grasa	6.80	0.75

a. Animales de 20-90 kg, con alimento a voluntad.

FUENTE: Peixoto y da Silva, 1976.

Cuadro 1.48. Harina de yuca en raciones para cerdos Landrace x Large White en engorde^a. Comparación entre la harina procesada con calor seco^b, harina sin procesar y sorgo.

Aspectos considerados	Composición y rendimientos por ración ^c		
	Con sorgo	Con harina de yuca	
		Sin procesar	Procesada
Ingredientes (%)			
Harina de yuca	-	73.60	-
Sorgo	30.30	-	-
Torta de soya	9.70	23.30	-
DL-metionina	-	0.09	-
Minerales y vitaminas	3.00	3.00	-
Factores de rendimiento, en pie			
Aumento peso diario (kg)	0.69	0.75	0.67
Consumo alimento diario (kg)	2.20	2.57	2.51
Consumo/ganancia	3.19	3.43	3.75
Características de la canal			
Área del lomo (m ²)	32.80	30.70	31.50
Espesor grasa dorsal (cm)	3.60	3.20	3.30
Relación carne/grasa	0.87	0.91	0.89
Índice de yodo	60.80	51.70	52.00

a. Cerdos de 51-93 kg, con alimento a voluntad.

b. A 70°C por 10 minutos.

c. Raciones isoproteicas.

FUENTE: Reboucas, 1976.

Cuadro 1.49. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdas Yorkshire gestantes y lactantes^a. Comparación con dietas a base de maíz.

Aspectos considerados	Composición y rendimientos por ración ^b	
Ingredientes	(%)	
Harina de yuca		67.00
Maíz		-
Torta de soya		18.80
Minerales y vitaminas		4.80
Nutrientes		
Proteína	(%)	16.00
Metionina + cistina	(%)	0.47
Lisina		0.92
Rendimiento hembras		
Peso a la monta	(kg)	118.50
Peso al parto	(kg)	146.10
Peso al destete	(kg)	159.60
Rend. camadas al parto		
Lechones	(no.)	8.40
Peso individual	(kg)	0.97
Peso camada	(kg)	8.15
Rend. camadas al destete^c		
Lechones	(no.)	6.60
Peso individual	(kg)	15.70
Peso camada	(kg)	103.62

a. Con alimentación controlada en la gestación y a voluntad en la lactancia.

b. Raciones isoproteicas (16%).

c. Destete a los 56 días.

FUENTE: Gómez et al., 1976.

Cuadro 1.50. Experiencias con harina yuca (HY) en raciones para cerdas lactantes^a Duroc x Yorkshire. Uso de la harina con melaza en comparación con maíz como fuente de energía.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración ^b	
		Con maíz	Con HY
Ingredientes	(%)		
Harina de yuca		-	59.10
Maíz		81.50	-
Melaza		-	10.00
Torta de soya		15.00	27.40
Minerales y vitaminas		3.50	3.50
Rendimiento, hembras			
Peso al parto	(kg)	179.30	170.60
Peso al destete	(kg)	190.30	183.00
Rend. camadas al parto			
Lechones	(no.)	10.80	10.10
Peso individual	(kg)	1.18	1.22
Peso camada	(kg)	12.74	12.32
Rend. camadas al destete^c			
Lechones	(no.)	9.00	7.90
Peso individual	(kg)	6.00	6.80
Peso Camada	(kg)	54.00	53.70

a. Cerdas de 35 días de lactancia, con alimentación a voluntad.

b. Raciones isoproteicas (16%).

c. Destete a los 35 días.

FUENTE: Maner et al., 1978.

Cuadro 1.51. Experiencias con harina de yuca en raciones para cerdas Yorkshire gestantes y lactantes^a. Suplementación con metionina.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración ^b	
Ingredientes			
	(%)		
Harina de yuca		67,00	66,70
Torta de soya		28,20	28,20
DL-metionina		—	0,30
Minerales y vitaminas		4,80	4,80
Rendimiento, hembras			
Peso a la monta	(kg)	121,20	120,1
Peso al destete	(kg)	156,50	152,4
Rend. camada al parto			
Lechones	(no.)	9,10	9,40
Peso individual	(kg)	1,06	1,07
Peso camada	(kg)	9,45	10,06
Rend. camada al destete			
Lechones	(no.)	8,20	8,00
Peso individual	(kg)	16,15	16,54
Peso camada	(kg)	132,45	132,32

a. Cerdas con alimento controlado (1,8 kg) en la gestación, y a voluntad en la lactancia.

b. Raciones isonitrogenas (16%).

c. Destete a los 56 días.

FUENTE: Gómez, 1977.

Cuadro 1.52. Experiencias con harina de yuca en la alimentación de terneros Jersey a cunillo lechero^a. Evaluación de dos mezclas destetadoras.

Componentes		Composición y rendimientos por mezcla	
Ingredientes			
	(%)		
Harina de yuca		34,50	10,50
Malt		10,00	36,80
Salvado de trigo		15,00	15,80
Torta de copra		12,50	13,20
Torta de ajonjolí		18,00	13,30
Melaza		5,00	5,30
Leche deshidratada		5,00	5,20
Antibiótico		0,15	0,15
Nutrientes			
NDT	(%)	78,50	78,60
Proteína	(%)	16,70	16,60
Consumo total de las mezclas			
	(kg)		
Machos		62,23	68,22
Hembras		59,51	70,46
Rend. en aumento de peso			
	(kg/día)		
Machos		0,445	0,522
Hembras		0,364	0,447

a. Terneros de 1-120 días, alimentados así hasta la 3a semana únicamente con leche entera. Desde la 3a semana hasta los cuatro meses recibieron: leche descremada controlada, mezcla a voluntad y ensilaje de sorgo a voluntad.

FUENTE: Valdés, 1958.

Cuadro 1.53. Experiencias con harina de yuca (HY) en mezclas concentradas para destete precoz de terneros Holstein^a. Evaluación de tres tipos de mezclas como complemento a la leche y al heno de alfalfa.

Factores de rendimiento		Rendimientos según tipo de mezcla ^b		
		Con sorgo: 50%	Con sorgo: 25%	Con HY: 50%
Peso inicial	(kg)	35.15	34.10	34.26
Peso final	(kg)	89.00	92.40	81.03
Aumento peso diario	(kg)	0.48	0.52	0.42
Consumo total	(kg)			
Mezcla concentrada		109.3	108.2	82.00
Heno de alfalfa		28.4	28.6	29.1
Leche		132.7	135.3	126.9

a. Terneros de 1-112 días, alimentados así: hasta los 42 días únicamente con leche; de los 42 a los 112 días, con heno de alfalfa y mezcla concentrada suministrada a voluntad.

b. Cada mezcla contenía, además de las proporciones indicadas de sorgo y harina de yuca, fuentes de proteínas, minerales y vitaminas.

FUENTE: Peixoto, 1973.

Cuadro 1.54. Experiencias con harina de yuca en raciones para vacas lecheras Holstein x Cebú^a. Efecto de la harina en sustitución del sorgo en los concentrados.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por concentrado		
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca		-	27.00	-
Sorgo		54.00	27.00	27.00
Melaza		-	-	27.00
Torta de algodón		44.00	43.20	43.30
Urea		-	0.50	0.70
Sal		1.00	1.00	1.00
Minerales		1.00	1.00	1.00
Nutrientes analizados				
NDT	(%)	69.00	67.40	65.90
Proteína	(%)	15.70	15.70	15.70
Rend. en producción leche	(kg/día)			
No corregida		12.00	12.40	11.90
Corregida a 4% grasa		11.40	11.30	10.80

a. Durante 63 días de lactancia, los animales recibieron 0.42 kg de concentrado por kilogramo de leche producida, además de ensilaje de sorgo y sal mineralizada a voluntad.

FUENTE: Ribeiro et al., 1976.

Cuadro 1.55. Experiencias con harina de yuca en raciones^a para vacas lecheras, cruzadas. Efecto de la harina usada en los concentrados en sustitución de avena.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por concentrado		
Ingredientes	(%)			
Harina de yuca		—	12.50	25.00
Avena		25.00	12.50	—
Torta de maíz		20.00	25.00	25.00
Heno de leguminosa		35.00	35.00	35.00
Salvado de trigo		20.00	20.00	20.00
Nutrientes analizados				
NDT	(%)	69.00	67.00	65.00
Proteína	(%)	15.50	16.00	15.50
Rendimiento en leche	(kg/día)			
No corregida		6.97	7.20	7.84
Corregida a 4% grása		7.81	7.91	7.84

a. Durante 140 días de lactancia, cada animal recibió 1 kg de concentrado por cada 3 kg de leche, además de 25 kg/día de forraje verde (pasto pará) heno de gramínea a voluntad y 85 g diarios de sal mineralizada.

FUENTE: Mathur et al., 1969.

Cuadro 1.56. Experiencias con harina de yuca en raciones para ceba de novillos cebú comercial^a en pastoreo intensivo.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración	
Ingredientes	(kg/animal/día)		
Harina de yuca		0.65	1.10
Melaza		4.50	4.50
Urea		0.23	0.25
Harina de sangre		0.22	0.22
Rendimiento			
Peso inicial	(kg)	336.00	336.00
Peso final	(kg)	403.00	411.00
Aumento peso, diario	(kg)	0.71	0.77

a. Con una carga de 4.8 cabezas/ha, y suministro diario de suplemento en forma controlada y de sal mineralizada a voluntad.

FUENTE: Lozada y Alderete, 1979.

Cuadro 1.57. Experiencias con harina de yuca en la ceba intensiva de novillos Holstein x Cebú en confinamiento total, usada como suplemento al pasto elefante (*Pennisetum purpureum*)^a.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos según suplemento			
Ingredientes	(kg/animal/día)				
Harina de yuca		-	-	1.20	1.20
Urea		0.10	-	0.10	-
Estilosantes fresco		-	6.00	-	6.00
Rendimiento	(kg)				
Peso inicial		356.00	361.30	344.60	352.90
Peso final		362.90	374.30	373.90	382.50
Aumento peso diario		0.11	0.21	0.47	0.47

a. Pasto de 100 días de edad, cortado verde y ofrecido a voluntad.

FUENTE: Brito, 1975.

Cuadro 1.58. Experiencias con harina de yuca para ceba intensiva de novillos Cebú comercial, en confinamiento total^a. Su uso como suplemento al ensilaje de maíz.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por suplemento		
Ingredientes	(kg/animal/día)			
Ensilaje de maíz		31.00	31.0	31.00
Torta de algodón		0.30	0.30	0.30
Harina de yuca		-	0.37	0.75
Melaza		1.00	0.50	-
Urea		0.10	0.10	0.10
Rendimiento	(kg)			
Peso inicial		303.30	306.80	304.20
Peso final		443.60	455.00	461.00
Aumento peso diario		0.77	0.81	0.86

a. Novillos con alimentación controlada.

FUENTE: Rubio, 1978.

Cuadro 1.59. Experiencias con harina de yuca para ceba intensiva de novillos Cebú comercial, en confinamiento. Su uso como complemento al ensilaje de sorgo^a.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por suplemento				
Ingredientes (%)						
Harina de yuca		—	20.50	41.00	61.50	82.00
Millo		88.50	66.40	44.30	22.20	—
Torta de algodón		7.80	9.20	10.50	11.90	13.30
Úrea		1.70	1.90	2.20	2.40	2.70
Minerales y vitaminas		2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Factores de rendimiento (kg)						
Peso inicial		302.70	306.2	317.2	305.8	315.4
Peso final		424.40	425.1	427.2	412.4	404.3
Aumento peso diario		1.16	1.13	1.05	1.01	0.85
Consumo concentrado diario		10.20	9.30	8.59	8.16	6.95
Consumo ensilaje		3.12	4.97	5.47	5.21	5.23
Concent./ganancia		8.79	8.23	8.18	8.08	8.18

a. Suplemento a voluntad y ensilaje controlado: 1.5 kg/100 kg peso vivo.

FUENTE: Delgado et al., 1975.

Cuadro 1.60. Experiencias con la harina de yuca en la ceba intensiva de novillos cebú mestizos en confinamiento total. Comparación entre esta harina y el sorgo como complemento al ensilaje de sorgo^a.

Aspectos considerados		Comparación y rendimientos por mezcla suplementaria							
Ingredientes	(%)								
Harina de yuca		35.70	56.80	43.80	61.3	-	-	-	-
Sorgo		-	-	-	-	42.50	68.40	50.70	76.30
Grano de soya		64.30	40.70	50.30	30.30	57.50	29.10	43.40	15.30
Úrea		-	2.50	-	2.50	-	2.50	-	2.50
Harina de pescado		-	-	5.90	5.90	-	-	5.90	5.90
Factores de rendimiento	(kg)								
Peso inicial		206.50	209.30	208.10	195.20	206.80	206.00	210.50	206.50
Peso final		271.90	271.50	281.50	258.60	264.90	257.20	271.40	269.10
Aumento de peso diario		0.67	0.63	0.75	0.65	0.59	0.52	0.62	0.64
Consumo de mat. seca/animal/día									
Ensilaje		4.20	4.30	4.20	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30
Suplemento		1.50	1.20	1.60	1.50	1.50	1.60	1.60	1.70

a. El ensilaje de sorgo se ofreció a voluntad, al igual que la sal mineralizada.

FUENTE: Pereira et al., 1976.

Referencias

Aves

- Ademosun, A. A. y Eshiett, N. O. 1980. Feeding cassava root meal to starter, grower and laying chickens. *Trop. Agric. (Trinidad)* 57(3):277-284.
- Armas, A. E. y Chicco, C. F. 1973. Evaluación de la harina de yuca (*Manihot esculenta*) en raciones para pollos de engorde. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 23(6):593-599.
- Chou, K. C.; Muller, Z. y Nah, K. C. 1973. High levels of tapioca - meal in poultry rations. *Indian J. Anim. Sci.* 44(9):697-702.
- Enriquez, F. Q. y Ross, E. 1972. Cassava root meal in grower and layer diets. *Poultry Science* 51(1):228-232.
- Gerpacio, A. L.; Roxas, D. B.; Uichanco, N. M.; Roxas, N. P.; Custodio, C. C.; Mercado, C.; Gloria, L. A. y Castillo, L. S. 1977. Tuber meals as carbohydrate sources in broiler rations. En: *Regional Meeting on the Production of Root Crops*, Noumea, New Caledonia. Technical paper 174. South Pacific Commission. p. 183-185.
- Hennesey, S. y Ayala, J. C. 1986. Evaluación de soya integral cocida y harina de yuca en la alimentación de aves de postura. Tesis zootecnista. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Zootecnia, Palmira, Colombia.
- Hoyos, C. y Santos, J. 1983. Comparación de dos niveles de harina de yuca con alto y bajo contenido de cianuro en dietas para pollos de engorde. *Acta Agronómica* 33(1):45-53.
- Hutagalung, R. I. 1977. Additives other than methionine in cassava diets. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.), *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 47 p.
- Jalaludin, S. y King, L. S. 1973. Response of laying hens to low and high levels of tapioca meal. *Mal. Agric. Res.* 2:47-51.
- Khajarearn, J. 1977. The maximum economic replacement of maize by cassava root chips in broiler diets. En: *Khon Kaen University. Faculty of Agriculture, Cassava Nutrition Project. Annual report 1975/76*. Khon Kaen, Tailandia. p. 86-104.
- Montilla, J. J. 1977. Cassava in the nutrition of broilers. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.), *Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph*. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 147 p.
- Ngoka, D. A.; Chike, E. C.; Awoniyi, A. B.; Enyinnia, T. y Odurukwe, S. O. 1984. Effects of cassava meal on the hatchability of chicken eggs. En:

- Terry, E. R.; Doku, E. V.; Arene, O. B. y Machungu, N. M. (eds.). Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Africa Branch, Douala, Cameroon, 1983. Memorias. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 117-119.
- Peixoto, R. y Maier, J. C. 1975. Influência da prensagem (pelets) de ração inicial para aves com elevado teor de farinha de mandioca. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia 4(2): 115-121.
- Phalarksh, K.; Nikornkit, C.; Khajarearn, J. M. y Puvadolphirod, S. 1978. An evaluation of the replacing value of cassava root meal for maize, broken rice or sorghum in starter, grower, developer and layer diets. En: Khon Kaen University. Faculty of Agriculture, Cassava Nutrition Project. Annual report, 1977. Khon Kaen, Tailandia. p. 63-80.
- Phuah, C. H. y Hutagalung, R. I. 1974. Effect of levels of dietary protein and cassava on performance and body composition of chickens. Malay. Agric. Res. 3:99-106.
- Santos, E.; López, A. y Giraldo, A. 1985. La harina de yuca en la alimentación de pollitas de reemplazo. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Palmira, Colombia.
- Stevenson, M. 1984. The nutritional value of cassava root meal in laying hen diets. J. Sci. Food Agric. 35:36-40.
- y Jackson, N. 1983. The nutritional value of dried cassava root meal in broiler diets. J. Sci. Food Agric. 34: 1361-1367.
- Syed, A. B.; Yeong, S. W. y Seet, C. P. 1976. Performance of layers fed high levels of broken rice and tapioca as a direct substitute for maize. Mardi Res. Bull. 3(1):63-70.
- Vásquez, F.; Arteaga, C. y Avila, E. 1977. Harina de yuca (*Manihot esculenta*) en dietas para pollos de engorde y gallinas en postura. Tec. Pec. Mex. 32:53-57.
- Waldroup, P. W.; Ritchie, S. J.; Reese, G. L. y Ramsey, B. E. 1984. The use of cassava flour and extruded full-fat soybeans in diets for broiler chickens. Arkansas Agricultural Experiment Station. Fayetteville, E.U. p. 1-24.
- Yeong, S. W. y Syed, A. B. 1976a. The use of tapioca in broiler diets. Mardi Res. Bull. 5(1):95-103.
- y ———. 1976b. The use of tapioca in layer diets. Mardi Res. Bull. 4(2):91-96.
- y ———. 1978. Effects of sulphates and methione supplementation in high cassava (*Manihot esculenta* Crantz) based diets for layers. Mardi Res. Bull. 6(2):202-207.

Porcinos

- Balogun, O. O. y Fetuga, B. L. 1984. Influence of methionine and palm oil supplementation of cassava flour-soybean meal diets on performance, nitrogen retention and rate of tissue deposition in weanling pigs. *Livestock Production Science* 11:315-327.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1975. Swine Production Systems. Annual report, 1975. Cali, Colombia. p. 163-212.
- Chicco, C. F.; Garbati, S. T.; Muller-Haye, B. y Vecchionacce, H. 1972. La harina de yuca en el engorde de cerdos. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 22(6):599-603.
- Gómez, G. 1977. Life-cycle swine feeding. En: Nestel, B. y Graham, M. (eds.). Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. p. 65-71.
- y Buitrago, J. A. 1982. En: Rechcigl, M. (ed.). Handbook of nutritive value of processed food, Vol. II. CRC Press. Boca Ratón, Fla. E.U. 499 p.
- ; Camacho, C. y Maner, J. H. 1976. Utilización de yuca fresca y harina de yuca en alimentación porcina. En: Oke, O. L. 1984. The use of cassava as pig feed. *Nutrition Abstracts and Reviews Series B* 54(7):310-314.
- ; Santos, J. y Valdivieso, M. 1981. Utilización de la yuca en alimentación porcina. En: VII Curso intensivo adiestramiento posgrado en investigación para la producción de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 31 p.
- Maner, J. H.; Buitrago, J. A.; Portela, R. y Jiménez, I. 1978. La yuca en la alimentación de cerdos. Instituto Colombiano Agropecuario y Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 113 p. (Mimeografiado).
- ; ———; Jiménez, I. 1967. Utilization of yuca in swine feeding: Proceedings of First International Symposium on Tropical Root Crops, held at St. Augustine, Trinidad, 1967. v. 1. University of West Indies, St. Augustine, Trinidad. p. 62-71.
- Méndez, A. y Zaragoza, L. 1980. Sustitución del sorgo por harina de yuca en la alimentación de cerdos. *Agric. Tec. Mex.* 6(2):83-91.
- Peixoto, R. y da Silva, J. V. 1976. Estudo da influência da prensagem (pellets) de ração com elevado teor de farinha de mandioca no desempenho de porcos em crescimento e terminação, e nas características da carcaça. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 5(1):1-8.

- Ravindran, V.; Kornegay, E. T. y Cherry, J. A. 1983. Feeding values of cassava tuber and leaf meals. *Nutrition Reports International* 28(1):189-196.
- Rebouças, J. C. 1976. Raspa de mandioca procesada pelo calor seco (torragem) na alimentação de suínos. Tesis M. S. Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Sonaiya, E. B.; Omole, T. A. y Adegbola, A. A. 1982. Effects of methionine-supplemented cassava meal diets on performance and carcass characteristics and some organ weights of growing - finishing pigs. *Nutrition Reports International* 26(1):25-34.
- Udo, H.; Foulds, J.; Siasoi, M. 1979. Cassava feeding trials on pigs. *Alafua Agricultural Bulletin* 4(3):1-19.

Rumiantes

- Britto, T. B. 1975. Ureia, estilosantes e raspa de mandioca como suplementos do capim - elefante para bovinos em confinamento. Tesis M. S. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 34 p.
- Delgado, M. E.; Coelho da Silva, J. F. y Barbosa, T. 1975. Substituição do milho desintegrado com palha e sabugo pela raspa de mandioca integral em rações para rumiantes; 2: Confinamento de bovinos. *Experientiae* 20(7):204-216.
- Mathur, M. L.; Sampath, S. R. y Ghosh, S. N. 1969. Studies on tapioca: Effect of 50 and 100 per cent replacement of vats by tapioca in the concentrate mixture of dairy cows. *Indian J. Dairy Sci.* 22:193-199.
- Lozada, H. y Alderete, R. 1979. Efecto de la harina de raíz de yuca y nivel de urea sobre el comportamiento de becerros en pasto de baja calidad con libre acceso a melaza. *Producción Animal Tropical* 4:46-48.
- Peixoto, R. R. 1973. Value of cassava flour as a calf starter component when fed to calves on a restricted milk diet. Tesis M. S. Cornell University, Ithaca, Nueva York.
- Pereira, R.; Coelho da Silva, J. F.; Fajardo, O. y Ferreira, V. A. 1976. Milho desintegrado com palha e sabugo e raspa de mandioca, combinados com diferentes fontes proteicas no arrocamento de novilhos em confinamento. *Revista Sociedade Brasileira Zootecnia* 5(1):70-82.
- Ribeiro, P. J.; Moreira, H. A.; Vitela, H. y Silva, T. 1976. Melaço desidratado e raspa de mandioca como substitutos parciais do milho para produção de leite. *Archivos da Escola de Veterinaria, Universidade Federal de Minas Gerais* 28(2):193-200.
- Rubio, E. 1978. Efecto comparativo de la melaza de caña y harina de yuca en la utilización de urea en la alimentación de rumiantes. *Revista ICA* 13(3):537-542.

- Valdivieso, A. 1958. Comparación entre la harina de yuca y el maíz en mezclas destetadoras para terneros. Tesis M. S. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica. 51 p.

Capítulo 2

Extractos de Investigaciones sobre el Uso de Raíces de Yuca Frescas y Ensiladas en la Alimentación Animal

No obstante las limitaciones propias de la yuca fresca, las experiencias de diferentes investigadores acerca de su utilización en la alimentación animal han puesto en evidencia la posibilidad de usarla, con buenos resultados, en raciones para porcinos en crecimiento y acabado, gestación, y lactancia y para bovinos.

En cuanto al ensilaje de raíces, las experiencias más importantes son las relacionadas con la alimentación de porcinos en las mismas fases de producción señaladas, con resultados que varían según el tiempo de almacenamiento del producto y el suplemento usado.

Yuca Fresca en la Alimentación de Porcinos

Entre los estudios que se han adelantado acerca del uso de yuca fresca en la alimentación de cerdos se han escogido, a manera de ilustración, los que se resumen en los Cuadros 2.1 a 2.10. Tales trabajos aportan información sobre la composición de diferentes dietas y sus resultados, y tienen que ver principalmente con dietas para cerdos en crecimiento y acabado, y en menor proporción para cerdas en gestación y en lactancia.

Experiencias con raciones para cerdos en crecimiento y acabado

Contreras (1973) efectuó un trabajo sobre alimentación de cerdos Duroc x Yorkshire x Landrace en crecimiento, en el cual

usó yuca fresca y suplementos que suministró a los animales para consumo a voluntad, en comederos separados. En este trabajo se puede observar (Cuadro 2.1) que:

- a. Los animales presentaron rendimientos satisfactorios en cuanto a aumentos de peso y eficiencia en la conversión alimenticia.
- b. Hubo un sobreconsumo de proteína en cantidad equivalente a la de una ración completa con 17%-19% de este nutrimento.
- c. El consumo de yuca fresca resultó inferior al nivel requerido para lograr un aporte adecuado de energía.

En cerdos de cruces comerciales en crecimiento y engorde, Angulo (1976) suministró a los animales un concentrado completo y seco en forma permanente, y obtuvo un mejor rendimiento en comparación con el obtenido al alimentarlos con yuca o camote frescos y suplementación controlada (Cuadro 2.2).

Las experiencias de Ferreira et al. (1982), sobre uso de yuca fresca para cerdos Landrace x Large White en crecimiento y engorde (Cuadro 2.3) indican que:

- a. Al suplementar la yuca con mezclas de contenidos proteínicos altos o bajos, suministrados a voluntad, se presentan consumos excesivos o deficientes de proteína con respecto al consumo total de la ración por día.
- b. Cuando se utilizan yuca fresca y suplementos a voluntad, la falta de balance en la relación energía:proteína es en parte el factor responsable de un menor rendimiento en los cerdos y en las canales.

En trabajos adelantados por Buitrago (1964), cerdos Duroc x Jersey en crecimiento y engorde, alimentados con yuca fresca y suplemento a voluntad, produjeron un rendimiento comparable al de cerdos que consumieron una ración concentrada a base de maíz. Sin embargo, en el primer caso hubo un sobreconsumo de proteína, lo que hace evidente la necesidad de controlar el suplemento para evitar ese sobreconsumo y el respectivo subconsumo de yuca fresca (Cuadro 2.4).

El uso de yuca fresca proveniente de variedades amargas para alimento de cerdos Yorkshire x Landrace en crecimiento y engorde provocó, en trabajos adelantados por el CIAT (1973), una disminución en el consumo de la yuca y un aumento en el uso del suplemento como un mecanismo de compensación. Al controlar el consumo del suplemento no se obtuvo ningún aumento en el consumo de la yuca amarga, y se originó una disminución drástica en el rendimiento de los animales (Cuadro 2.5).

En la preparación de raciones a base de yuca fresca para cerdos Yorkshire en crecimiento y engorde, en el CIAT (1975) se evaluó la adición de melaza o azúcar a la yuca; esta práctica permitió incrementar el consumo de energía y disminuir ligeramente el consumo de suplemento proteínico, para obtener así un balance más adecuado en la relación proteína:energía (Cuadro 2.6).

Según experiencias del CIAT (1974) con cerdos Yorkshire en crecimiento y engorde, los suplementos con menor porcentaje de proteína permiten obtener mejor balance energía:proteína en la ración con yuca fresca y mejor rendimiento en los animales (Cuadro 2.7).

Maner et al. (1978) observaron un sobreconsumo de proteína en cerdos Duroc x Landrace en crecimiento y engorde, alimentados con yuca fresca y diferentes suplementos a voluntad; el sobreconsumo se presentó especialmente durante la fase inicial de crecimiento (Cuadro 2.8).

Experiencias con raciones para cerdas gestantes y lactantes

Las observaciones de Maner et al. (1978) en relación con cerdas gestantes Duroc x Landrace indican (Cuadro 2.9) que no hubo diferencias apreciables en el rendimiento de los animales en pastoreo. Aunque el peso de los lechones fue menor en los tratamientos con yuca, el peso de las madres fue superior. Por otra parte, el confinamiento total originó un mayor aumento de peso en las cerdas gestantes pero disminuyó el tamaño de la camada.

En otros ensayos adelantados también por Maner et al. (1978), estos investigadores alimentaron cerdas lactantes Duroc x Landrace x Yorkshire con yuca fresca o con concentrado, y no encontraron diferencias apreciables en el peso total de las camadas al destete, ni en el cambio de peso de las hembras entre el parto y el destete (Cuadro 2.10).

Yuca Fresca en la Alimentación de Bovinos

En los Cuadros 2.11 a 2.13 se resumen trabajos especiales sobre el uso de yuca fresca en la alimentación de novillas en crecimiento, vacas lecheras y novillos de engorde.

Pineda y Rubiò (1972) en su trabajo con novillas Holstein en crecimiento observaron, en animales que habían recibido yuca fresca con suplementación balanceada, un rendimiento superior al obtenido con animales que recibieron maíz como fuente principal de energía (Cuadro 2.11).

Olaloku et al. (1971) observaron que vacas lecheras White Fulani, alimentadas con yuca fresca más suplemento proteínico presentaron mejor rendimiento en la producción de leche que las alimentadas con concentrado a base de maíz como fuente de energía (Cuadro 2.12).

En ensayos con novillos Pardo Suizo x Gyr x criollo, alimentados con yuca fresca (Cuadro 2.13), Terleira et al. (1975) observaron:

- a. Una eficiencia en la conversión alimenticia y el rendimiento en canal tal que demuestra la posibilidad de utilizar yuca fresca como componente principal de la ración para novillos en engorde.
- b. Las raciones a base de yuca fresca permiten la utilización de altos niveles de urea como fuente de nitrógeno para novillos en engorde.

Ensilaje de Raíces de Yuca en Raciones para Porcinos

Entre las experiencias sobre el uso de ensilaje de raíces de yuca en la alimentación de porcinos están las de Buitrago et al. (1978) quienes, trabajando con cerdos Yorkshire en crecimiento y engorde, observaron que un tiempo más largo de almacenamiento del ensilaje provocaba un menor consumo y una mayor eficiencia en la conversión alimenticia. La adición de sal al ensilaje se reflejó en menores consumos y en una mejor eficiencia de la conversión alimenticia (Cuadro 2.14).

Al comparar raciones a base de ensilaje de raíces solas y de ensilaje de raíces mezcladas con el follaje de la yuca, con el uso de raíces frescas en raciones para cerdos Yorkshire x Landrace en crecimiento y engorde (Cuadro 2.15), los mismos investigadores encontraron que:

- a. Los cerdos alimentados con el ensilaje de raíces de yuca presentaron un rendimiento similar al de los cerdos alimentados con las raíces frescas.
- b. La inclusión de la parte aérea de la planta en el ensilaje de las raíces tuvo un efecto negativo en el consumo, en el crecimiento y en la eficiencia de la conversión alimenticia de los animales.

Los trabajos anteriores también permitieron observar que los cerdos en crecimiento y acabado, alimentados con ensilaje de yuca y diferentes suplementos, mostraban un rendimiento similar al de cerdos alimentados con concentrado a base de sorgo; se exceptúa el grupo de animales cuyo suplemento estaba constituido por harina de pescado, en cuyo caso hubo menor consumo y menor rendimiento (Cuadro 2.16).

García y Lebouté (1979) encontraron que cerdos Landrace x Large White en crecimiento y engorde, alimentados con ensilaje de yuca como fuente principal de energía, tuvieron un rendimiento igual o superior al de animales alimentados con raciones secas a base de millo o harina de yuca (Cuadro 2.17).

Buitrago et al. (1978) utilizaron ensilaje de yuca como fuente principal de energía en raciones para cerdas lactantes Yorkshire, y obtuvieron camadas con rendimientos similares a los observados en las camadas provenientes de cerdas alimentadas con concentrado a base de maíz (Cuadro 2.18).

Cuadro 2.1. Experiencias sobre el uso de yuca fresca^a y suplemento para consumo a voluntad, en la alimentación de cerdos Duroc x Yorkshire x Landrace en crecimiento^b.

Aspectos considerados		Composición del suplemento y rendimientos obtenidos				
Componentes del suplemento		(%)				
Torta de algodón		16.0	23.0	23.0	-	
Torta de ajonjolí		18.0	25.0	-	25.0	
Torta de maní		14.0	-	25.0	23.0	
Harina de pescado		36.0	36.0	36.0	36.0	
Harina de carne		14.2	14.2	14.2	14.2	
L-Lisina		0.2	0.2	0.2	0.2	
Minerales y vitaminas		0.6	0.6	0.6	0.6	
Nutrimentos del suplemento						
E. digestible	(Mcal/kg)	2.85	2.83	2.88	2.77	
Proteína	(%)	52.4	53.9	56.0	52.9	
Metionina	(%)	1.20	1.27	1.07	1.23	
Lisina	(%)	3.19	3.18	3.28	3.15	
Rendimientos obtenidos						
Aumento peso diario	(kg)	0.59	0.57	0.64	0.53	
Consumo alimento diario (M.S.)	(kg)					
Yuca		1.08	1.08	1.05	0.98	
Suplemento		0.50	0.45	0.52	0.51	
Consumo/ganancia (M.S.)		2.66	2.63	2.44	2.79	

a. Yuca fresca picada, en comederos separados de los del suplemento.

b. Cerdos de 15-50 kg.

FUENTE: Contreras, 1973.

Cuadro 2.2. Experiencias sobre yuca fresca y camote (*Ipomoea batatas*) para consumo a voluntad, usados con un suplemento para consumo controlado, en la alimentación de cerdos de cruces comerciales en crecimiento y acabado^a.

Aspectos considerados	Composición ^b , consumo y rendimientos según ración		
	Yuca + suplemento	Camote + suplemento	Concentrado (sin yuca ni camote)
Componentes del suplemento y el concentrado (%)			
Maz	30,0	30,0	82,0
Harina de pescado	37,0	37,0	0,0
Torta de algodón	30,0	30,0	8,0
Minerales y vitaminas	3,0	3,0	2,0
Consumo diario total (kg)			
Yuca fresca	3,81	-	-
Camote fresco	-	3,57	-
Suplemento o concentrado	0,97	0,31	2,13
Total de materia seca	2,32	2,14	2,13
Rendimientos en el animal			
Aumento de peso diario (kg)	0,65	0,57	0,71
Consumo/ganancia peso	3,58	3,69	3,01
Rendimiento en canal (%)	81,30	78,50	81,30
Espesor grasa dorsal (cm)	2,87	2,49	3,57

^a Cerdos de 26-96 kg de peso.

^b Los contenidos de proteína del suplemento y el concentrado son 33,0 y 15,5% respectivamente.

FUENTE: Angulo, 1976.

Cuadro 2.3. Experiencias con yuca fresca suministrada a voluntad y suplementos (soya y sorgo) ofrecidos a voluntad, en la alimentación de cerdos Landrace x Large White en crecimiento y engorde^a.

Aspectos considerados	Yuca fresca + suplemento		Concentrado ^b
	Supl. soya	Supl. sorgo ^b	
Componentes del suplemento (%)			
Sorgo	-	76,00 (84,5)	76,00 (84,5)
Torta de soya	89,20	21,00 (12,50)	21,00 (12,5)
Minerales y vitaminas	10,80	3,00 (3,0)	3,00 (3,0)
Nutrientes del suplemento			
E. digestible (Mcal)	3,28	3,42 (3,41)	3,42 (3,41)
Proteína (%)	40,40	16,00 (13,10)	16,00 (13,10)
Consumo diario			
Materia seca (kg)	2,64	2,93	3,87
Proteína (kg)	0,53	0,29	0,33
E. digestible (Mcal)	7,99	9,48	7,74
Rendimiento			
Aumento peso diario (kg)	0,63	0,65	0,69
Consumo/ganancia	3,19	3,60	2,69
Espesor grasa dorsal (canal) (cm)	3,22	3,52	2,50
Área del lomo (cm ²)	32,00	29,00	34,00

^a Cerdos de 26-90 kg.

^b Los cifras entre paréntesis indican la composición del suplemento o concentrado para la etapa de engorde, mientras que las antecedentes a ellas son cifras para crecimiento.

FUENTE: Ferreira et al., 1982.

Cuadro 2.4. Experiencias con yuca fresca a voluntad y suplemento controlado o a voluntad en la alimentación^a de cerdos Duroc Jersey en crecimiento y engorde^b.

Aspectos considerados		Yuca fresca a voluntad + suplemento ^c		Concentrado ^d
		Con suplemento controlado	Con suplemento a voluntad	
Componentes del suplemento (%)				
Torta de soya		61.50	61.50	10.59
Torta de algodón		20.50	20.50	3.53
Minerales y vitaminas		18.00	18.00	4.55
Maz		-	-	81.33
Consumo diario (kg)				
Yuca fresca		3.89	4.05	-
Suplemento o concentrado		0.73	1.17	-
Mat. seca total		2.07	2.52	2.60
Proteína total		0.372	0.564	0.459
Rendimientos (kg/día)				
Aumento de peso		0.79	0.83	0.84
Consumo/ganancia		2.90	3.36	3.43

a. Suministro diario de la yuca y el suplemento en comederos separados. El suministro controlado del suplemento se hizo de acuerdo con el peso promedio de los cerdos.

b. Cerdos de 18-100 kg.

c. Suplemento con 43% de proteína.

d. Concentrado con 16% de proteína y 10% de humedad, como única dieta (sin yuca).

FUENTE: Barrago, 1964.

Cuadro 2.5. Experiencias con yuca fresca en raciones para cerdos Yorkshire x Landrace en crecimiento y engorde, usando una variedad dulce y una amarga y suplemento^a a voluntad en forma controlada.

Aspectos considerados		Resultados con yuca dulce		Resultados con yuca amarga ^a	
		Suplem. a voluntad	Suplem. controlado	Suplem. a voluntad	Suplem. controlado
Consumo diario (kg)					
Yuca fresca		2.99	3.40	0.98	0.93
Suplemento		0.81	0.82	1.21	0.22
Materia seca total		1.78	1.80	1.43	0.52
Rendimiento (kg)					
Aumento peso diario		0.66	0.77	0.56	Negativo
Consumo/ganancia		2.99	2.61	2.86	Negativo

a. En todos los casos se usó el mismo suplemento, con 40% de proteína.

b. Var. CMC-84, con 150-200 ppm de ácido cianhídrico.

FUENTE: CIAT, 1973.

Cuadro 2.6. Experiencias con yuca fresca adicionada con melaza o azúcar y un suplemento para la alimentación de cerdos Yorkshire en crecimiento y engorde^a.

Aspectos considerados		Resultados según tratamiento ^b		
		Yuca sola	Yuca + melaza	Yuca + azúcar
Consumo diario	(kg)			
Yuca sola o mezclada		2.99	3.27	3.11
Suplemento (40% proteína)		1.02	0.92	0.85
Materia seca total		2.03	2.27	2.17
Proteína		0.54	0.51	0.46
Rendimiento				
Aumento peso diario	(kg)	0.69	0.72	0.74
Consumo/ganancia		2.97	3.16	2.93

a. Animales de 22-90 kg.

b. Todos los tratamientos incluyeron un suplemento a base de torta de soya (80%), maíz (8.5%), y minerales y vitaminas (11.5%), suministrado a voluntad en comederos separados de los de la yuca. La melaza y el azúcar se usaron en una proporción de 15%.

FUENTE: CIAT, 1975.

Cuadro 2.7. Experiencias con yuca fresca y suplementos^a con diferentes niveles de proteína, para la alimentación de cerdos Yorkshire en crecimiento y engorde^b.

Aspectos considerados		Composición, consumos y rendimientos		
Componentes de los suplementos	(%)			
Torta de soya		26.73	55.15	79.56
Maíz		67.27	37.85	8.44
Minerales y vitaminas		6.00	9.00	12.00
Proteína en los suplementos	(%)	20.0	30.0	40.0
Consumos diarios	(kg)			
Yuca fresca		1.79	2.74	3.37
Suplemento		1.39	1.00	0.75
Materia seca total		1.92	1.94	1.97
Proteína		0.34	0.40	0.39
Rendimientos				
Aumento peso diario	(kg)	0.71	0.67	0.65
Consumo/ganancia		2.71	2.90	3.02

a. Yuca y suplemento ofrecidos a voluntad en comederos separados.

b. Animales de 20-86 kg.

FUENTE: CIAT, 1974.

Cuadro 2.8. Experiencias con el uso de yuca fresca para cerdos Duroc x Landrace en crecimiento y engorde^a, suplementándola con diferentes fuentes de proteína.

Aspectos considerados		Composición, consumos y rendimiento según suplemento ^b					
Componentes de los suplementos (%)							
Torta de soya	(%)	78,10	-	-	-	-	-
Torta de algodón		-	-	78,10	-	30,00	30,00
Harina de carne		-	70,50	-	44,30	21,30	-
Harina de sangre		-	-	-	20,00	20,00	-
Harina de pescado		-	-	-	-	-	36,70
Maíz		11,20	26,80	11,20	33,00	25,00	29,60
Minerales y vitaminas		10,70	2,70	10,70	2,70	2,70	2,70
Nivel de proteína	(%)	43,00	39,40	37,70	48,50	44,70	40,20
Consumo diario (kg)							
Yuca fresca		4,00	3,40	3,13	3,88	4,00	4,08
Suplemento		0,80	0,78	0,79	0,94	0,90	0,79
Rendimientos							
Aumento peso diario	(kg)	0,72	0,68	0,59	0,72	0,72	0,68
Consumo/ganancia		3,25	3,07	3,38	3,32	3,38	3,47

a. Animales de 19-25 kg.

b. Los suplementos, al igual que la yuca, se suministraron a voluntad, en comederos separados.

FUENTE: Maner et al., 1978.

Cuadro 2.9. Experiencias con yuca fresca como alimento para cerdas gestantes Duroc x Landrace en pastoreo o en confinamiento, suministrada en cantidad restringida con suplemento también restringido.

Aspectos considerados		Composición del suplemento y rendimiento por tratamiento ^a		
		Testigo en pastoreo	Yuca + supl. en pastoreo	Yuca + supl. en confinamiento
Componentes del suplemento (%)				
Torta de soya	(%)	18,00	64,08	66,75
Torta de algodón		-	20,53	20,53
Maíz		74,80	-	-
Minerales y vitaminas		7,20	15,39	12,72
Nivel de proteína	(%)	16,00	40,00	40,00
Rendimiento				
Aumento peso gestación	(kg)	19,90	24,90	37,70
Lechones/camada	(no.)	10,40	10,00	7,70
Peso lechón	(kg)	1,28	1,12	1,18
Peso camada	(kg)	13,31	11,20	9,08

a. En el primer tratamiento (testigo) las hembras y recibieron 1 kg diario de concentrado.

En el segundo tratamiento la hembra en pastoreo recibió 1,7 kg de yuca y 0,40 kg de suplemento.

En el tercer tratamiento la cerda estaba en confinamiento y recibió 3,1 kg de yuca y 0,62 kg de suplemento.

FUENTE: Maner et al., 1978.

Cuadro 2.10. Experiencias con yuca fresca en raciones suplementadas a voluntad para cerdas lactantes Duroc x Landrace x Yorkshire^a.

Aspectos considerados		Composición del concentrado o suplemento, consumo y rendimiento según tratamiento ^b	
		Testigo	Yuca + suplem.
Composición del concentrado y el suplemento			
	(%)		
Torta de soya		15.00	87.10
Maíz		81.35	-
Minerales y vitaminas		3.65	12.90
Nivel de proteína	(%)	16.0	40.00
Consumo diario			
	(kg)		
Concentrado		4.82	-
Yuca fresca		-	6.50
Suplemento		-	1.21
Rendimientos			
En la cerda			
Peso al parto	(kg)	179.30	158.30
Peso al destete	(kg)	190.30	165.80
En la camada al nacimiento			
Lechones	(no.)	10.80	9.30
Peso individual	(kg)	1.18	1.36
Peso camada	(kg)	12.74	12.65
En la camada al destete			
Lechones	(no.)	9.00	7.60
Peso individual	(kg)	6.03	7.63
Peso camada	(kg)	54.27	58.00

a. Cerdas en jaulas individuales de parición, con lactancia de 35 días.

b. El grupo testigo recibió concentrado ad libitum; en el tratamiento con yuca y suplemento se obtuvo una mezcla con 16% de proteína, en base seca.

FUENTE: Maner et al., 1978.

Cuadro 2.11. Experiencias con yuca fresca en raciones para novillas Holstein en crecimiento^a.

Aspectos considerados	Composición del concentrado o suplemento, y consumo y rendimiento según tratamiento ^b	
	Testigo	Yuca + suplemento
Componentes del concentrado y el suplemento	(%)	
Maíz	55,00	-
Melaza	11,00	12,00
Salvado de trigo	14,00	16,30
Torta de algodón	12,00	61,00
Urea	1,50	3,70
Minerales y vitaminas	2,50	7,00
Consumo alimento diario	(kg)	
Concentrado	2,64	-
Suplemento	-	1,08
Yuca (materia seca)	-	1,36
Cogollo (materia seca)	4,82	4,17
Total (materia seca)	7,46	6,61
Rendimiento	(kg)	
Peso inicial	197,80	190,60
Peso final	366,80	377,30
Aumento peso diario	0,78	0,83

a. Novillas de 8-16 meses, confinadas en grupos, todas en su primer cogollo de cuña a voluntad como forraje verde, y sal mineralizada.

b. En el grupo testigo cada animal recibió 3 kg de concentrado/día, los animales alimentados con yuca recibieron diariamente 4,5 kg de raíces frescas y 1,33 kg de suplemento.

FUENTE: Pineda y Rubio, 1972.

Cuadro 2.12. Experiencias con yuca fresca en raciones para vacas lecheras White Fulaní^a.

Aspectos considerados	Composición del concentrado o suplemento, consumo y rendimiento según tratamiento ^b	
	Testigo	Yuca + suplemento
Componentes del concentrado o suplemento	(%)	
Maíz	50,00	-
Torta de polviste	40,00	50,00
Torta de maiz	10,00	50,00
Factores nutricionales	(%)	
Materia seca	90,00	91,70
Proteína	15,70	26,70
Fibra	5,30	6,60
Grasa	4,90	9,70
Factores de rendimiento en leche		
Leche diaria no corregida	(kg)	3,13
Leche corregida a 4% grasa	(kg)	6,81
		7,21

a. Vacas con 84 días de lactancia, en confinamiento individual, recibieron heno de los pastos estrella y centroseña en cantidad controlada.

b. Las vacas testigo recibieron 0,42 kg de concentrado por litro de leche producida, las vacas alimentadas con yuca recibieron 0,75 kg de yuca fresca y 0,20 kg de suplemento por litro de leche producida.

FUENTE: Olaloku et al., 1971.

Cuadro 2.13. Experiencias con yuca fresca en raciones para novillos de engorde Pardo Suizo x Gyr x criollo, en confinamiento^a.

Aspectos considerados		Composición, consumo y rendimientos por tratamiento			
		Yuca + suplemento ^b	Concentrados ^c únicamente		
Ingredientes	(%)				
Maíz		-	34.00	-	-
Polvillo de arroz		-	53.00	-	-
Torta de algodón		75.00	10.00	16.30	15.30
Tusa de maíz		-	-	81.40	-
Cascarilla de algodón		-	-	82.40	-
Urea		12.00	-	-	-
Minerales y vitaminas		13.00	2.30	2.30	-
Factores nutricionales	(%)				
Proteína		64.65	13.95	9.58	9.09
NDT		45.00	63.00	50.00	48.00
Ca		4.10	0.93	0.74	0.82
P		1.02	0.98	0.23	0.94
Consumo alimento diario	(kg)				
Pasto elefante		9.80	9.80	9.80	9.80
Concentrado		-	8.90	5.60	9.60
Yuca fresca		15.80	-	-	-
Suplemento		1.60	-	-	-
Factores del rendimiento					
Peso inicial	(kg)	252.00	252.00	252.00	252.00
Peso final	(kg)	402.00	432.00	346.00	359
Aumento peso diario	(kg)	1.39	1.66	0.87	0.99
Rendimiento en canal	(%)	56.70	54.00	46.00	50.40

a. Novillos de 22-26 meses; en confinamiento en grupos; cada animal recibió diariamente 10 kg de pasto elefante como forraje verde, y sal mineralizada a voluntad.

b. Suplemento de la composición indicada en la columna a razón de 1 kg del producto por 10 kg de yuca fresca, suministrada a voluntad.

c. Los tres tipos de concentrados se usaron a voluntad.

FUENTE: Terleira et al., 1975.

Cuadro 2.14. Experiencias sobre el efecto de raciones a base de ensilaje de raíces de yuca con diferente tiempo de almacenamiento, en cerdos Yorkshire en crecimiento y engorde^a.

Duración del ensilaje ^b	Uso de sal ^c	Consumo de ensilaje	Consumo de suplemento ^d	Aumento	Consumo/ganancia base seca
		(kg/día)	(kg/día)	(kg)	
Más de 6 meses	no	3.30	0.78	0.63	3.34
	sí	2.87	0.78	0.62	3.10
Menos de 6 meses	no	3.45	0.78	0.63	3.46
	sí	3.20	0.78	0.63	3.27

a. Cerdos de 22-95 kg.

b. Yuca ensilada en bolsas de polietileno.

c. Se usó sal al 2%.

d. Suplemento (44% de torta de soya + 44% de torta de algodón + 12% de minerales y vitaminas) con 42% de proteína, suministrado cada dos días, en forma controlada, y de acuerdo con los requerimientos nutricionales.

FUENTE: Buitrago et al., 1978.

Cuadro 2.15. Experiencias con ensilaje^a de raíces de yuca, en comparación con el ensilaje de raíces más el follaje y con raíces frescas, en raciones para cerdos Yorkshire x Landrace en crecimiento y engorde^b.

Aspectos considerados	Resultados según alimento básico		
	Ensilaje de raíces	Ensilaje de raíces + follaje	Raíces frescas
Consumo diario (kg)			
Yuca ensilada o fresca	3.84	3.05	4.04
Suplemento (38% prot.) ^c	1.01	1.01	1.00
Aumento diario de peso (kg)	0.77	0.64	0.75
Consumo/ganancia (base seca)	2.92	3.17	3.09

a. Ensilajes en silos de trinchera. En el ensilaje de follaje y raíces se utilizó la planta completa (raíces, hojas y tallos tiernos).

b. Cerdos de 18-98 kg.

c. Suplemento compuesto por: maíz = 10.9%, torta de algodón = 78.1%, minerales y vitaminas = 11.0%.

FUENTE: Buitrago et al., 1978.

Cuadro 2.16. Experiencias con ensilaje de raíces de yuca y diferentes suplementos en raciones para cerdos Yorkshire en crecimiento y acabado^a.

Aspectos considerados	Composición y rendimiento según tratamiento				
	Ensilaje + suplemento		Concentrado ^b		
Componentes (%)					
Torta de soya	44.00	-	88.00	-	8.50
Torta de algodón	44.00	48.50	-	-	8.50
Harina de pescado	-	48.50	-	97.00	-
Sorgo	-	-	-	-	78.00
Minerales y vitaminas	12.00	3.00	12.00	3.00	5.00
Nivel de proteína (%)	41.00	47.00	44.00	52.00	15.50
Consumo diario (kg)					
Ensilaje de yuca	2.85	3.01	3.10	2.98	-
Suplemento	0.86	0.67	0.73	0.60	-
Concentrado	-	-	-	-	2.06
Aumento peso diario (kg)	0.59	0.55	0.59	0.50	0.56
Consumo/ganancia (base seca)	3.27	3.31	3.24	3.50	3.31

a. Cerdos de 16-90 kg, alimentados con ensilaje ad libitum y suplemento restringido según los requerimientos diarios.

b. Concentrado suministrado ad libitum al grupo testigo.

FUENTE: Buitrago et al., 1978.

Cuadro 2.17. Experiencias con ensilaje de raíces de yuca (ERY), harina de raíces de yuca (HRY) y maíz como fuentes de energía, suplementados con diferentes mezclas en la alimentación de cerdos Landrace x Large White en crecimiento y engorde^a.

Aspectos considerados	Composición, consumo y rendimientos según ración		
	Con ERY	Con HRY	Con maíz
Componentes del suplemento (%)			
Harina de trigo	-	-	27.50
Harina de alfalfa	3.50	3.50	-
Harina de soya tostada	73.00	73.00	66.00
Harina de carne	20.00	20.00	-
Metionina	0.20	0.20	0.20
Minerales y vitaminas	3.30	3.30	3.30
Nivel de proteína (%)	54.48	54.48	36.74
Consumos diarios ^b (kg)			
Ración básica	3.15 (4.45)	1.72 (2.52)	2.06 (2.79)
Suplemento	0.83 (1.09)	0.72 (0.76)	0.66 (0.83)
Aumento diario de peso (kg)	0.88	0.83	0.88
Consumo/ganancia (base seca)	3.03	3.11	3.18

a. Cerdos de 30-100 kg con alimento energético a voluntad y suplemento controlado, así: 0.85 kg diarios por animal de 30-50 kg, y 1.20 kg diarios por animal de 50-100 kg de peso.

b. En los consumos diarios las cifras en paréntesis corresponden a los cerdos en crecimiento, mientras que las cifras entre paréntesis corresponden a los cerdos en engorde.

FUENTE: García y Lebsate, 1976.

Cuadro 2.18. Experiencias con raciones a base de ensilaje de raíces de yuca (ERY) y suplemento para cerdas lactantes Yorkshire^a, en comparación con raciones de concentrado y de maíz más suplemento.

Aspectos considerados:		Composición del suplemento o concentrado y rendimientos según ración ^b		
		ERY + supl.	Maíz + supl.	Concent.
Composición del supl. o concentr.	(%)			
Maíz		—	—	78.10
Torta de soya		78.00	56.00	16.40
Minerales y vitaminas		22.00	44.00	5.50
Nivel de proteína	(%)	40.00	28.00	16.00
Factores del rendimiento en cerdas				
Consumos diarios	(kg)			
Alimento energét. o concentr.		9.35	4.27	4.54
Suplemento		1.11	0.66	—
Peso	(kg)			
Al parto		140.90	168.50	155.40
Al destete		151.20	182.30	179.70
Factores del rendimiento en lechones				
No. de lechones	(no.)			
Al parto		10.55	10.00	10.70
Al destete		8.22	7.00	8.11
Peso individual	(kg)			
Al parto		1.09	1.16	1.12
Al destete		5.54	4.95	5.33
Peso por camada	(kg)			
Al parto		11.50	11.60	12.04
Al destete		45.51	34.66	43.23

a. Cerdas con 35 días de lactancia, en jaulas individuales.

b. Ración para las cerdas: tanto el ensilaje de raíces de yuca, como el maíz y el concentrado se suministraron a voluntad; para el ensilaje se usaron 1.5 kg de suplemento (40% de proteína) y para el maíz se usaron 0.8 kg de suplemento (28% de proteína). Los lechones recibieron ración de preiniciación (20% de proteína) a voluntad.

FUENTE: Buitrago et al., 1978.

Referencias

- Angulo, M. 1976. Uso de yuca, camote y grano de soya en engorde de cerdos. Tesis Ing. Zoot. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 67 p.
- Buitrago, J. A. 1964. Utilización de yuca fresca en dietas para crecimiento y ceba de cerdos. Tesis Méd. Vet. Zoot. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 114 p.
- ; Gómez, G.; Portela, R.; Santos, J. y Trujillo, C. 1978. Yuca ensilada para alimentación de cerdos. Centro Internacional de Agricultura Tropical e Instituto Colombiano Agropecuario, Cali, Colombia. 49 p. (Mimeografiado.)
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1973. Annual report 1973: Swine production systems. Cali, Colombia. p. 119-144.
- . 1974. Informe anual: Sistemas de producción de ganado porcino. Cali, Colombia. p. 163-212.
- . 1975. Annual report: Swine production systems. Cali, Colombia. p. D1-D20.
- Contreras, R. E. 1973. Yuca fresca suplementada en la alimentación de cerdos en crecimiento. Tesis: Universidad de Oriente, Escuela de Zootecnia, Josepín, Venezuela. 35 p.
- Ferreira, A. S.; Gomes, P. C.; Fialho, E. T.; Albino, L. F. y Sobestiansky, J. 1982. Mandioca *in natura* na alimentação de suínos em crescimento e terminação. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia 11(4):695-705.
- García, I. M. D. y Leboute, E. M. 1979. A raiz de mandioca (*Manihot utilissima*, Pohl) como fonte energética em rações de suínos em recria e terminação. Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas Francisco Osorio 6:387-457.
- Maner, J. H.; Buitrago, J. A.; Portela, R.; Jiménez, I. 1978. La yuca en alimentación de cerdos. Instituto Colombiano Agropecuario y Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 113 p. (Mimeografiado).
- Olaókú, E. A.; Egbuiwe, A. M. y Oyenuga, V. A. 1971. The influence of cassava in the production ration on the yield and composition of milk of White Fulani cattle. Nigerian Agricultural Journal 8(1):36-43.
- Pineda, J. y Rubio, R. 1972. Un concepto nuevo en el levante de novillas para ganadería de leche. Revista ICA (Colombia) 17(4):405-413.
- Terleira, H. G.; Ten Brinke, H. W.; López, W. y Santisteban, D. 1975. Uso de raíces de yuca, coronta de maíz y cáscara de algodón en el engorde de novillos en Tarapoto - San Martín. Ministerio de Alimentación, Dirección General de Investigación, Lima Perú. 13 p. (Mimeografiado.)

Capítulo 3

Extractos de Investigaciones sobre el Uso de Follaje de Yuca y Subproductos de sus Raíces en la Alimentación Animal

Debido a las características propias del follaje de la yuca y de los animales a los cuales se les puede suministrar, las experiencias de los investigadores con respecto al producto fresco tienen que ver, en su mayor parte, con los bovinos, mientras las correspondientes al follaje seco se centran principalmente en los cerdos y las aves de corral.

En cuanto a los subproductos del procesamiento de las raíces, las experiencias se refieren principalmente al uso de la cáscara en la alimentación de porcinos, y del ripio en la alimentación de porcinos y también de aves, aunque en menor proporción. La cáscara y el ripio son los subproductos de mayor interés práctico, considerando su más fácil disponibilidad.

Follaje Fresco de Yuca en Raciones para Rumiantes

En los Cuadros 3.1 a 3.4 se resumen experiencias de diferentes investigadores en cuanto al uso de follaje fresco de yuca como componente de raciones para bovinos en levante y engorde.

En los trabajos realizados por De la Torre (1982) se observó que el follaje de yuca reemplazaba en forma satisfactoria el concentrado de granos como fuente de energía y proteína en raciones para terneros en levante, y que niveles altos de follaje (hasta 6.8 kg) en la ración diaria no afectaban los aumentos de peso (Cuadro 3.1).

En los trabajos de Zapata et al. (1985) el follaje de yuca usado como suplemento al pastoreo mejoró el rendimiento en peso de novillas Holstein durante la etapa de crecimiento (Cuadro 3.2).

Moore (1976) encontró que la inclusión del follaje de yuca en la dieta de novillos en engorde, alimentados con pasto elefante mejora su rendimiento en peso y la eficiencia alimenticia (Cuadro 3.3).

Fernández y Preston (1978) usaron niveles crecientes de follaje de yuca (2%, 3% y 4%) en raciones para novillos de engorde, y encontraron que el rendimiento en peso y la eficiencia alimenticia de los novillos mejoraba a medida que se aumentaba el suministro del follaje (Cuadro 3.4).

Harina de Follaje de Yuca en la Alimentación Animal

Se tienen resultados de diferentes estudios acerca del uso de la harina de follaje de yuca como componente de raciones alimenticias para aves de corral (pollos de engorde y ponedoras) y cerdos, con la adición de diferentes suplementos, y en comparación con otros productos.

Harina de follaje de yuca en raciones para aves de corral

Ross y Enríquez (1969) trabajaron con pollos Leghorn blancos, de engorde, alimentados con harina de follaje de yuca sola y suplementada, y encontraron que:

- a. El rendimiento en peso y la conversión alimenticia de los pollos alimentados con niveles altos de harina de hojas de yuca sin suplementar con aminoácidos azufrados fueron inferiores a los obtenidos en pollos alimentados con harina de alfalfa (Cuadro 3.5).
- b. En raciones con niveles altos de harina de follaje de yuca la suplementación con metionina sintética mejoró los rendimientos, los cuales alcanzaron cifras comparables a las

obtenidas con raciones tipo de maíz-torta de soya (Cuadro 3.6).

- c. Aunque la adición de metionina sintética mejoró el rendimiento de los pollos alimentados con niveles altos (20%) de harina de follaje de yuca, una adición de metionina superior a 0.3% no se reflejó en incrementos adicionales en el rendimiento (Cuadro 3.7).

En el caso de ponedoras Leghorn blancas, Agudu (1972) encontró que la harina de follaje de yuca usada a niveles bajos (menos del 5%) en la alimentación de los animales fue efectiva como agente pigmentante de la yema de huevo, aunque no se alcanzó el grado de intensidad que se logra con raciones a base de niveles altos de maíz amarillo (Cuadro 3.8)

Harina de follaje de yuca en raciones para porcinos

En evaluaciones realizadas con cerdos Landrace x Yorkshire en crecimiento, de 13.6 kg de peso inicial, Choo y Hutagalung (1972) encontraron que la harina de follaje de yuca disminuye el rendimiento en peso y la eficiencia alimenticia de los animales. En dietas con 20% de harina de follaje, la suplementación con metionina sintética mejoró parcialmente el rendimiento de los cerdos (Cuadro 3.9).

En cerdos de 31 kg de peso inicial, los investigadores observaron reacciones similares a las anteriores: en las raciones con 20% de harina de follaje de yuca hubo una disminución en el rendimiento en peso y en la eficiencia alimenticia de los animales; la suplementación con metionina o melaza mejoró parcialmente el rendimiento (Cuadro 3.10).

Alhassan y Odoi (1982) también encontraron que el rendimiento de cerdos Large White en crecimiento y acabado, alimentados con harina de follaje de yuca, se afectó en forma negativa al utilizar niveles de harina superiores al 10% de la ración (Cuadro 3.11).

Cáscara y Ripio de Yuca en la Alimentación Animal

La cáscara de la yuca y el bagazo o ripio que se obtienen del proceso de extracción de almidón han sido ensayados con buenos resultados como componentes de raciones para cerdos en crecimiento y engorde, y para ponedoras.

Cáscara de yuca en raciones para porcinos

Entre los trabajos efectuados respecto al uso de la cáscara están los de Sonaiya y Omole (1977) y de Tewe y Oke (1983). Los primeros investigadores encontraron que la cáscara de yuca, usada en niveles de hasta 15% en la ración de cerdos de cruces comerciales en crecimiento, no afectaba la ganancia de peso ni la eficiencia de la conversión alimenticia de los animales (Cuadro 3.12).

Tewe y Oke (1983), por su parte, encontraron que niveles de hasta 30% de cáscara de yuca en raciones para cerdos Large White x Landrace en crecimiento no afectaban la ganancia de peso de los animales. Sin embargo, a medida que se incrementó el contenido de cáscara se disminuyó la concentración energética de la ración, y esto ocasionó un mayor consumo y una disminución en la eficiencia de la conversión alimenticia (Cuadro 3.13).

Ripio o bagazo de yuca en raciones para aves y porcinos

A continuación se resumen las experiencias obtenidas por Pillai et al. (1968) con ponedoras, y por Manickam y Gopalakrishan (1978) y Buitrago (1972) con porcinos, así:

Pillai et al. (1968) encontraron que la utilización de 10% de bagazo seco de yuca en raciones para ponedoras Leghorn blancas afectó ligeramente la producción de huevos y el comportamiento de las aves (Cuadro 3.14).

Manickam y Gopalakrishnan (1978) trabajaron con cerdos Large White x Yorkshire en crecimiento, y encontraron que el uso de bagazo de yuca hasta en un 20% de la ración produjo rendimientos comparables a los de raciones testigo, a base de maíz (Cuadro 3.15).

En los trabajos de Buitrago (1972), con cerdos Duroc x Yorkshire en acabado, el bagazo de yuca usado en niveles de hasta 60% (reemplazo total del maíz) no afectó la ganancia de peso de los animales. A medida que se incrementó el nivel de bagazo se disminuyó la concentración energética de la ración, lo que ocasionó un mayor consumo y una disminución en la eficiencia de la conversión alimenticia (Cuadro 3.16).

Cuadro 3.1. Experiencias con el uso de follaje de yuca en raciones para terneros Jersey x Ayrshire x criollo, en levante^a

Aspectos considerados		Composición y rendimientos según ración/día				
Componentes de la materia seca		(kg) ^b				
Follaje de yuca ^c		-	0.36	0.73	1.12	1.49
Concentrado ^d		1.58	1.29	0.96	0.71	0.40
Pasto Estrella		1.40	1.32	1.29	1.16	0.96
Melaza de caña		-	0.07	0.20	0.32	0.43
Nutrimentos						
E. metabolizable	(Mcal) ^b	7.40	7.20	7.30	7.40	7.10
Proteína	(g) ^b	5.89	5.83	5.78	5.85	5.63
Factores del rendimiento						
Aumento de peso	(kg)	0.31	0.33	0.32	0.31	0.37
Consumo/ganancia		5.71	5.74	5.99	6.77	6.05

a. Terneros de 3-6 meses de edad y 47-75 kg de peso, confinados en grupos de seis, en corrales con piso de cemento.

b. En cantidades por cada 100 kg de peso vivo/día.

c. Follaje de yuca cortado cada tres meses, a partir de los tres meses después de la siembra.

d. Concentrado: maíz = 44%; harina de carne y hueso = 42%; melaza = 12%; sal yodada = 1%; harina de huesos = 0.5%.

FUENTE: De la Torre, 1982.

Cuadro 3.2. Experiencias con el uso de follaje de yuca en raciones para levante de novillas Holstein, en pastoreo en potreros de pangola (*Digitaria decumbens*).

Aspectos considerados		Composición del suplemento ^a y rendimientos	
Componentes	(kg/animal/día)		
Follaje de yuca		7.50	
Alfalfa		-	10.00
Melaza		0.50	0.50
Sal mineralizada		A voluntad	A voluntad
Factores del rendimiento	(kg/animal)		
Peso inicial		189.30	183.60
Peso final		256.30	241.30
Aumento peso diario		0.68	0.59

a. Suplemento ofrecido en canoas.

FUENTE: Zapata et al., 1985.

Cuadro 3.3. Experiencias con el uso de follaje de yuca y pasto elefante en raciones para novillos de engorde Cebú cruzados, confinados en grupos.

Factores del rendimiento		Rendimiento según mezcla ^a forrajera		
		PE = 100%	PE = 75% + FY = 25%	PE = 50% + FY = 50%
Peso inicial	(kg)	265.50	276.30	270.00
Peso final	(kg)	342.50	392.70	379.00
Aumento peso diario	(kg)	0.31	0.46	0.44
Consumo diario mat. seca	(kg)	5.40	6.30	6.10
Consumo/ganancia		17.60	13.70	13.70

a. Mezcla porcentual de pasto elefante (PE) y follaje de yuca (FY) frescos, picados y ofrecidos en canoas para consumo a voluntad, con sal mineralizada a voluntad. El follaje de yuca incluyó hojas y tallos.

FUENTE: Moore, 1976.

Cuadro 3.4. Experiencias con follaje fresco de yuca (FY) en raciones suplementadas con melaza y urea para novillos Cebú cruzados, de engorde, confinados en grupos.

Aspectos considerados		Consumo y rendimientos según uso de follaje ^a en la dieta		
		FY = 2%	FY = 3%	FY = 4%
Consumo diario/animal	(kg)			
Follaje de yuca fresca		3.70	5.50	7.35
Mezcla melaza-urea ^b		3.78	3.61	4.29
Factores del rendimiento				
Consumo diario materia seca	(kg)	3.86	4.13	5.09
Aumento diario de peso	(kg)	0.37	0.47	0.91
Consumo/ganancia		10.70	8.78	5.61

a. Follaje fresco de yuca, suministrado según el peso del animal (2%, 3% ó 4% del peso vivo).

b. Mezcla de melaza y urea ofrecida a voluntad.

FUENTE: Fernández y Preston, 1978.

Cuadro 3.5. Experiencias con harina de follaje de yuca^a vs. harina de alfalfa para pollos Leghorn blancos de engorde^b.

Aspectos considerados		Composición y rendimiento por tratamiento			
Componentes	(%)				
Harina de follaje de yuca		15.00	-	20.00	-
Harina de alfalfa		-	15.00	-	20.00
Maíz		53.60	53.60	51.90	51.90
Torta de soya		19.90	19.90	16.60	16.60
Harina de algodón		5.00	5.00	5.00	5.00
Harina de carne y hueso		5.00	5.00	5.00	5.00
Minerales y vitaminas		1.50	1.50	1.50	1.50
Factores de rendimiento					
Peso a las tres semanas	(g)	191.00	212.00	186.00	203.00
Consumo alimento diario	(g)	21.80	21.50	22.50	21.60
Consumo/ganancia		2.40	2.13	2.54	2.24

a. Follaje de plantas de 11-15 meses (15% de proteína y 15.2% de fibra).

b. Machos de 0-3 semanas, en jaulas.

FUENTE: Ross y Enríquez, 1969.

Cuadro 3.6. Experiencias con harina de follaje de yuca^a suplementada con metionina y melaza para pollos Leghorn blancos de engorde^b.

Aspectos considerados	Composición y rendimiento por tratamiento					
Componentes (%)						
Harina de follaje de yuca	-	15.00	15.00	15.00	15.00	
Maíz	66.50	53.60	48.60	53.45	48.45	
Torta de soya	22.00	19.90	19.90	19.90	19.90	
Harina de átun	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
Harina de carne y hueso	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	
DL-metionina	-	-	-	0.15	0.15	
Melaza de caña	-	-	5.00	-	5.00	
Minerales y vitaminas	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	
Factores del rendimiento						
Peso a las tres semanas	(g)	169.00	143.00	154.00	175.00	177.00
Consumo alimento diario	(g)	18.70	17.50	18.00	18.10	19.50
Consumo/ganancia		2.32	2.57	2.46	2.17	2.32

a. Follaje de plantas con 11-15 meses (15% de proteína y 15.2% de fibra).

b. Machos de 0-3 semanas, en jaulas.

FUENTE: Ross y Enriquez, 1969.

Cuadro 3.7. Experiencias sobre los efectos de la harina de follaje de yuca (HFY) suplementada con niveles crecientes de metionina, para pollos de engorde Leghorn blancos^a.

Aspectos considerados	Composición y rendimiento por tratamiento	
	Sin HFY	Con 20% de HFY
Componentes (%)		
Harina de follaje de yuca ^a	-	20.00
Maíz	66.50	51.90
Torta de soya	22.00	16.60
Harina de átun	5.00	5.00
Harina de carne y hueso	5.00	5.00
Minerales y vitaminas	1.50	1.50
Peso total a las 3 semanas (g)		
Sin metionina	208.00	114.00
Con 0.2% de metionina	220.00	185.00
Con 0.3% de metionina	-	211.00
Con 0.4% de metionina	-	205.00
Con 0.5% de metionina	-	202.00
Relación alimento/ganancia		
Sin metionina	2.10	2.73
Con 0.2% de metionina	1.99	2.32
Con 0.3% de metionina	-	2.18
Con 0.4% de metionina	-	2.35
Con 0.5% de metionina	-	2.18

a. Machos de 0-3 semanas, en jaulas.

b. Harina de follaje de plantas de 11-15 meses, con 17.4% de proteína, 15.2% de fibra y 554 ppm de HCN.

FUENTE: Ross y Enriquez, 1969.

Cuadro 3.8. Experiencias con harina de follaje de yuca como pigmentante de la yema de huevo en ponedoras^a Leghorn blancas.

Componentes de la ración y resultados		Composición y resultados según ración			
Componentes	(%)				
Harina de hojas de yuca		-	2.5	5.0	-
Maíz blanco		68.5	66.0	63.5	-
Maíz amarillo		-	-	-	68.5
Salvado de trigo		2.5	2.5	2.5	2.5
Dextrosa		0.5	0.5	0.5	0.5
Harina de pescado		2.5	2.5	2.5	2.5
Harina de maní		5.0	5.0	5.0	5.0
Torta de soya		13.0	13.0	13.0	13.0
Minerales y vitaminas		8.0	8.0	8.0	8.0
Calificación visual del grado de pigmentación		1.0	4.9	5.4	9.5

a. En jaulas metálicas individuales.

FUENTE: Aguda, 1972.

Cuadro 3.9. Experiencias sobre el efecto de la harina de follaje de yuca^a suplementada con metionina en raciones para cerdos Landrace x Yorkshire en crecimiento^b.

Aspectos considerados		Composición y rendimiento según ración ^c				
Componentes	(%)					
Harina de follaje de yuca		-	10.00	10.00	20.00	20.00
Maíz amarillo		74.40	66.85	66.70	59.85	59.65
Harina de pescado		8.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Harina de carne y hueso		7.00	7.00	7.00	5.00	5.00
Torta de soya		7.95	6.50	6.50	5.50	5.50
DL-metionina		-	-	-	-	0.20
Thiosulfato de sodio		-	-	0.15	-	-
Minerales y vitaminas		2.65	2.65	2.65	2.65	2.65
Factores del rendimiento						
Aumento peso diario	(kg)	0.35	0.31	0.32	0.29	0.32
Consumo diario	(kg)	1.21	1.10	1.12	1.08	1.13
Consumo/ganancia		3.42	3.52	3.50	3.79	3.50

a. Follaje de plantas de 12 meses (proteína = 19.1%; fibra = 16.5%; HCN = 308 ppm).

b. Cerdos de 13.6 kg de peso inicial, en corrales individuales.

c. Raciones isoproteicas (18%).

FUENTE: Choo y Hutagalung, 1972.

Cuadro 3.10. Experiencias sobre el efecto de la harina de follaje de yuca^a suplementada con aceite, melaza y metionina en el rendimiento de cerdos Landrace x Yorkshire en crecimiento^b.

Aspectos considerados	Composición y rendimientos según ración ^c					
	(%)					
Componentes						
Harina de follaje de yuca		20.00	20.00	20.00	20.00	
Maíz amarillo	77.60	57.10	52.10	54.10	51.90	
Torta de soya	14.80	10.30	10.30	10.30	10.30	
Harina de pescado	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
Harina de carne y hueso	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	
Melaza	-	5.00	-	-	5.00	
Aceite de palma	-	-	-	3.00	-	
DL-metionina	-	-	-	-	0.20	
Minerales y vitaminas	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	
Factores del rendimiento						
Aumento peso diario	(kg)	0.53	0.45	0.46	0.44	0.50
Consumo diario	(kg)	1.90	1.66	1.71	1.68	1.84
Consumo/ganancia		3.60	3.90	3.74	3.80	3.68

a. Plantas de 12 meses.

b. Cerdos de 31 kg de peso inicial, con alimento y agua a voluntad, en corrales individuales.

c. Razones isoproteicas.

FUENTE: Choo y Hutagalung, 1972.

Cuadro 3.11. Experiencias sobre el efecto de niveles crecientes de harina de follaje de yuca^a en raciones para cerdos Large White en crecimiento y acabado^b.

Aspectos considerados	Composición y nutrimentos de las dietas						
	Para cerdos en crecimiento			Para cerdos en acabado			
Componentes							
Harina de follaje de yuca	(%)	-	10.00	20.00	-	20.00	30.00
Maíz blanco		61.50	57.50	52.50	43.50	52.50	44.00
Harina de arroz		-	17.00	14.50	-	20.00	19.00
Salvado de maíz		18.00	-	-	40.00	-	-
Harina de pescado		7.00	6.00	4.50	6.00	3.00	1.50
Torta de maíz		11.00	7.00	6.00	8.00	2.00	2.00
Minerales y vitaminas		2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Factores nutricionales							
Proteína	(%)	16.40	16.40	16.10	14.30	14.70	15.00
Fibra		3.80	8.50	9.00	5.00	11.20	12.00
Factores de rendimiento para crecimiento y acabado							
Peso inicial	(kg)				15.00	15.00	15.00
Peso final	(kg)				86.40	90.20	89.50
Días	(no.)				163.00	209.00	214.00
Aumento peso diario	(kg)				0.45	0.36	0.35
Ganancia/alimento					0.24	0.18	0.17

a. Plantas de 12 meses (20% de proteína y 13% de fibra).

b. Con agua y alimento a voluntad, en corrales para grupos de animales.

FUENTE: Alhasan y Odoi, 1982.

Cuadro 3.12. Experiencias con el uso de cáscara de yuca en raciones para cerdos de cruces comerciales, en crecimiento^a.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos según ración				
Componentes de la ración		(%)				
Cáscara de yuca (harina)		-	5.00	10.00	15.00	
Sorgo		72.00	67.00	63.00	60.00	
Torta de maní		6.00	6.00	7.00	9.00	
Harina de pescado		4.00	5.00	5.00	5.00	
Subproducto de cervecería		11.00	10.00	9.00	6.00	
Salvado de arroz		4.00	4.00	3.00	2.00	
Minerales y vitaminas		3.00	3.00	3.00	3.00	
Nutrimentos						
E. digestible	(Mcal)	3.61	3.38	3.16	3.57	
Proteína	(%)	15.11	15.05	15.03	15.05	
Fibra	(%)	4.78	4.53	4.79	4.89	
Factores del rendimiento						
Aumento peso diario	(kg)	0.27	0.27	0.34	0.29	
Consumo/ganancia		3.29	3.26	2.59	3.02	

a. Cerdos de 28-50 kg de peso, en grupos, y con alimento controlado a razón de 0.9 kg/animal/día.

FUENTE: Sonaiya y Omote, 1977.

Cuadro 3.13. Experiencias con el uso de cáscara de yuca en raciones para cerdos Large White x Landrace en crecimiento y engorde^a.

Aspectos considerados		Composición y rendimientos por ración ^b				
Componentes de la ración		(%)				
Cáscara de yuca (harina)		-	10.00	20.00	30.00	
Maíz amarillo		63.50	55.90	45.00	34.10	
Torta de maní		19.20	21.30	22.00	22.70	
Harina de sangre		4.80	5.30	5.50	5.70	
Subproducto de cervecería		5.00	-	-	-	
Aceite de palma		5.00	5.00	5.00	5.00	
Minerales y vitaminas		2.00	2.00	2.00	2.00	
Factores del rendimiento						
Aumento peso diario	(kg)	0.41	0.38	0.39	0.40	
Consumo diario (base seca)	(kg)	1.45	1.45	1.46	1.60	
Efic. alimenticia (base seca)		3.47	3.79	3.69	3.96	
Relación de eficiencia proteica		1.63	1.49	1.51	1.30	

a. Cerdos de 11-60 kg, en grupos, con alimento y agua ad libitum

b. Raciones isoproteicas (20%).

FUENTE: Tewe y Oke, 1983.

Cuadro 3.14. Experiencias con el uso de bagazo de yuca en raciones para ponedoras^a Leghorn blancas, alimentadas en grupos.

Componentes de la ración y nutrimentos		Composición y rendimientos por ración	
Componentes	(%)		
Bagazo de yuca (harina) ^b		—	10.00
Harina de yuca		20.00	10.00
Salvado de trigo		10.00	10.00
Maíz amarillo		10.00	10.00
Puliduras de arroz		30.00	30.00
Torta de maíz		20.00	20.00
Harina de pescado		5.00	5.00
Minerales y vitaminas		5.00	5.00
Nutrimentos			
Proteína	(%)	19.00	19.00
Metionina + cistina	(%)	0.72	0.67
Lisina	(%)	0.87	0.86
Rendimiento			
Producción de huevos	(%)	69.80	78.30

a. Duración de la postura; 7 meses.

b. Análisis del bagazo: materia seca = 95%; proteína = 2.25%; fibra = 14.4%; ENN = 78.0%; ceniza = 4.1%.

FUENTE: Páiz et al., 1968.

Cuadro 3.15. Experiencias con bagazo de yuca en raciones para cerdos Large White x Yorkshire en crecimiento^a.

Aspectos considerados		Composición y rendimiento por ración			
Componentes de la ración	(%)				
Pulpa de yuca (harina)		—	10.00	20.00	30.00
Maíz amarillo		60.00	50.00	40.00	30.00
Torta de maíz		20.00	20.00	20.00	22.00
Salvado de trigo		13.00	13.00	11.00	9.00
Harina de pescado		5.00	5.00	7.00	7.00
Minerales y vitaminas		2.00	2.00	2.00	2.00
Proteína	(%)	16.30	15.80	16.50	15.50
Factores del rendimiento					
Aumento peso diario	(kg)	0.48	0.48	0.45	0.39
Consumo diario	(kg)	1.55	1.54	1.46	1.34
Consumo/ganancia		3.24	3.22	3.24	3.44

a. Cerdos de 13-60 kg, en grupos, con alimento y agua a voluntad.

FUENTE: Manickan y Gopalakrishnan, 1978.

Cuadro 3.16. Experiencias con el uso de bagazo de yuca en raciones para cerdos Duroc x Yorkshire en engorde^a.

Aspectos considerados		Componentes y rendimientos por ración		
Componentes	(%)			
Pulpa de yuca (harina)		-	30.00	60.00
Maíz amarillo		80.40	33.40	-
Torta de soya		15.00	22.00	25.20
Melaza		-	10.00	10.00
Minerales y vitaminas		4.60	4.60	4.80
Factores del rendimiento				
Aumento peso diario	(kg)	0.69	0.68	0.68
Consumo diario	(kg)	2.38	2.42	2.52
Consumo/ganancia		3.45	3.55	3.68

a. Cerdos de 30-95 kg en grupos con agua y alimento a voluntad.

FUENTE: Buitrago, 1972.

Referencias

- Agudu, E. W. 1972. Preliminary investigation on some unusual feedstuffs as yolk pigmenters in Ghana. *Ghana J. Agricultural Sci.* 5:33-38.
- Alhassan, W. S. y Odoi, F. 1982. Use of cassava leaf meal in diets for pigs in the humid tropics. *Trop. Animal Health Production* 14:219- 223.
- Buitrago, J. A. 1972. Resultados de estudios recientes en nutrición de cerdos. ICA-CIAT. Cali, Colombia. 5 p. (Mimeografiado.)
- Choo, T. L. y Hutagalung, R. I. 1972. Nutritional value of tapioca leaf (*Manihot utilissima*) for swine. *Malasian Agric. Res.* 1:38- 47.
- De la Torre V., M. 1982. Utilización de forraje de yuca en la alimentación de terneros de lechería. Tesis Mg. Sc. Universidad de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba. 64 p.
- Fernández, A. y Preston, T. R. 1978. Follaje de yuca como suplemento de fibra y proteína en dietas de melaza: Efecto del nivel de follaje y suplementación con harina de soya. *Producción Animal Tropical* 3(2):111-115.
- Manickam, R. y Gopalakrishnan, C. A. 1978. Studies on feeding of tapioca thippi (tapioca starch waste) to swine. *Indian J. Anim. Res.* 12(1):13-15.

- Moore, C. P. 1976. El uso de follaje de yuca en la alimentación de rumiantes. En: Seminario Internacional de Ganadería Tropical, Acapulco, México, 1976. Memorias. p. 47-62.
- Pillai, S. C.; Srinath, E. G.; Mathur, M. L.; Naidu, P. M. N y Muthanna, P. G. 1968. Tapioca spent pulp as an ingredient in poultry feed. *Current Science* 37(21):603-605.
- Ross, E. y Enríquez, F. Q. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. *Poultry Science* 48(3):846-853.
- Sonaiya, E. B. y Omole, T. A. 1977. Cassava peels for finishing pigs. *Nutrition Reports International* 16(4):479-486.
- Tewe, O. O. y Oke, O. L. 1983. Performance, carcass characteristics and economy of production of growing pigs on varying dietary cassava peel leaves. *Nutrition Reports International* 28(2):235-243.
- Zapata, O.; Sánchez, L.; Medrano, J. y Meza, J. H. 1985. Uso de algunos subproductos agrícolas en alimentación animal y lacto inducción en vacas lecheras. Boletín técnico ICA. Instituto Colombiano Agropecuario, Palmira. 31 p.

Anexos

Contenido

	Página
Anexo 1. Métodos Analíticos para Determinar HCN, Aflatoxinas y Escopolatina	389
Anexo 2. Requerimientos Nutricionales para Aves, Cerdos, y Bovinos	391
Anexo 3. Composición de las Materias Primas más Utilizadas en la Elaboración de Alimentos para Monogástricos y Rumiantes	408
Anexo 4. Aditivos de Mayor Importancia en la Alimentación Animal	420
Anexo 5. Algunas Abreviaturas y Términos Utilizados en esta Publicación	422
Anexo 6. Nombres Científicos de las Especies Vegetales Mencionadas en esta Publicación	424
Anexo 7. Bibliografía Comentada	426
Anexo 8. Directorio de Productores de Equipos para Procesamiento de Yuca y Fabricación de Alimentos Concentrados	432

Anexo 1. Métodos Analíticos para Determinar HCN, Aflatoxinas y Escopolatina

Determinación del ácido cianhídrico. Los métodos más usados para determinar el contenido de ácido cianhídrico en yuca abarcan procedimientos colorimétricos, fluorométricos, cuantitativos y de titulación, como se puede observar en el Cuadro A-1.1.

Cuadro A-1.1. Métodos más usados en la determinación de HCN en yuca.

Procedimientos y métodos ^a	Reactivos	Nivel de reacción	Longitud de onda (nm)
Colorimétricos			
1. Snell	Acido pícrico	5-50 µg	530
2. Pulss	P-cloramina	0.01-1.0 µg/ml	582
3. Gilchrist	Acido pícrico	5-5 µg/g	515
Fluorométricos			
4. Guibault	P-benzoquinosa	0.6-150 µg/g	400-480
5. Takanashi	Peridoxal	0.026-1.3 µg/ml	356-432
Cuantitativos			
6. Guignard	Acido pícrico	30-50 µg/g	-
Titulación			
7. AOAC	Nitrato de plata	0.54-1.08 mg/ml	-

a. Métodos denominados con los nombres de los respectivos autores.

Las referencias para una información completa sobre estos métodos son las siguientes, en el orden en que aparecen en el cuadro:

1. Snell, F. D. y Snell, C. T. 1959. *Colorimetric methods of analysis*. Vol. 2. A. D. Van Nostrand. Nueva York. p. 714-723.
2. Pulss, G. 1962. *Untersuchung zur Isolierung und Bestimmung von Blausaure in pflanzlichen material*. Z. Anal. Chem. 190:402-409.
3. Gilchrist, D. G.; Lueschen, W. E. y Hittle, C. N. 1967. *Revised method for the preparation of standards in the sodium picrate assay of HCN*. Crop Sci. 7:267-268.

4. Guibault, G. G. y Kramer, D. N. 1965. Specific detection and determination of cyanide using various quinone derivatives. *Anal. Chem.* 37:1395-1399.
5. Takanashi, S. H. y Tamura, Z. 1970. Fluorimetric determination of cyanide by the reaction with piridoxal. *Chem. Pharm. Bull.* 18:1633-1635.
6. Guignard, M. L. 1906. Le haricot á acide cyanhydrique, *Phaseolus lunatus* L. *Compt. Rend. Paris.* 142:545-553.
7. AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1965. AOAC official methods of analysis. 10a. ed. Washington, D.C. p. 341.

Determinación de aflatoxinas. En este caso se pueden consultar las siguientes referencias:

- Coon, F. B.; Baur, F. J. y Symmes, R. L. 1973. International aflatoxin check sample program: 1972 Study. *J.A.O.A.C.* 56:322-327.
- Cocker, R. D. y Tomlins, K. I. 1986. Estimación de niveles de aflatoxinas en la yuca; nueva técnica desarrollada por el TDRI. *Yuca boletín informativo* 10(2):1-4.
- Pons, W. A. Jr.; Cucullu, A. F.; Franz, A. O.; Lee, L. S. y Goldblatt, L.A. 1973. Rapid detection of aflatoxin contamination in agricultural products. *J.A.O.A.C.* 56:803-1025.
- Rommer T. R. 1973. Determination of aflatoxins in mixed feeds. *J.A.O.A.C.* 56:1111-1114.
- Scott, P. M.; Laurence, J. W. y Walbeek, W. 1970. Detection of micotoxins by thin layer chromatography: Application to screening of fungal extracts. *Appl. Microbiol.* 20:839-842.

Determinación de escopolatina. Se sugiere consultar a:

- Nagarajan, V.; Bhat, R. V. y Tulpule, P. G. 1973. Aflatoxin - like factor in tapioca. *Environ. Physiol. Biochem.* 3(1):13-18.

Anexo 2. Requerimientos Nutricionales para Aves, Cerdos, y Bovinos

En los cuadros siguientes se presenta lo más sobresaliente de la información disponible sobre requerimientos nutricionales en las diferentes fases de producción de aves (Cuadros A-2.1 a A-2.12), cerdos (Cuadros A-2.13 a A-2.15) y bovinos (Cuadros A-2.16 y A-2.17). Se presentan las últimas recomendaciones del National Research Council (NRC) en todos los ejemplos, y en los casos en que se considera importante se incluyen también recomendaciones del Agricultural Research Council (ARC) y de algunas casas productoras de líneas comerciales.

Cuadro A-2.1. Requerimientos de energía, proteína y aminoácidos para aves ponedoras y reproductoras, según el NRC.

Componentes nutricionales	Requerimientos y consumo según fase de producción ^a			
	Fase 1		Fase 2	
	Concentración (%)	Consumo diario (g)	Concentración (%)	Consumo diario (g)
Energía metabolizable	(2.85) ^b	-	(2.75) ^b	-
Proteína	16.00	17.6	15.00	16.5
Arginina	0.85	0.93	0.80	0.88
Glicina + serina	0.50	0.55	0.50	0.55
Histidina	0.22	0.24	0.22	0.24
Isoleucina	0.50	0.55	0.50	0.55
Leucina	1.20	1.32	1.20	1.32
Lisina	0.70	0.77	0.60	0.66
Metionina	0.30	0.33	0.28	0.31
Metionina + cistina	0.60	0.66	0.54	0.59
Fenilalanina	0.40	0.44	0.40	0.44
Fenilalanina + tirosina	0.80	0.88	0.80	0.88
Treonina	0.40	0.44	0.40	0.44
Triptófano	0.11	0.12	0.11	0.12
Valina	0.50	0.55	0.50	0.55

a. Fase 1 = 20-40 semanas; Fase 2 = más de 40 semanas. Consumo de cada nutriente calculado suponiendo un consumo diario de 110 gramos de ración total.

b. Las cifras para energía metabolizable están en términos de Mcal/kg.

Cuadro A-2.2. Requerimientos de energía y aminoácidos en ponedoras livianas, semipesadas y pesadas (reproductoras) según niveles de consumo diario, determinados por ARC y AEC.

Factores nutricionales	Requerimientos según el tipo de ave y el consumo diario de ración								
	Aves livianas			Aves semipesadas			Aves pesadas		
	90 ^a	100	110	110 ^a	120	130	140 ^a	150	160
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3,30	3,00	2,75	3,00	2,75	2,55	3,00	2,80	2,65
Otros nutrimentos (%)									
Proteína	17,00	15,50	14,00	15,00	14,00	13,00	15,50	14,50	13,50
Lisina	0,80	0,72	0,65	0,65	0,60	0,55	0,64	0,60	0,56
Metionina	0,40	0,36	0,33	0,33	0,30	0,28	0,34	0,31	0,29
Metionina + cistina	0,72	0,65	0,59	0,59	0,54	0,50	0,61	0,57	0,53
Treonina	0,58	0,52	0,47	0,47	0,43	0,40	0,46	0,43	0,41
Triptófano	0,19	0,17	0,15	0,15	0,14	0,13	0,16	0,15	0,14

a. Gramos de ración consumida diariamente.

Cuadro A-2.3. Requerimientos de nutrimentos principales en dos etapas de producción de ponedoras, según la casa productora Dekalb XL.

Factores nutricionales	Requerimientos según etapa de producción y % de proteína en la ración				
	Pre-postura ^a	Postura			
		19%	18%	17%	16%
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.75	2.80	2.80	2.80	2.80
Otros nutrimentos (%)					
Proteína	16.00	19.00	18.00	17.00	16.00
Calcio	2.50	3.70-4.10	3.50-3.80	3.40-3.70	3.40-3.70
Fósforo disponible	0.45	0.48	0.46	0.44	0.44
Sodio	0.20	0.18	0.18	0.18	0.18
A. linoléico	1.00	1.50	1.45	1.35	1.25
Lisina	0.75	0.82	0.78	0.73	0.69
Metionina	0.34	0.40	0.38	0.36	0.34
Metionina + cistina	0.59	0.70	0.67	0.63	0.59
Triptófano	0.18	0.21	0.20	0.19	0.18
Isoleucina	0.64	0.95	0.90	0.85	0.80
Valina	0.69	0.82	0.77	0.73	0.69
Fenilalanina	0.56	0.87	0.82	0.78	0.73
Treonina	0.56	0.70	0.67	0.63	0.59
Arginina	0.80	0.95	0.90	0.85	0.80
Leucina	1.10	1.43	1.35	1.28	1.20
Histidina	0.32	0.38	0.36	0.34	0.32

a. Hasta 5% de postura.

Cuadro A-2.4. Requerimientos de nutrimentos principales en aves de postura, según la casa productora Hisex.

Factores nutricionales	Requerimientos según la etapa de producción ^a				
	Pollitas	Crecimiento	Desarrollo	Ponedoras	
				En piso	En jaulas
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.85	2.75-2.80	2.65-2.75	2.75	2.75
Otros nutrimentos (%)					
Grasa	2.50	2.50	2.00	3.00	3.00
Proteína	19-20	16-17	13-14	16.50-17.50	16.50-17.50
Fibra	4.00	4.50	4.00	4.00	5.00
Calcio	1.00-1.10	1.00-1.10	1.30-1.50	3.00-3.40	3.30-3.70
Fósforo disponible	0.55	0.50	0.45	0.48	0.52
Cloruro de sodio	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25
Metionina	0.40	0.34	0.28	0.36	0.36
Metionina + cistina	0.75	0.64	0.52	0.66	0.66
Lisina	1.00	0.80	0.60	0.72	0.75
Triptófano	0.18	0.16	0.15	0.16	0.16
Relación ^b energía: proteína	65-68	75-78	82-86	71-75	71-75

a. Pollitas = 0-6 semanas; crecimiento = 6-10 semanas; desarrollo = 10-12 semanas.

b. En la relación energía:proteína, la energía está en términos de kcal.

Cuadro A-2.5. Requerimientos de nutrimentos principales para aves de postura, según la casa productora Cohmann Cuxhaven.

Factores nutricionales	Requerimientos según la etapa ^a de producción			
	Pollitas	Levante	Postura 1	Postura 2
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.75	2.65-2.75	2.65-2.75	2.65-2.75
Otros nutrimentos (%)				
Proteína	18.50	14.50	16.50	15.00
Calcio	1.00	0.80	3.40	3.70
Fósforo disponible	0.45	0.35	0.45	0.35
Sodio	0.16	0.16	0.16	0.16
Metionina	0.38	0.29	0.34	0.31
Metionina + cistina	0.67	0.52	0.62	0.58
Lisina	0.95	0.65	0.74	0.68
Arginina	1.10	0.82	0.94	0.86
Triptófano	0.20	0.16	0.18	0.17
A. linoléico	1.40	0.80	1.50	1.20

a. Pollitas = 0-8 semanas; levante = 9-20 semanas; postura 1 = 21-42 semanas; postura 2 = >43 semanas.

Cuadro A-2.6. Requerimientos de nutrimentos principales en reproductoras, según la casa productora Arbor Acres.

Factores nutricionales	Requerimientos según la etapa de producción		
	Iniciación	Levante	Reproducción
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.64-2.91	2.64-2.86	2.75-2.97
Otros nutrimentos (%)			
Grasa	3.00-4.00	3.00-4.00	3.00-4.00
Proteína	18.00-20.00	14.00-15.50	15.00-16.50
A. linoleico	1.50-2.00	1.00-1.50	1.50-2.00
Calcio	0.90-1.10	0.85-1.20	2.75-3.25
Fósforo disponible	0.45-0.50	0.38-0.50	0.50-0.55
Cloruro de sodio	0.30-0.45	0.30-0.50	0.30-0.60
Metionina	0.36-0.40	0.30-0.33	0.31-0.33
Metionina + cistina	0.68-0.75	0.50-0.58	0.53-0.60
Lisina	0.90-1.00	0.60-0.65	0.70-0.80
Triptófano	0.19-0.21	0.17-0.19	0.17-0.19

Cuadro A-2.7. Requerimientos de energía, proteína y aminoácidos según el NRC, para pollas de reemplazo.

Factores nutricionales	Requerimientos según la edad del animal					
	0-6 semanas		6-14 semanas		14-20 semanas	
	Concentración	g/Mcal ^a	Concentración	g/Mcal	Concentración	g/Mcal
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.90	–	2.90	–	2.90	–
Otros nutrimentos (%)						
Proteína	18.00	62.06	15.00	51.72	12.00	41.37
Arginina	1.00	3.45	0.83	2.86	0.67	2.31
Glicina + serina	0.70	2.42	0.58	2.00	0.47	1.62
Histidina	0.26	0.90	0.22	0.76	0.17	0.59
Isoleucina	0.60	2.07	0.50	1.73	0.40	1.38
Leucina	1.00	3.45	0.83	2.86	0.67	2.31
Lisina	0.85	2.93	0.60	2.07	0.45	1.55
Metionina + cistina	0.60	2.07	0.50	1.73	0.40	1.38
Metionina	0.32	1.10	0.27	0.93	0.21	0.72
Treonina	0.56	1.93	0.47	1.62	0.37	1.28
Triptófano	0.17	0.59	0.14	0.48	0.11	0.38
Valina	0.62	2.14	0.52	1.79	0.41	1.41
Fenilalanina + tirosina	1.00	3.45	0.83	2.86	0.67	2.31
Fenilalanina	0.54	1.86	0.45	1.55	0.36	1.24

a. Esta columna indica la relación entre los diferentes nutrimentos y la energía metabolizable.

Cuadro A-2.8. Requerimientos de nutrimentos principales en pollas de reemplazo, según la casa productora Dekalb XL.

Factores nutricionales	Requerimientos según la etapa de producción			
	Iniciación	Crecimiento I	Crecimiento II	Crecimiento III
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.84-2.97	2.79-2.93	2.77-2.90	2.73-2.90
Otros nutrimentos (%)				
Proteína	20.00	18.00	16.00	14.00
Fibra	1.50	2.50	3.50	3.50
Calcio	1.00	0.90	0.90	0.90
Fósforo disponible	0.50	0.45	0.45	0.45
Sodio	0.20	0.20	0.20	0.20
Metionina	0.44	0.40	0.34	0.28
Cistina	0.31	0.27	0.25	0.24
Lisina	1.04	0.85	0.75	0.60
Triptófano	0.22	0.20	0.18	0.16
Treonina	0.70	0.63	0.56	0.49
Valina	0.86	0.76	0.69	0.62
Isoleucina	0.80	0.72	0.64	0.56
Fenilalanina	0.70	0.63	0.56	0.49
Arginina	1.00	0.90	0.80	0.80
Leucina	1.40	1.25	1.10	0.95
Histidina	0.40	0.36	0.32	0.28

Cuadro A-2.9. Requerimientos de energía, proteína y aminoácidos según el NRC, para pollos de engorde.

Factores nutricionales	Requerimientos según la edad del animal					
	0-3 semanas		3-6 semanas		6-9 semanas	
	Concentración	g/Mcal ^a	Concentración	g/Mcal	Concentración	g/Mcal
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3.20	—	3.20	—	3.20	—
Otros nutrimentos (%)						
Proteína	23.00	71.87	20.00	62.50	18.00	56.25
Arginina	1.44	4.50	1.20	3.75	1.00	3.13
Glicina + serina	1.50	4.69	1.00	3.13	0.70	2.19
Histidina	0.35	1.09	0.30	0.94	0.26	0.81
Isoleucina	0.80	2.50	0.70	2.19	0.60	1.88
Leucina	1.35	4.22	1.18	3.69	1.00	3.13
Lisina	1.20	3.75	1.00	3.13	0.85	2.66
Metionina	0.50	1.56	0.38	1.19	0.32	1.00
Metionina + cistina	0.93	2.90	0.72	2.25	0.60	1.88
Fenilalanina	0.72	2.25	0.63	1.97	0.54	1.69
Fenilalanina + tirosina	1.34	4.19	1.17	3.66	1.00	3.13
Treonina	0.75	2.34	0.65	2.03	0.56	1.75
Triptófano	0.23	0.72	0.20	0.63	0.17	0.53
Valina	0.82	2.56	0.72	2.25	0.62	1.94

a. Relación entre los diferentes nutrimentos y la energía metabolizable.

Cuadro A-2.10. Requerimientos de aminoácidos en pollos de engorde según ARC y AEC.

Nutrimentos	Requerimientos (%) según la edad del animal									
	Pollos de 0-4 semanas					Pollos de 4-8 semanas				
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.90	3.00	3.10	3.20	3.30	2.90	3.00	3.10	3.20	3.30
Otros nutrimentos (%)										
Lisina	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	0.89	0.92	0.95	0.98	1.01
Metionina	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.38	0.40	0.41	0.42	0.44
Metionina + cistina	0.86	0.89	0.92	0.95	0.98	0.72	0.74	0.77	0.79	0.82
Treonina	0.70	0.72	0.75	0.77	0.80	0.60	0.62	0.64	0.67	0.69
Triptófano	0.20	0.21	0.21	0.22	0.23	0.17	0.18	0.18	0.19	0.19
Arginina	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	0.93	0.96	1.00	1.03	1.06
Glicina + serina	1.60	1.65	1.71	1.76	1.82	1.04	1.08	1.12	1.15	1.19
Histidina	0.44	0.45	0.47	0.48	0.50	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43
Isoleucina	0.81	0.84	0.87	0.90	0.92	0.67	0.69	0.71	0.74	0.76
Leucina	1.51	1.56	1.61	1.66	1.72	1.25	1.29	1.33	1.38	1.42
Fenilalanina	0.75	0.78	0.81	0.83	0.86	0.64	0.66	0.68	0.70	0.73
Fenilalanina + tirosina	1.39	1.44	1.49	1.54	1.58	1.18	1.23	1.27	1.31	1.35
Valina	0.90	0.93	0.96	0.99	1.02	0.78	0.81	0.84	0.86	0.89

Cuadro A-2.11. Requerimientos de nutrimentos principales en pollos de engorde, según la casa productora Arbor Acres.

Factores nutricionales	Requerimientos según sea la etapa de producción		
	Iniciación	Levante	Finalización
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3.08-3.30	3.13-3.35	3.19-3.41
Grasa (%)	5.00-10.00	6.00-10.00	6.00-10.00
Proteína (%)	22.00-24.00	20.00-22.00	18.00-20.00
Calcio (%)	0.90-1.10	0.85-1.00	0.80-1.00
Fósforo disponible (%)	0.48-0.55	0.43-0.50	0.38-0.50
Cloruro de sodio (%)	0.30-0.50	0.30-0.50	0.30-0.50
Metionina (%/Mcal)	0.33	0.32	0.25
Metionina + cistina (%/Mcal)	0.60	0.56	0.46
Lisina (%/Mcal)	0.81	0.70	0.53
Triptófano (%/Mcal)	0.16	0.12	0.11

Cuadro A-2.12. Requerimientos de vitaminas, ácido linoleico y minerales para ponedoras, según el NRC.

Nutrimentos	Requerimientos según sea la etapa ^a del animal			
	Iniciación	Crecimiento	Ponedoras	Reproductoras
Vitamina A (UI/kg)	1500	1500	4000	4000
Vitamina D (UI/kg)	200	200	500	500
Vitamina E (UI/kg)	10	5	5	10
Vitamina K (mg/kg)	0.50	0.50	0.50	0.50
Tiamina (mg/kg)	1.80	1.30	0.80	0.80
Riboflavina (mg/kg)	3.60	1.80	2.20	3.80
Ácido pantoténico (mg/kg)	10.00	10.00	2.20	10.00
Niacina (mg/kg)	27.00	11.00	10.00	10.00
Piridoxina (mg/kg)	3.00	3.00	3.00	4.50
Biotina (mg/kg)	0.15	0.10	0.10	0.15
Colina (mg/kg)	1300	500	500	500
Folacina (mg/kg)	0.55	0.25	0.25	0.35
Vitamina B ₁₂ (mg/kg)	0.009	0.003	0.003	0.003
Ácido linoleico (%)	1.00	0.80	1.00	1.00
Calcio (%)	0.90	0.60	3.25	2.75
Fósforo (%)	0.70	0.40	0.50	0.50
Potasio (%)	0.20	0.16	0.10	0.10
Sodio (%)	0.15	0.15	0.15	0.15
Cloro (mg/kg)	800.00	800.00	800.00	800.00
Cobre (mg/kg)	4.00	3.00	3.00	4.00
Yodo (mg/kg)	0.35	0.35	0.30	0.30
Hierro (mg/kg)	80.00	40.00	50.00	80.00
Magnesio (mg/kg)	600.00	400.00	500.00	500.00
Manganeso (mg/kg)	55.00	25.00	25.00	33.00
Selenio (mg/kg)	0.10	0.10	0.10	0.10
Zinc (mg/kg)	40.00	35.00	50.00	65.00

a. Iniciación = 0-5 semanas; crecimiento = 8-18 semanas.

Cuadro A-2.13. Requerimientos de nutrimentos principales para lechones, según el NRC.

Factores nutricionales		Requerimientos según sea el peso vivo		
		1-5 kg	5-10 kg	10-20 kg
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.70	3.50	3.37
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	3.60	3.40	3.16
Proteína	(%)	27.00	20.00	18.00
Lisina	(%)	1.28	0.95	0.79
Arginina	(%)	0.33	0.25	0.23
Histidina	(%)	0.31	0.23	0.20
Isoleucina	(%)	0.85	0.63	0.56
Leucina	(%)	1.01	0.75	0.68
Metionina + cistina	(%)	0.76	0.56	0.51
Fenilalanina + tirosina	(%)	1.18	0.88	0.79
Treonina	(%)	0.76	0.56	0.51
Triptófano	(%)	0.20	0.15	0.13
Valina	(%)	0.85	0.63	0.56
Calcio	(%)	0.90	0.80	0.65
Fósforo	(%)	0.70	0.60	0.55
Sodio	(%)	0.10	0.10	0.10
Cloro	(%)	0.13	0.13	0.13
Potasio	(%)	0.30	0.26	0.26
Magnesio	(%)	0.04	0.04	0.04
Hierro	(mg/kg)	150.00	140.00	80.00
Zinc	(mg/kg)	100.00	100.00	80.00
Manganeso	(mg/kg)	4.00	4.00	3.00
Cobre	(mg/kg)	6.00	6.00	5.00
Iodo	(mg/kg)	0.14	0.14	0.14
Selenio	(mg/kg)	0.15	0.15	0.15
Vitamina A	(UI/kg)	2200.00	2200.00	1750.00
Vitamina D	(UI/kg)	220.00	220.00	200.00
Vitamina E	(UI/Kg)	11.00	11.00	11.00
Vitamina K	(mg/kg)	2.00	2.00	2.00
Riboflavina	(mg/kg)	3.00	3.00	3.00
Niacina	(mg/kg)	22.00	22.00	18.00
A. pantoténico	(mg/kg)	13.00	13.00	11.00
Vitamina B ₁₂	(µg/kg)	22.00	22.00	15.00
Colina	mg/kg)	1100.00	1100.00	900.00
Tiamina	(mg/kg)	1.30	1.30	1.10
Vitamina B ₆	(mg/kg)	1.50	1.50	1.50
Biotina	(mg/kg)	0.10	0.10	0.10
Folacina	(mg/kg)	0.60	0.60	0.60

Cuadro A-2.14. Requerimientos de nutrimentos principales para cerdos en crecimiento y engorde, según el NRC.

Factores nutricionales		Requerimientos según sea el peso vivo		
		20-35 kg	35-60 kg	60-100 kg
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.38	3.39	3.39
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	3.17	3.19	3.19
Proteína	(%)	16.00	14.00	13.00
Lisina	(%)	0.70	0.61	0.57
Arginina	(%)	0.20	0.18	0.16
Histidina	(%)	0.18	0.16	0.15
Isoleucina	(%)	0.50	0.44	0.41
Leucina	(%)	0.60	0.52	0.48
Metionina + cistina	(%)	0.45	0.40	0.30
Fenilalanina + tirosina	(%)	0.70	0.61	0.57
Treonina	(%)	0.45	0.39	0.37
Triptófano	(%)	0.12	0.11	0.10
Valina	(%)	0.50	0.44	0.41
Calcio	(%)	0.60	0.55	0.50
Fósforo	(%)	0.50	0.45	0.40
Sodio	(%)	0.10	0.10	0.10
Cloro	(%)	0.13	0.13	0.13
Potasio	(%)	0.23	0.20	0.17
Magnesio	(%)	0.04	0.04	0.04
Hierro	(mg/kg)	60.00	50.00	40.00
Zinc	(mg/kg)	60.00	50.00	50.00
Manganeso	(mg/kg)	2.00	2.00	2.00
Cobre	(mg/kg)	4.00	3.00	3.00
Iodo	(mg/kg)	0.14	0.14	0.14
Selenio	(mg/kg)	0.15	0.15	0.10
Vitamina A	(UI/kg)	1300.00	1300.00	1300.00
Vitamina D	(UI/kg)	200.00	150.00	125.00
Vitamina E	(UI/Kg)	11.00	11.00	11.00
Vitamina K	(mg/kg)	2.00	2.00	2.00
Riboflavina	(mg/kg)	2.60	2.20	2.20
Niacina	(mg/kg)	14.00	12.00	10.00
A. pantoténico	(mg/kg)	11.00	11.00	11.00
Vitamina B ₁₂	(μg/kg)	11.00	11.00	11.00
Colina	(mg/kg)	700.00	550.00	400.00
Tiamina	(mg/kg)	1.10	1.10	1.10
Vitamina B ₆	(mg/kg)	1.10	1.10	1.10
Biotina	(mg/kg)	0.10	0.10	0.10
Folacina	(mg/kg)	0.60	0.60	0.60

Cuadro A-2.15. Requerimientos de nutrimentos principales para cerdos en reproducción, según el NRC.

Factores nutricionales		Hembras en gestación y machos reproductores	Hembras en lactancia
Energía digestible	(Mcal/kg)	3.40	3.39
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	3.20	3.19
Proteína	(%)	12.00	13.00
Lisina	(%)	0.43	0.58
Arginina	(%)	—	0.40
Histidina	(%)	0.15	0.25
Isoleucina	(%)	0.37	0.39
Leucina	(%)	0.42	0.70
Metionina + cistina	(%)	0.23	0.36
Fenilalanina + tirosina	(%)	0.52	0.85
Treonina	(%)	0.34	0.43
Triptófano	(%)	0.09	0.12
Valina	(%)	0.46	0.55
Calcio	(%)	0.75	0.75
Fosforo	(%)	0.60	0.50
Sodio	(%)	0.15	0.20
Cloro	(%)	0.25	0.30
Potasio	(%)	0.20	0.20
Magnesio	(%)	0.04	0.04
Hierro	(mg/kg)	80.00	80.00
Zinc	(mg/kg)	50.00	50.00
Manganeso	(mg/kg)	10.00	10.00
Cobre	(mg/kg)	5.00	5.00
Iodo	(mg/kg)	0.14	0.14
Selenio	(mg/kg)	0.15	0.15
Vitamina A	(UI/kg)	4000.00	2000.00
Vitamina D	(UI/kg)	200.00	200.00
Vitamina E	(UI/kg)	10.00	10.00
Vitamina K	(mg/kg)	2.00	2.00
Riboflavina	(mg/kg)	3.00	3.00
Niacina	(mg/kg)	10.00	10.00
A. pantoténico	(mg/kg)	12.00	12.00
Vitamina B ₁₂	(μg/kg)	15.00	15.00
Colina	(mg/kg)	1.25	1.25
Tiamina	(mg/kg)	1.00	1.00
Vitamina B ₆	(mg/kg)	1.00	1.00
Biotina	(mg/kg)	0.10	0.10
Folacina	(mg/kg)	0.60	0.60

Cuadro A-2.16. Requerimientos de nutrientes principales en vacas de leche, según el NRC.

Factores nutricionales	Vacas lactantes según su peso y producción					Vacas secas preñadas
	Peso (kg)		Producción diaria de leche (kg)			
	<400	< 8	8-13	13-18	>18	
	500	<11	11-17	17-23	>23	
	600	<14	14-21	21-29	>29	
	>700	<18	18-26	26-35	>35	
Proteína total	(%)	13.00	14.00	15.00	16.00	11.00
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	2.36	2.53	2.71	2.89	2.23
Energía digestible	(Mcal/kg)	2.78	2.95	3.13	3.31	2.65
Nutrim. digestibles totales	(%)	63.00	67.00	71.00	75.00	60.00
Fibra cruda	(%)	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Fibra ácido detergente	(%)	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00
Extracto etéreo	(%)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Calcio	(%)	0.43	0.48	0.54	0.60	0.37
Fósforo	(%)	0.31	0.34	0.38	0.40	0.26
Magnesio	(%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.16
Potasio	(%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Sodio	(%)	0.18	0.18	0.18	0.18	0.10
Cloruro de sodio	(%)	0.46	0.46	0.46	0.46	0.25
Azufre	(%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.17
Hierro	(ppm)	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00

Cuadro A-2.17. Requerimientos de nutrientes principales para ganado no lactante, según el NRC.

Factores nutricionales	Toros adultos	Vaquillas y toros en crecimiento	Concentrado de iniciación para terneros	Substituto de leche	
Proteína total	(%)	8.50	12.00	16.00	22.00
Energía metabolizable	(Mcal/kg)	2.04	2.23	3.12	3.78
Energía digestible	(Mcal/kg)	2.47	2.65	3.53	4.19
Nutrim. digestibles totales	(%)	56.00	60.00	80.00	95.00
Fibra cruda	(%)	15.00	15.00	-	-
Fibra ácido detergente	(%)	19.00	19.00	-	-
Extracto etéreo	(%)	2.00	2.00	2.00	10.00
Calcio	(%)	0.24	0.40	0.60	0.70
Fósforo	(%)	0.18	0.26	0.42	0.50
Magnesio	(%)	0.16	0.16	0.07	0.07
Potasio	(%)	0.80	0.80	0.80	0.80
Sodio	(%)	0.10	0.10	0.10	0.10
Cloruro de sodio	(%)	0.25	0.25	0.25	0.25
Azufre	(%)	0.11	0.16	0.21	0.29
Hierro	(ppm)	50.00	50.00	100.00	100.00

Anexo 3. Composición de las Materias Primas más Utilizadas en la Elaboración de Alimentos para Monogástricos y Rumiantes

Cuadro A-3.1. Materias primas utilizadas en alimentación de aves y cerdos.

Productos ^a	M.S. (%)	E. met. Aves (Mcal/kg)	E. dig. Cerdos (Mcal/kg)	Concentración ^b de los nutrientes principales										
				Prot.	Met.	Met + cis	Lisina	Calcio	P disp.	A. lin.	Grasa	Fibra	Ceniza	
(%)														
Aceite vegetal	99.0	8.60	0.80	-	-	-	-	-	-	-	20-50	99.0	-	-
Ajonjolí, torta	91.0	2.00	3.00	46.0	1.40	2.00	1.30	1.90	0.30	?	6.8	6.0	11.5	
Alfalfa, harina	93.0	1.55	1.43	17.0	0.28	0.46	0.73	1.30	0.20	0.40	3.0	24.0	9.8	
Algodón, torta-1	91.0	1.85	2.50	44.0	0.61	1.40	1.73	0.20	0.40	0.42	1.6	11.0	6.1	
Algodón, torta-2	92.0	2.20	2.70	41.0	0.65	1.30	1.60	0.13	0.30	0.40	1.4	8.0	6.5	
Algodón, torta-3	92.0	1.80	2.40	36.0	0.55	1.32	1.22	0.18	0.32	1.50	4.2	14.3	6.8	
Arroz con cáscara	90.0	2.66	2.75	7.8	0.16	0.28	0.27	0.09	0.04	0.60	1.6	8.8	5.3	
Arroz, grano	89.0	3.10	3.75	8.0	0.27	0.36	0.27	0.04	0.01	0.20	0.4	0.6	0.8	
Arroz, salvado-1	89.0	2.10	3.38	13.0	0.23	0.59	0.52	0.12	0.21	3.40	13.0	12.0	11.5	
Arroz, salvado-2	88.5	1.75	2.90	7.5	0.12	0.31	0.29	0.13	0.21	1.60	4.9	20.0	11.7	
Arroz, puliduras	90.0	3.00	3.75	15.0	0.29	0.69	0.76	0.05	0.18	3.40	13.0	9.0	8.1	
Avena, grano	90.0	2.55	2.83	12.0	0.18	0.39	0.50	0.06	0.13	1.49	4.8	10.5	3.1	
Avena, cascarrilla	92.0	0.40	1.20	4.6	0.07	0.14	0.14	0.13	0.03	?	1.6	30.0	6.2	
Azúcar refinado	100.0	3.72	3.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	
Azúcar crudo	98.0	3.69	3.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	
Banano, harina	91.0	2.40	2.81	3.0	0.09	0.10	0.20	10.03	0.04	0.02	0.8	3.0	4.1	

Continúa

Cuadro A-3.1. Continuación.

Productos ^a	M.S. (%)	E. met. Aves (Mcal/kg)	E. dig. Cerdos (Mcal/kg)	Concentración ^b de los nutrimentos principales									
				Prot.	Met.	Met. + cis.	Lisina	Calcio	P disp.	A. hu.	Grasa	Fibra	Ceniza
----- (%) -----													
Canavalia	89.0	3.02	3.24	26.0	0.20	0.40	1.40	0.14	0.09	0.60	2.9	8.2	3.5
Carne, harina-1	91.0	2.41	2.60	60.0	0.80	1.60	4.00	2.60	1.60	0.80	7.0	6.0	15.0
Carne, harina-2	90.0	2.10	2.44	55.0	0.70	1.10	3.04	7.00	3.50	1.10	8.0	2.0	21.0
Carne y hueso, harina	90.0	1.90	2.90	50.0	0.60	0.95	2.45	10.50	5.10	0.28	10.0	2.0	28.0
Cártamo, torta	92.0	1.19	1.48	23.0	0.34	0.70	0.72	0.34	0.30	0.90	1.4	30.0	5.4
Cebada	89.0	2.55	3.10	11.6	0.17	0.36	0.40	0.03	0.10	0.65	1.8	5.1	2.4
Copra (coco), torta	91.0	1.50	3.05	21.0	0.32	0.56	0.60	0.17	0.20	0.04	3.5	14.0	6.7
Gallinaza de piso	89.0	0.80	1.05	17.4	0.10	0.21	0.32	3.50	1.30	-	1.3	15.2	24.0
Gallinaza de jaula	84.5	1.03	1.30	25.2	0.16	0.30	0.48	2.50	1.60	-	2.3	18.6	21.0
Girasol, torta	92.0	2.08	3.05	46.0	1.15	2.90	1.92	0.41	0.35	0.50	2.9	11.4	7.6
Grasa de herbívoros	100.0	8.20	8.40	-	-	-	-	-	-	4.30	100.0	-	-
Grasa de aves y cerdos	99.0	7.80	8.20	-	-	-	-	-	-	20.00	99.0	-	-
Huesos, harina (vapor)	95.0	1.00	1.10	12.0	0.19	0.25	0.90	22.00	11.50	?	1.8	4.0	65.0
Huesos, harina (calcínada)	96.0	-	-	-	-	-	-	28.00	14.00	-	-	-	70.0
Leche deshidratada (descremada)	94.0	2.53	3.86	33.0	1.00	1.42	2.85	1.30	1.00	0.01	0.9	0.2	6.1
Leche deshidratada (completa)	95.0	3.60	4.12	25.5	0.61	1.10	2.25	0.91	0.71	?	26.0	0.2	5.4
Levadura (Torula)	91.0	2.00	2.90	48.0	0.80	1.40	3.80	0.56	0.60	0.10	4.0	2.0	8.0

Continúa

Cuadro A-3.1. Continuación.

Productos ^a	M.S. (%)	E. met. Aves (Mcal/kg)	E. dig. Cerdos (Mcal/kg)	Concentración ^b de los nutrimentos principales									
				Prot.	Met.	Met.+ cis.	Lisina	Calcio	P disp.	A. lin.	Grasa	Fibra	Ceniza
Levadura (<i>Saccharomyces</i>)	93.0	1.90	2.80	43.0	0.74	1.23	3.11	0.13	0.50	0.05	0.4	2.9	7.8
Maíz, almidón	92.0	3.65	3.69	0.6	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-
Maíz, grano	87.0	3.40	3.42	9.5	0.20	0.38	0.25	0.07	0.10	1.82	3.8	2.0	2.0
Maíz, salvado	89.0	2.89	3.41	12.0	0.18	0.36	0.40	0.08	0.20	3.10	11.5	6.0	3.1
Maíz con tusa	88.0	2.76	3.10	8.0	0.16	0.31	0.18	0.04	0.07	1.20	3.0	8.6	1.8
Maíz, forraje	91.0	1.67	2.90	20.0	0.30	0.59	0.80	0.46	0.35	1.10	2.0	10.0	10.0
Maíz, gluten	89.0	1.73	3.20	23.0	0.30	0.61	0.40	0.20	0.20	1.20	2.2	8.7	1.7
Maíz, gluten 60	91.0	3.82	3.95	60.0	1.65	2.60	1.10	0.02	0.30	1.50	2.5	1.3	1.5
Maíz, germen	93.5	1.69	3.28	20.5	0.58	0.97	0.65	0.05	0.15	2.50	3.8	12.0	3.6
Maíz torta	92.0	2.65	3.45	40.0	0.45	1.12	1.60	0.16	0.20	1.25	1.3	10.0	5.8
Melaza de caña	78.0	1.96	2.54	2.0	-	-	-	0.60	0.07	-	0.1	-	9.8
Palmiste, torta	89.5	1.45	2.70	16.5	0.24	0.50	0.48	0.20	0.20	?	1.5	16.0	5.9
Papa, harina	91.0	2.81	3.30	8.0	0.10	0.17	0.41	0.07	0.05	?	0.5	2.1	7.6
Pastas de trigo, sobrantes	90.0	2.95	3.62	13.5	0.24	0.60	0.31	0.04	0.25	0.10	0.6	1.0	0.8
Pescado, harina-1	92.0	2.90	3.15	64.0	2.10	2.60	5.10	5.00	2.80	0.12	12.0	0.8	14.9
Pescado, harina-2	90.0	3.10	3.20	50.0	1.80	1.95	4.00	7.50	3.80	0.15	14.0	1.2	16.5

Continúa

Cuadro A-3.1. Continuación.

Productos ^a	M.S. (%)	E. met. Aves (Mcal/kg)	E. dig. Cerdos (Mcal/kg)	Concentración ^b de los nutrimentos principales									
				Prot.	Met.	Met.+ cis.	Lisina	Calcio	P disp.	A. lin.	Grasa	Fibra	Ceniza
(%)													
Plátano, harina	91.0	2.70	3.15	4.1	0.10	0.15	0.28	0.03	0.04	?	1.4	2.1	3.9
Plumas, harina hidrolizada	91.0	2.35	2.76	85.0	0.50	3.40	1.50	0.20	0.30	0.20	2.5	1.5	3.5
Sangre, harina	85.0	2.80	2.60	80.0	0.90	1.00	6.90	0.28	0.22	0.02	1.5	1.0	5.4
Sorgo (millo)	88.0	3.25	3.38	8.8	0.09	0.30	0.20	0.04	0.10	1.08	2.8	3.0	1.8
Soya, torta-1	90.0	2.45	3.36	48.0	0.66	1.37	3.00	0.30	0.30	0.58	1.5	4.0	6.5
Soya, torta-2	89.5	2.44	3.35	46.5	0.65	1.35	2.90	0.32	0.31	0.55	1.6	3.8	6.6
Soya, cascarrilla	90.0	0.66	1.86	11.5	0.12	0.19	0.64	0.45	0.15	?	1.9	36.5	4.6
Soya, grano	89.0	3.55	4.09	38.0	0.54	1.08	2.40	0.28	0.25	8.50	18.5	5.3	5.1
Suero de leche, deshidratado	92.0	1.94	3.18	12.0	0.19	0.49	0.97	0.97	0.75	0.01	1.5	0.2	9.2
Trigo, grano	89.0	3.02	3.26	14.5	0.19	0.44	0.40	0.04	0.13	0.58	2.3	2.5	1.8
Trigo, mogolla	89.0	1.80	3.00	15.6	0.18	0.40	0.60	0.17	0.33	2.25	3.8	8.5	6.8
Trigo, salvado	91.0	1.28	2.40	15.0	0.16	0.36	0.50	0.14	0.32	2.15	3.2	11.0	7.5
Trigo, harina-2	90.0	2.44	3.24	17.5	0.18	0.38	0.70	0.15	0.23	2.50	3.4	8.0	2.7
Yuca, harina	90.0	3.15	3.35	3.0	0.007	0.05	0.06	0.30	0.15	?	0.8	3.0	3.2
Yuca, mancha	87.7	3.25	3.45	2.4	0.01	0.02	0.04	0.30	0.15	?	1.6	0.2	2.1
Yuca, ripio (bagazo)	86.0	2.45	2.95	1.2	0.006	0.01	0.02	0.20	0.10	-	0.05	8.5	3.5

a. Los números 1, 2, ó 3 a continuación de determinados productos denotan calidades diferentes.

b. El signo (-) indica valores iguales o cercanos a 0; la interrogación (?) representa valores no conocidos.

Cuadro A-3.2. Materias primas utilizadas en la alimentación de rumiantes.

Productos ^a	M.S. (%)	NDT ^b (%)	E. dig. (Mcal/kg)	E. met. (Mcal/kg)	Concentración ^b de los nutrimentos principales						
					Prot.	Ca	P. total	Grasa	Ceniza	Fibra	FDA
----- (%) -----											
Granos, frutas, raíces y subproductos											
Ajonjolí, torta	92.0	74.0	3.18	2.81	45.3	2.30	1.50	2.1	11.8	6.5	17.0
Algodón, cascarrilla	91.0	39.0	1.60	1.35	4.1	0.16	0.10	1.5	3.0	45.1	59.0
Algodón, torta	91.0	74.0	3.10	2.70	41.0	0.17	1.31	1.4	8.0	13.0	18.5
Arroz grano	89.0	78.0	3.44	3.07	7.2	0.02	0.11	0.4	0.5	0.4	?
Arroz paddy	89.0	70.0	3.10	2.73	7.9	0.07	0.30	1.7	4.7	8.9	?
Arroz, salvado	91.0	58.0	2.05	2.10	7.8	0.26	0.95	5.9	14.4	19.0	38.0
Arroz, puliduras	89.0	80.0	3.40	3.07	13.0	0.16	1.05	14.8	8.0	6.2	3.8
Arroz, cascarrilla	92.0	10.0	0.44	0.28	2.8	0.09	0.08	0.7	19.0	41.0	67.0
Avena, grano	90.0	72.0	3.01	2.64	11.0	0.07	0.36	4.7	3.6	11.2	14.5
Avena, heno	90.0	58.0	2.16	1.80	5.3	0.26	0.24	1.7	6.2	27.5	34.5
Banano seco	85.0	67.0	2.96	2.41	4.2	0.50	0.08	1.4	4.1	3.1	-
Banano fresco	23.0	18.0	0.80	0.65	1.2	0.15	0.02	0.5	1.3	1.1	-
Banano, tallo	5.0	2.5	0.11	0.09	0.2	0.04	0.01	0.1	0.8	1.3	?
Cacao, pulpa seca	92.0	47.0	2.05	1.69	7.9	0.39	0.18	1.1	8.3	30.8	?
Café, pulpa seca	87.0	50.0	2.18	1.82	11.5	0.51	0.13	2.5	6.5	27.0	56.0

Continúa

Cuadro A-3.2. Continuación.

Productos ^a	M.S.	NDT	E. dig.	E. met.	Concentración ^b de los nutrimentos principales						
					Prot.	Ca	P. total	Grasa	Ceniza	Fibra	FDA
	(%)	(%)	(Mcal/kg)	(Mcal/kg)	----- (%) -----						
Café, pulpa fresca	37.0	20.0	1.10	0.89	4.0	0.38	0.09	1.1	2.9	7.8	?
Café, cascarrilla	88.0	0.1	0.05	-	5.1	0.32	0.06	0.9	2.6	52.0	64.0
Caña, bagazo seco	92.0	44.0	1.53	1.12	1.8	0.90	0.29	0.7	2.9	46.9	53.0
Caña, melaza	76.0	54.0	2.40	2.05	4.0	0.64	0.09	0.1	9.8	2.0	?
Cebada, grano	89.0	75.0	3.20	2.87	10.2	0.08	0.35	1.8	2.8	6.2	10.8
Cebada, heno	87.0	49.0	2.21	1.84	7.6	0.20	0.29	1.9	6.6	23.1	?
Cervecería, grano seco	92.0	66.0	2.90	2.49	26.0	0.29	0.54	1.2	6.8	16.0	?
Cítricos, pulpa seca	91.0	75.0	3.30	2.92	6.1	2.04	0.15	3.4	6.0	11.6	20.0
Cítricos, pulpa fresca	21.0	18.0	0.81	0.73	1.5	0.40	0.04	2.0	1.2	3.3	?
Coco (côpra), torta	91.0	68.0	3.01	2.63	21.5	0.18	0.66	3.5	6.0	14.0	?
Gallinaza de cama	90.0	57.0	2.40	2.10	19.0	2.80	1.50	2.7	19.5	16.0	?
Gallinaza de jaula	90.0	52.0	2.25	1.80	25.0	7.80	2.10	2.2	25.0	12.0	?
Grasa de herbívoros	100.0	190.0	8.40	8.01	-	-	-	-	-	-	-
Levadura (<i>Saccharomyces</i>)	93.0	74.0	3.25	2.86	43.8	0.12	1.40	0.8	6.6	2.0	-
Levadura (<i>Torula</i>)	93.0	73.0	3.21	2.82	49.0	0.50	1.60	1.6	7.8	2.3	-

Continúa

Cuadro A-3.2. Continuación.

Productos ^a	M.S.	NDT	E. dig.	E. met.	Concentración ^b de los nutrimentos principales						
					Prot.	Ca	P. total	Grasa	Ceniza	Fibra	FDA
	(%)	(%)	(Mcal/kg)	(Mcal/kg)	(%)						
Maíz, grano	88.0	78.0	3.40	3.05	9.4	0.03	0.29	3.8	1.3	2.6	3.0
Maíz, grano en mazorca	87.0	69.6	3.06	2.53	8.1	0.02	0.11	2.2	2.0	7.8	?
Maíz, salvado	91.0	76.0	3.13	2.78	11.5	0.42	0.11	6.5	1.8	10.5	15.0
Maíz, germen	91.0	67.0	2.98	2.58	20.5	0.04	0.38	3.7	3.8	12.0	?
Maíz, tusa	90.0	45.0	2.00	1.60	2.9	0.02	0.02	0.8	3.0	32.8	33.0
Maíz, rastrojo	85.0	51.0	2.15	1.75	5.4	0.47	0.07	1.1	6.1	29.5	33.0
Papa fresca	23.0	19.0	0.84	0.74	2.2	0.04	0.22	0.1	1.1	0.6	-
Papa seca	91.0	74.0	3.26	2.88	8.1	0.07	0.41	0.5	7.8	2.1	-
Pescado, harina	92.0	73.0	3.26	2.85	65.0	5.50	3.00	8.0	15.2	1.0	-
Piña, pulpa seca	87.0	73.0	2.80	2.44	4.0	0.24	0.12	1.3	5.1	19.0	?
Plumas, harina hidrolizada	93.0	65.0	2.85	2.45	85.0	0.26	0.67	2.9	3.5	1.4	-
Remolacha, pulpa seca	91.0	71.0	3.13	2.72	7.2	0.75	0.11	0.5	4.9	19.5	28.0
Remolacha, pulpa fresca	10.0	9.0	0.38	0.33	1.2	0.02	0.02	0.2	0.5	3.1	?
Sangre, harina	92.0	61.0	2.65	2.28	80.0	0.50	0.30	1.3	5.3	2.3	?
Sorgo, grano	87.0	80.0	3.51	3.16	8.6	0.03	0.28	2.9	1.8	1.0	-
Sorgo, heno	92.0	49.0	2.15	1.76	11.0	0.37	0.18	2.4	10.1	30.5	36.0

Continúa

Cuadro A-3.2. Continuación.

Productos ^a	M.S. (%)	NDT (%)	E. dig. (Mcal/kg)	E. met. (Mcal/kg)	Concentración ^b de los nutrientes principales						
					Prot.	Ca	P. total	Grasa	Ceniza	Fibra	FDA
----- (%) -----											
Sorgo, rastrojo	85.0	39.0	1.75	1.37	4.2	0.36	0.17	1.9	10.2	31.0	?
Soya, grano	90.0	84.0	3.72	3.36	38.0	0.28	0.66	17.5	5.1	5.3	9.0
Soya, torta	89.0	75.0	3.32	2.95	45.0	0.35	0.72	1.4	6.5	6.2	?
Soya, cascarilla	91.0	70.0	3.06	2.70	11.5	0.42	0.15	1.9	4.6	36.0	45.0
Soya, heno	88.0	54.0	2.36	2.00	14.5	1.08	0.28	3.6	6.0	25.0	?
Soya, rastrojo	88.0	37.0	1.60	1.21	4.5	1.40	0.05	1.3	5.6	39.0	47.0
Trigo, grano	89.0	78.0	3.45	3.07	14.5	0.05	0.38	1.8	1.7	2.6	7.0
Trigo, salvado	89.0	63.0	2.92	2.46	15.0	1.71	0.20	3.9	6.1	10.0	14.0
Trigo, germen	90.0	85.0	3.75	3.40	25.0	0.10	1.29	8.4	4.2	3.9	?
Urea	99.0	-	-	-	276.0	-	-	-	-	-	-
Uva, pulpa	91.0	27.0	1.20	0.98	10.9	0.55	0.05	7.0	9.3	27.3	49.0
Yuca, raíz fresca	36.0	30.0	1.31	1.15	1.3	0.10	0.06	0.4	1.4	1.7	-
Yuca, harina	88.0	74.0	3.30	2.94	2.5	0.15	0.08	0.7	2.9	4.5	-
Yuca, cáscaras	28.0	18.0	0.80	0.65	1.6	0.06	0.04	0.5	1.2	3.2	?
Zanahoria fresca	12.0	10.0	0.44	0.39	1.2	0.05	0.04	0.2	1.0	1.2	1.0

Continúa

Cuadro A-3.2. Continuación.

Productos ^a	M.S.	NDT	E. dig.	E. met.	Concentración ^b de los nutrientes principales						
					Prot.	Ca	P. total	Grasa	Ceniza	Fibra	FDA
	(%)	(%)	(Mcal/kg)	(Mcal/kg)	----- (%) -----						
Ensilajes											
Alfalfa, planta completa	38.0	21.0	0.96	0.80	5.9	0.52	0.12	1.2	3.0	11.4	13.0
Banano, fruta	20.0	10.7	0.47	0.38	1.1	0.08	0.05	0.7	3.2	5.2	-
Maíz, mucha mazorca	33.0	23.0	1.03	0.89	2.7	0.08	0.07	1.0	1.5	7.9	8.9
Maíz, promedio	30.0	21.0	0.90	0.78	2.5	0.09	0.08	1.0	1.7	7.5	9.0
Maíz, poca mazorca	29.0	18.0	0.80	0.67	2.4	0.10	0.06	0.9	2.1	9.4	12.0
Maíz, sin mazorca	31.0	17.0	0.73	0.60	1.9	0.12	0.09	0.7	3.5	9.6	17.0
Papa, tubérculo	25.0	20.0	0.89	0.78	1.8	0.33	0.04	0.1	1.4	1.0	-
Sorgo, planta completa	30.0	18.0	0.77	0.64	2.2	0.10	0.06	0.9	2.6	8.2	11.0
Soya, planta completa	27.0	15.0	0.66	0.55	4.8	0.36	0.12	0.7	2.7	7.8	?
Sudán, planta completa	28.0	16.0	0.69	0.56	3.1	0.13	0.06	0.8	2.8	9.4	12.0
Yuca, raíz	38.0	32.0	1.38	1.19	1.4	0.11	0.06	0.4	1.5	1.8	-

Continúa

Cuadro A-3.2: Continuación.

Productos ^a	M.S. (%)	NDT (%)	E. dig. (Mcal/kg)	E. met. (Mcal/kg)	Concentración ^b de los nutrientes principales						
					Prot.	Ca	P. total	Grasa	Ceniza	Fibra	FDA
----- (%) -----											
Gramíneas (corte)											
Caña, cogollo	32.0	15.0	0.68	0.54	1.7	0.26	0.08	0.5	2.7	10.9	?
Caña, tallo joven	23.0	13.8	0.61	0.50	0.7	0.08	0.07	0.4	0.9	6.0	?
Caña, tallo maduro	28.0	15.5	0.68	0.56	1.2	0.09	0.06	0.3	1.3	8.6	?
Elefante de 30 días	15.0	9.4	0.42	0.34	1.5	0.05	0.04	0.3	2.7	4.6	?
Elefante de 60 días	20.0	11.0	0.48	0.40	1.8	0.06	0.05	0.4	2.8	6.2	9.6
Imperial de 60 días	19.0	11.1	0.48	0.40	1.8	0.07	0.03	0.5	2.2	5.2	?
King grass de 30 días	18.0	10.1	0.44	0.36	1.9	0.03	0.06	0.6	2.0	6.2	?
King grass de 60 días	19.0	10.5	0.46	0.38	2.1	0.03	0.06	0.6	2.1	6.5	?
Sorgo forrajero	24.0	14.0	0.62	0.51	4.7	0.09	0.02	0.5	2.6	5.6	?
Sudan de 30 días	18.0	12.8	0.58	0.46	2.7	0.07	0.05	0.3	2.1	6.5	?
Sudan de 60 días	23.0	14.0	0.63	0.54	2.0	0.10	0.08	0.4	2.4	6.8	9.0

Continúa

Cuadro A-3.2. Continuación.

Productos ^a	M.S.	NDT	E. dig.	E. met.	Concentración ^b de los nutrimentos principales						
					Prot.	Ca	P. total	Grasa	Ceniza	Fibra	FDA
	(%)	(%)	(Mcal/kg)	(Mcal/kg)	----- (%) -----						
Gramíneas (pastoreo)											
Bermuda (Coastal)	29.0	18.0	0.80	0.68	4.1	0.14	0.08	1.1	1.8	8.3	?
Braquiaria	28.0	14.0	0.61	0.35	2.1	0.12	0.09	0.7	2.9	9.5	?
Estrella	28.0	14.5	0.65	0.52	2.7	0.04	0.05	0.8	2.7	9.7	?
Gordura	23.0	12.3	0.54	0.44	1.8	0.09	0.06	0.7	2.8	7.9	?
Guinea	21.0	11.5	0.51	0.41	2.1	0.18	0.07	0.5	2.9	7.0	?
Kikuyo	20.0	12.4	0.55	0.44	3.0	0.13	0.08	0.5	2.1	4.9	7.2
Orchard	24.0	15.9	0.70	0.59	4.4	0.13	0.12	1.0	2.6	6.5	7.1
Pará	22.0	12.2	0.54	0.43	1.1	0.09	0.08	0.6	3.1	7.5	8.3
Pangola	21.0	12.0	0.53	0.42	2.1	0.11	0.06	0.5	2.0	6.4	8.0
Pasto azul (Kentucky)	35.0	22.0	0.98	0.83	5.0	0.12	0.11	1.6	2.8	8.1	8.0
Puntero	31.0	15.9	0.70	0.57	1.9	0.13	0.04	0.6	4.3	10.5	14.6
Rye grass	24.0	15.4	0.68	0.58	5.7	0.14	0.08	0.8	3.4	4.6	?

Continúa

Cuadro A-3.2. Continuación.

Productos ^a	M.S. (%)	NDT (%)	E. dig. (Mcal/kg)	E. met. (Mcal/kg)	Concentración ^b de los nutrimentos principales						
					Prot.	Ca	P. total	Grasa (%)	Ceniza	Fibra	FDA
Leguminosas y otros forrajes proteínicos											
Alfalfa fresca	24.0	14.0	0.62	0.52	4.5	0.43	0.08	0.6	2.1	6.8	9.0
Alfalfa, harina	92.0	56.0	2.47	2.08	17.5	1.35	0.22	2.7	9.7	24.0	32.0
Batata, follaje fresco	17.0	10.9	0.48	0.40	2.4	0.42	0.12	0.7	1.8	3.5	3.0
Desmodium	19.0	12.7	0.56	0.46	4.6	0.24	0.07	0.7	2.2	4.4	?
Kudzu fresco	21.0	14.5	0.64	0.53	4.3	0.30	0.19	0.7	1.5	5.1	?
Leucaena fresca	27.0	18.1	0.81	0.65	7.7	0.26	0.07	1.4	2.1	4.5	?
Ramio fresco	18.0	11.0	0.48	0.40	3.2	0.66	0.08	0.8	3.1	3.7	?
Estilosantes fresco	28.0	17.0	0.75	0.61	4.9	0.50	0.07	0.6	2.7	5.9	?
Soya fresca	24.0	13.6	0.60	0.49	2.5	0.16	0.05	0.6	1.5	7.5	8.5
Trébol fresco	21.0	13.7	0.60	0.50	4.5	0.28	0.07	0.7	2.8	3.4	?
Yuca, follaje fresco	26.0	16.1	0.75	0.60	7.0	0.34	0.06	3.0	2.3	4.0	?

a. Los números 1, 2, 6 y 3 a continuación de determinados productos denotan calidades diferentes.

b. El signo menos (-) indica valores iguales o cercanos a 0; la interrogación (?) representa valores no conocidos.

Anexo 4. Aditivos de Mayor Importancia en la Alimentación Animal

Además de los componentes nutricionales, las raciones para animales incluyen normalmente otros productos como los que se indican en los Cuadros A-4.1 y A-4.2 para aves y cerdos y para rumiantes, respectivamente. Tales productos se usan para estimular el crecimiento y la producción, prevenir problemas gastrointestinales y respiratorios, controlar parasitismos, etc.

Cuadro A-4.1. Aditivos más importantes en la alimentación de aves y cerdos.

Técnico	Producto		Efecto*	Dosis (g/t)
		Comercial		
Acido arsánico		3-Nitro, Roxarsona	PC, PGI	45-100
Acido propiónico		Propionatos de calcio y sodio	AM	1-5
Amprolium		Amprol, Amprovine	AC	125-250
Arprinocid		Arpocox	AC	60-100
Avoparcina		Avotan	PC	7.5-15
Bacitracina		-	PC, PGI	10-50
Barbemicina		Flavomicin	PC	2
Buquinolato		Bonaid	AC	80-110
Carbadox		Mecadox	PC, PGI	10-50
Clopidol		Coyden	AC	125-250
Clortetraciclina		Aureomicina, Cyfac, Chloratet	PC, PGI	10-50
Decoquinato		Deccox	AC	300
Dimetridazole		Emptryl	PGI	15-30
Dichlovos		Atgard	PI	350
Eritromicina		Gallimicina	PC	10-70
Etotoxiquina		-	AO	50-150
Espiramicina		Spiramix, Spirasol	PGI, PR	20-200
Fenotiazina		-	PI	(5-30) ^b
Furazolidona		Nf-180, NFZ, Furox	PC, PGI	100-300
Halofunginona		Stenorol	AC	3
Hidroxianisol butilado		BHA	AO	100-400
Hidroxitolueno butilado		BHT	AO	100-400
Hygromicina		Hygromix B	AI	12
Kilol		-	AM	100
Levamisole		Tramisol, Ripercol	AI	800
Lincomicina		Lincomix, Lincospectin	PGI, PR, PC	40-100
Monensina		Coban	AC	100
Narasin		Monteban	AC	60-80
Neomicina		Neomix	PGI	70-140
Nicarbazina		Nicarb, Nicrazin	AC	100-200
Nistatin		Mico-20	AM	50

Cuadro A-4.1. Continuación.

Producto		Efecto ^a	Dosis (g/t)
Técnico	Comercial		
Oleandomicina	OM-5	PC	5-12
Oxitetraciclina	Terramicina	PC, PR, PGI	10-200
Penicilina	Penicilina, Propen	PC, PR	3-50
Piperazina	-	PI	2,000-4,000
Quinoxalina	Bayonox	PC, PGI	10-50
Robenidina	Cycostat	AC	33
Salinomicina	Coxistac, Bio Cox	AC	40-60
Santoquin	-	AO	100-150
Thiabendazole	-	AI	50-800
Tiamulina	Dinamutilin	PC, PGI, PR	20-100
Tilosina	Tylan, Tylan Sulfa	PC, PGI, PR	10-100
Violeta de genciana	-	AM	II
Virginiamicina	Stafac, Eskalin	PC, PGI	10-100
Zinc bacitracina	Baciferm, Bacifac, Albac	PC, PGI	10-100
Zoalene	Zoamix	AC	1,000-1,200

a. Efecto: PC = promotor de crecimiento; PGI = preventivo de enfermedades gastrointestinales; PI = parasiticida interno; PR = preventivo de problemas respiratorios; AC = anticoccidial; AO = antioxidante; AM = antimicótico.

Cuadro A-4.2. Aditivos más importantes en la alimentación de rumiantes.

Producto		Efecto ^a	Dosis ^b
Técnico	Comercial		
Amprolium	Amprol	AC	5 mg/kg de p.v.
Bacitracina	-	PC	35 mg/día
Barbemicina	Flavomicin	PC	30 mg/día
Clortetraciclina	Aureomicina, Cyfac, Chloratet	PC, PGI, PR	70-700 mg/día
Decoquinat	-	AC	0.5 mg/día
Eritromicina	Gallimicina	P	37 mg/día
Lasalocid	Bovatec	PC	7.5-15 g/t
Levamisol	Tramisol, Citarin, Ripercol	PI	0.08-0.8 % en alim.
Metrifonato	Neguvon	PI	1-10 g/100 kg de p.v.
Melengestrol acetato	MGA-100	PC	0.25-0.50 mg/día
Monensina sódica	Rumensin	PC	100-200 mg/día
Thiabendazole, Fenbendazol	Panacur, Thibenzole	PI	6 g/100 kg de p.v.
Thyropoteína	Protamona	PL	100-200 g/t
Zinc bacitracina	-	PC	35-70 mg/día

a. Efecto: PL = promotor de producción láctea; AC = anticoccidial; PC = promotor de crecimiento; PGI = preventivo de enfermedades gastrointestinales; PI = parasiticida interno.

b. En esta columna p.v. = peso vivo.

Anexo 5. Algunas Abreviaturas y Términos Utilizados en esta Publicación

AGV = ácidos grasos volátiles (acético, propiónico, láctico, butírico).

Azúcares reductores = azúcares que no reaccionan a la prueba de reducción (i.e. sucrosa).

Bagazo = ripio = subproducto fibroso obtenido durante la elaboración de almidón. Algunos autores lo llaman también pulpa.

Cal = caloría = cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de 1 g de agua, desde 14.5 hasta 15.5°C.

Cáscara = capa exterior de la raíz, constituida por el peridermo y la corteza.

Cis. = cistina.

CN = ion de cianuro.

E.B. = energía bruta (energía total).

E. Dig. = energía digestible.

EE = extracto etéreo = componentes grasos, lípidos.

E. Met. = energía metabolizable.

E.N. = energía neta.

ENN = extracto no nitrogenado.

FDA = fibra detergente ácida (análisis Van Soest).

FDN = fibra detergente neutra (análisis Van Soest).

Follaje = hojas, peciolas y tallos tiernos de la planta de yuca.

HCN = ácido cianhídrico = ácido prúsico.

Hum. amb. = producto con humedad de equilibrio ambiental.

Lis. = lisina.

Mancha = cachaza = subproducto no fibroso obtenido de la yuca durante la elaboración de almidón.

Met. = metionina.

Min. = minerales.

MS = materia seca (con 0% de humedad).

NDT = nutrimentos digestibles totales.

NNP = nitrógeno no proteico = nitrógeno diferente al aportado por los aminoácidos (i.e. urea, nitratos etc.).

NRC = Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos (National Research Council).

Pélet = producto procesado en forma de gránulo o aglomerado.

Proteína cruda (total) = contenido de nitrógeno x 6.25.

Proteína verdadera = proteína constituida por cadenas de aminoácidos.

Proximal (análisis) = método analítico de Weende.

Puliduras = subproducto de molinería obtenido después de retirar la cascarilla del cereal (arroz, maíz, etc.). Contiene restos de cascarilla, cutícula y parte del grano. El nivel de fibra es inferior y de energía es superior a los del salvado.

Pulpa = parte utilizable de la raíz, la cual incluye el parénquima de almacenamiento y las fibras centrales.

p.v. = peso vivo.

Soya extrudida = soya procesada por métodos de fricción mecánica y calor.

Trazas (minerales) = en cantidades muy pequeñas.

Vit. = vitaminas.

Anexo 6. Nombres Científicos de las Especies Vegetales Mencionadas en esta Publicación

Ajonjolí	<i>Sesamum indicum</i>
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Algodón	<i>Gossypium</i> spp.
Arroz	<i>Oryza sativa</i>
Avena	<i>Avena sativa</i>
Banano	<i>Musa</i> spp.
Batata, camote	<i>Ipomoea batatas</i>
Bermuda	<i>Cynodon dactylon</i>
Braquiaria	<i>Brachiaria decumbens</i>
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>
Café	<i>Coffea arabica</i>
Canavalia	<i>Canavalia ensiformis</i>
Caña de Azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>
Cártamo, colza	<i>Brassica napus</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Cítricos	<i>Citrus</i> spp.
Coco	<i>Cocos nucifera</i>
Desmodium	<i>Desmodium</i> sp.
Elefante	<i>Pennisetum purpureum</i>
Gabi	<i>Colocasia esculentum</i>
Girasol	<i>Helianthus annuus</i>
Gordura	<i>Melinis minutiflora</i>
Guinea	<i>Panicum maximum</i>
Imperial	<i>Axonopus scoparius</i>
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>
King grass	<i>Saccharum sinense</i>
Kudú	<i>Pueraria phaseoloides</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>
Maní	<i>Arachis hypogaea</i>

Orchero	<i>Dactylis glomerata</i>
Palmiste	<i>Elaeis guineensis</i>
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Pangola	<i>Digitaria decumbens</i>
Pará	<i>Brachiaria mutica</i>
Pasto azul	<i>Dactylis glomerata/Panicum antidotale</i>
Piña	<i>Ananas sativus</i>
Plátano	<i>Musa spp.</i>
Puntero	<i>Hyparrhenia rufa</i>
Ramio	<i>Boehmeria nivea</i>
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i>
Rye grass	<i>Lolium sp.</i>
Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>
Soya	<i>Glycine max.</i>
Sudán	<i>Sorghum sp.</i>
Trébol	<i>Trifolium sp.</i>
Trigo	<i>Triticum vulgare</i>
Uva	<i>Vitis vinifera</i>
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>

Anexo 7. Bibliografía Comentada

Araullo, E. V.; Nestel, B. y Campbell, M. (eds.). 1974. Cassava processing and storage: Proceedings of an interdisciplinary workshop, Pattaya, Tailandia, 1974. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá.

Se refiere especialmente a las fases iniciales del procesamiento de las raíces de yuca que se van a utilizar para la alimentación animal o para uso industrial, con énfasis en los diferentes métodos experimentados para picar, secar y procesar las raíces. La mayoría de las experiencias se refieren a métodos evaluados en varios países asiáticos (Tailandia, Indonesia, Filipinas, India, Malaysia y Sri Lanka).

Black, R. P.; Peyayopanakul, W. y Piyapongse, S. 1978. Thailand: Cassava pelletizing technology. University of Denver. Denver, Colorado, Estados Unidos.

Presenta información sobre sistemas industrializados para procesar grandes volúmenes de harina de yuca en Asia y específicamente en Tailandia. Se analiza en detalle el proceso de peletización, haciendo énfasis en los costos de producción y en los incentivos que se deben proporcionar para estimular una mejor calidad física de los trozos y pélets de yuca para el mercado.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Informes anuales de 1970 a 1986. Cali, Colombia.

Cada año estas publicaciones incluyen información actualizada sobre los avances tecnológicos obtenidos durante el período respectivo en las áreas de agronomía, fisiología, fitopatología, mejoramiento y utilización de yuca. En los volúmenes correspondientes a 1970 hasta 1980 se incluye además información técnica sobre la utilización de productos derivados de la yuca en la alimentación de cerdos.

Cock, J. H. 1985. Cassava: New potential for a neglected crop. Westview Press, Boulder y Londres. 191 p.

Este libro tiene como enfoque principal resaltar el potencial del cultivo de yuca en el trópico. A lo largo de siete capítulos analiza las características del cultivo, su uso, y las tecnologías más importantes de producción y procesamiento; finalmente presenta información sobre los principales programas generadores de tecnología de yuca a nivel mundial.

Cock, J. H.; Mac Intyre R. y Graham, M. (eds.). 1976. Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 1976, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 280 p.

En estas memorias se destacan cuatro temas específicos sobre el cultivo de yuca: 1) origen y distribución, 2) producción y productividad, 3) pérdidas pre y poscosecha, y 4) utilización. El capítulo sobre utilización contiene una serie de trabajos relacionados con el procesamiento de las raíces para la alimentación de cerdos y aves, y sobre la producción de proteína unicelular usando la yuca como sustrato.

Cresswell, D. C. 1978. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) as a feed for pigs and poultry: A review. Trop. Agri. 55(3):273-282.

Contiene una revisión completa de los trabajos experimentales más importantes realizados hasta 1978 en el campo de la nutrición avícola y la nutrición porcícola con raciones a base de harina de yuca.

Delange, F. y Ahluwalia, R. (eds.). 1982. Cassava toxicity and thyroid: Research and public health issues. Proceedings of a workshop held in Ottawa, Canada, 1982. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 148 p.

Presenta una evaluación acerca de los efectos tóxicos y los factores desfavorables para la alimentación que tiene la yuca, especialmente en lo concerniente a los síndromes de bocio endémico y cretinismo en los humanos relacionados con el consumo de la raíz.

Domínguez, C. E. (ed.) 1982. Yuca: Investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 660 p.

Esta publicación reúne información actualizada sobre diferentes aspectos de la investigación, la producción y la utilización de yuca; con la contribución de especialistas en el área respectiva, presenta los avances más recientes logrados por programas de investigación y producción de yuca a nivel mundial. En el capítulo sobre procesamiento y utilización se analizan diferentes métodos para usar más eficientemente las raíces mediante el procesamiento de las mismas y la elaboración de programas de alimentación; se hace énfasis en planes de alimentación para aves y cerdos, a base de harina de yuca.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Production Yearbook. Roma, Italia.

Publicación anual de la FAO, con información estadística completa sobre la producción y la productividad de todos los cultivos y especies animales de interés comercial, a nivel mundial. La información sobre yuca incluye cifras sobre áreas de siembra, y sobre producción y rendimiento de raíces frescas en cada país.

Grace, M. 1971. Cassava processing. Agriculture series bulletin no. 8. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia.

Incluye una descripción del tipo de productos que se pueden elaborar a partir de las raíces de yuca, así como de las características del equipo que se requiere para estos procesos.

Grace, M. R. 1977. Elaboración de yuca. Producción y Protección Vegetal No. 3. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma. 162 p.

Presenta una explicación detallada sobre los diferentes productos que se obtienen de la yuca, tanto para uso industrial como para la alimentación humana y animal. También incluye información sobre el control de calidad de los principales subproductos de yuca, y presenta estadísticas sobre la producción mundial y el comercio de esta raíz.

Lozano, J. C.; Cock, J. H. y Castaño, J. 1978. New developments in cassava storage. En: Brekelbaum, T.; Bellotti, A. y Lozano, J. C. (eds.). Proceedings of cassava protection workshop held in Cali, Colombia, 1977. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 135-141.

Analiza los cambios que se suceden en la raíz de yuca después de la cosecha, y los métodos que se utilizan para prevenir el deterioro durante el almacenamiento de la misma.

Montaldo, A. 1977. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, San José, Costa Rica.

Este libro presenta una descripción agronómica de las principales raíces y tubérculos que se cultivan en el trópico para la alimentación humana y animal. El capítulo sobre yuca incluye información sobre el almacenamiento, el procesamiento y la utilización de este producto en la alimentación animal.

Nestel, B. y Graham, M. (eds.). 1977. Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 1977. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá.

Estas memorias presentan un resumen de experiencias obtenidas en diversos países en cuanto a la utilización de yuca (incluida la raíz, el follaje y la proteína microbiana elaborada a partir de las raíces) en la alimentación de aves, cerdos y rumiantes. También analizan el efecto tóxico del ácido cianhídrico y el efecto de la suplementación con metionina sintética.

Nestel, B. y MacIntyre, R. (eds.). 1973. Chronic cassava toxicity: Proceedings of an interdisciplinary workshop held at London, England, 1973. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá.

Analiza detalladamente los mecanismos de intoxicación que se observan al utilizar altos niveles de yuca como alimento, y discute en forma amplia los procesos crónicos, especialmente el relacionado con el bocio endémico, que se presentan con el uso de dietas a base de yuca.

National Academy of Sciences, National Research Council (NRC). Nutrient requirements of domestic animals series. Washington, D.C.

Serie irregular de publicaciones sobre los requerimientos nutricionales de diferentes especies de animales, incluidos las aves, los cerdos y los rumiantes.

Oke, O. L. 1979. Some aspects of role of cyanogenic glycosides in nutrition. *World Rev. Nutr. Diet.* 33:70-103.

Este artículo presenta una descripción de los efectos que los glucósidos cianogénicos, especialmente la linamarina, producen en el organismo animal. Además de mencionar los efectos tóxicos asociados con altos niveles de estos glucósidos, hace referencia a sus posibles efectos favorables cuando tales niveles son bajos.

Phillips, T. P. 1971. Cassava utilization and potential markets. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá. 182 p.

Contiene información estadística de interés para evaluar el mercado potencial para la yuca procesada. Se analizan los mercados de exportación para harina de yuca especialmente en relación con la demanda con destino a la alimentación animal.

Pond, W. G. y Maner, J. H. 1974. Swine production in temperate and tropical environments. Freeman and Company, San Francisco, Estados Unidos.

Este libro trata aspectos generales sobre producción y alimentación de cerdos y ofrece, en uno de sus capítulos, información amplia sobre las experiencias realizadas con raciones para esta especie, a base de yuca fresca y harina de yuca.

Terry, E. R.; Oduro, K. A. y Caveness, F. (eds.). 1981. Tropical root crops: Research strategies for the 1980s. Proceedings of the first triennial root crops symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Ibadan, Nigeria, 1980. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá.

Esta publicación incluye resultados de trabajos experimentales con yuca y ñame en varios países de Africa. El capítulo sobre

yuca contiene información agronómica y nutricional acerca de las raíces y el follaje de esta especie.

Universidad Central de Venezuela. 1976. Simposio internacional sobre cultivos de raíces tropicales, 4., Cali, Colombia, 1976. Alcance No. 24. Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay). 76 p.

Aquí se presentan resultados de trabajos experimentales que sobre el uso de follaje de yuca en la alimentación animal se han realizado en Venezuela. Como complemento de esta información se incluye una bibliografía detallada sobre la investigación en yuca realizada hasta 1976 en ese país.

Universidad Federal de Bahía, Escola de Agronomia. 1973. Projeto mandioca. Cruz das Almas, BA, Brasil. 115 p.

Contiene una recopilación de trabajos experimentales sobre yuca, realizados en la Universidad Federal de Bahía. La parte final de la publicación está dedicada a la evaluación nutricional de las raíces y hojas de variedades dulces y amargas de esa especie.

Anexo 8. Directorio de Productores de Equipos para Procesamiento de Yuca y Fabricación de Alimentos Concentrados

Molinos, picadoras y mezcladoras

AFM - Scotmee
Heathfield Ayr
Escocia

Agromag del Oriente Ltda.
Avenida Quebradaseca No. 18-49
Tel. 22914 - 23924
Apartado Aéreo 689
Télex 077-735
Bucaramanga
Colombia

A.J. Worksavers Ltd.
434 Southland Crescent
Oakville, Ontario
Canadá

Asefac
De Keyserlei 58-60
Antwerp
Bélgica

Awila
Maschinenfabrik Gmb H
4595 Lastrup
Alemania Occidental

B.N.W. Industries
Rural Route 1
Box 341
Mentone, Indiana
USA

Blount Mix-mill
P.O. Box 256
Bluffton, In. 46714
USA

Buhler Brothers Ltd.
Uzwil, CH - 9240
Suiza

Cararaggi
Glebe House
East Newton, Aldbrough
N. Humberside
Inglaterra

Cemag-Ceara - Máquinas Agrícolas
S.A. (picadoras)
Matriz
Av. Gandioso de Carvalho,
217-Jardim Iracema
Fone: (085) 228-2377 C-P: D-79
Telex (085) 1533 - CEP
60000 Fortaleza - CE
Brasil

Cia Lorenz - Divisao Equipamentos
Rua São Paulo, 3068
Tel. (0473) 23-29-88
Telex 323 IFCL Blumenau
Santa Catarina
Brasil

CMEC
China Machinery and
Equipment Company
No. 60 Heping Road
Harbin
China

Cormall Ltd.
Evanton Place. Thornlilbank
Glasgow, G48 8JE
Inglaterra

Damman Croes SA
Spanjestreet, 51
Roulers
Bélgica

Day Mixing Co.
4932 Beach Street
Cincinnati, Ohio 45212
USA

Duplex Mill Manufacturing Co.
Box 1266
Springfield, Ohio 45501
USA

Equigranjas
Calle Riva Palacio No. 53
C. P. 59300
La Piedad, Mich.
México

E.M.C.
Apartado 978
Bucaramanga
Colombia

Famolinos
Fábrica de Molinos (antes Famolac)
Carrera 1 No. 46C-37 Tel. 431556
Apartado Aéreo 4076
Cali
Colombia

G.E. Baker Ltd.
Woolpit
Suffolk, IP 30 9RN
Inglaterra

G.M.D.
Gard Mouzon Delfosse (S.A.)
1 Rue des Marmouzets
51100 Reims
Téléphone (26) 40.25.72
Telex GMD 830077 F
France

Hayes & Stolz
P.O. Box 11217
Forth Worth, Texas 76109
USA

Heem Horst Machinefabriek
P.O. Box 485
7400 Al
Deventer
Holanda

Heesen - Technocom
P.O. Box 60
5280 AB - Bortel
Holanda

Hernann Bauermeister Maschinenfabrik
Postfach 50 01 60
Friedensallee 44
Hamburg 50
Alemania Occidental

H.L.S. Ltd.
P.O. Box 193
Kiriath Arich
Petah - Tikra
Israel

Incomet
Carrera 20 No. 9B-20
Apartado Aéreo 330
Bogotá
Colombia

Industrias Máquina d'Adrea
Rua General Jardim 645
01223 São Paulo
Brasil

Krupp Industrie - Und
Seevestrasse / Bahnhofsinsel
2100 Hamburgo 90
Alemania Occidental

Lamagrin Ltda.
Calle 24 No. 12-49
Tel. 336505
Apartado Aéreo 1632
Bucaramanga
Colombia

Maquiavicola Ltda.
Carrera 31 No. 24-79
Bogotá
Colombia

Maquinagro
Carrera 15 No. 18-15
Tel. 336766
Apartado Aéreo 2681
Bucaramanga
Colombia

Masiero Industrial S.A.
Rua Sebastiao Ribeiro No. 844
Jau, São Paulo
Brasil

Miracle Mill Limited
Franklin Road, Penge, London SE20 8JD
Tel. 01-659-2156
Telegrams: Milmiracle, London SE20
Inglaterra

Mulmix Facco
35010 Marsango, PD
Italia

Newell Dunford Engineering
Newell Dunford House
Postsmouth Road
Surbiton, Surrey
Inglaterra

Nutrimetal
Apartado Aéreo 82502
Bogotá
Colombia

Ocmus Sbuelz
33010 - Rizzolo di Reana
Udine
Italia

Orgavi Ltda.
Apartado Aéreo 20203
Bogotá
Colombia

Petersime Industrial S.A.
Rua Pedro Beneton, 317
Caixa Postal D-7
Telex (0483) 790 PEIN-BR
88800 Criciúma-SC
Brasil

Philco Dierings Ltd.
Forest Vale Industrial Estate
Cinderford, Gloucestershire
GL14 2PH
Inglaterra

Prater Industries, Inc.
1515 South 55th Court
Chicago, Il. 60650
USA

Pulverizing Machinery
10 Chatham Road
Summit, N.J.
USA

Putsch
H. Putsch & Comp.
Postfach 4221
5800 Hagen 1
Tel. (2331) 31031. Telex: 823795
West Germany

Seko
Curtarolo, PD
Via Valsugana
Italia

Sprout - Waldron - Koppers Co.
Muncy, PA
USA

Syppasa
Tiaquepaque
Calle Hornos No. 123
Guadalajara, Jalisco
México

Talleres de Occidente
Carrera 5 No. 27-62
Cali
Colombia

Talleres Gaitán
Apartado Aéreo 330
Palmira
Colombia

Thai Theparos Factory
208 Moo G Taiban Rd.
Samutprakarn
Tailandia

Troika Processes Ltd.
607 Embassy Center
Nariman Point
Bombay
India

Van Aarsen Machinefabriek B.V.
P.O. Box 5010
6097 ZG Panheel
Holanda

Weigh - Tronix Inc.
1000 Armstrong Drive
Fairmont, Minnesota
USA

Weiler Co.
214 S. 2nd. St
P.O. Box 28
Whitewater, Wisconsin
USA

Wijnveen Machinefabriek
P.O. Box 212
6710 BE-EDE
Holanda

Secadoras o deshidratadoras

Adolf Hubrich
Maschinenbau
2000 Hamburgo 1
Kirchenallee 25
Alemania Occidental

American Drying Systems, Inc.
Division of Atlas Metal Industries
1135 N.W.
159th Drive
Miami, Florida 33169
USA

A.P.V. Mitchell Dryers Ltd.
Denton Holme
Carlisle CA 2 5 DU
Inglaterra

Buell Limited
George Street Parade
Birmingham B3 1 AA
Inglaterra

C.A. Facegra
Av. Navas Spinola Apdo. 1
Valencia, Carabobo
Venezuela

Cargill Agricola S.A.
Rua Olavo Bilac 157
São Paulo, S. P.
Brasil

Cirelli Ltda.
C.P.G.
Descalvado, S. P.
Brasil

Coroil, C.A.
Av. Lisboa Quinta Costa Brava
Caracas, Miranda
Venezuela

Driall, Inc.
Box 309
Attica, In. 47918
USA

Du Mond Company, Inc.
5329 Main St., P.O. Drawer E.
Downers Grove, Il. 60515
USA

FMC Corporation
Colmar, Pa. 18901
USA

Industrias Máquina d' Andrea
Rua General Jardim 645
01223 São Paulo
Brasil

Máquinas Walter Siegel Ltda.
Rua Pitanqueira, 840
Fone (0478) 34-101
Telex (0473) 620 CGCMF
86403 631/0001-77
Inscr. Est. 250255570
CEP 88420 - Agrolândia - Santa Catarina
Brasil

Masiero Industrial S.A.
Rua Sebastiao Ribeiro No. 844
Jau, São Paulo
Brasil

Ponndorf Maschinenfabrik
Leipziger Strasse 374
P.O. Box 10 - 28 60, 3500
Kassel
Alemania Occidental

Simon Barron Ltd.
Bristol Road
Gloucester
Telex 43231
England GL2 6BY

Sprout Waldron
Muncy, Pa. 177556
USA

Troika Processes Ltd.
607, Embassy Centre Nariman Point
Bombay, 400021
India

Vomm Equipamentos Ltda.
Rua Manoel Pinto de Carvalho, 161
Bairro do Limao
São Paulo
Brasil

Walter Mattle AG
Ch 9463
Oberriet
Suiza

Zimmerman Equipment Co.
Litchfield, Il. 62056
USA

Peletizadoras

Amandus Kahl Nachf.
Postfach 1246
D-2057 Reinbek bei
Hamburgo
Alemania Occidental

Anderson International Corporation
6200 Harvard Avenue
Cleveland, Oh. 44105
USA

Brady International
P.O. 325
Logan, Utah 84321
USA

Bulher Brothers Ltd.
Uzwil
CH 9240
Suiza

Calibras Equipamentos
R. Alexandre Fernandez, 43
C. Postal 13273
São Paulo, S. P.
Brasil

Cargill Agricola S.A.
Rua Olavo Bilac 157
São Paulo, S.P.
Brasil

Coroil, C.A.
Av. Lisboa, Quinta Costa Brava
Caracas
Venezuela

CPM
1800 Folsom St.
San Francisco, Ca.
USA

Dorsers Welding Co.
Blenheim
Ontario, NOP 1A0
Canada

Du Mond Co.
5329 Main Street
Downers Grove, Il.
USA

Esberg Matador Maskiner A/S
Glentevej 5
DK - 6705
Esbjerg
Dinamarca

Feeco Intl.
3913 Algoma Rd.
Green Bay, WI 54301
USA

General dies
Via Stra, 182
Verona
Italia

Giulaini Hnos.
Ruta 34 Km. 223
2300 Rafaela, S. F.
Argentina

Holmen Gmbh Karlsruhe
Dea - Schölvén - Str. 9
D-7500 Karklsruhe 21
Alemania Occidental

Insta Pro Intl.
10301 Dennis Drive
Des Moines, Iowa
USA

Koppers Co.
Sprout - Waldron Div.
Muncy, Pa. 17756
USA

Lister Farm Equipment
Dursley, Gloucestershire
GL 11 4 HS
Inglaterra

Norvidan Engineering
Schipholweg 902
2143 Boesingheliede
Holanda

Ottevanger Machinefabrieken
P.O. Box 3
2750 AA
Moerkapelle
Holanda

Paladin HR
Simon - Barron Ltd.
Bristol Road
Gloucester GL2 6BY
Inglaterra

Technostaal Schouten BV
P.O. Box 23
5737 ZG Lieshout
Holanda

Technostaal Schouten BV
P.O. Box 142
5750 AC
Deurne
Holanda

Triple F. Incorporated
10301 Dennis Drive
Des Moines, Ia. 50322
USA

Ulrich Walter Maschinenbau
Bellenhohe 4
D 4020 Mettmann
Alemania Occidental

Wenger International
One Crown Center, Suite 510
2400 Pershing road
Kansas City, Mo. 64108
USA