

UTILIZACION DE RAICES Y PRODUCTOS DE YUCA EN ALIMENTACION ANIMAL

18133

Guillermo Gómez G. \*  
Jorge Santos N.  
Mauricio Valdivieso G.Introducción

Entre los cultivos de raíces y tuberosas, la yuca es el de mayor importancia en las regiones tropicales y constituye una apreciable fuente de calorías en la alimentación de los habitantes de estas regiones. Aproximadamente el 60% de la producción de yuca en América Latina es utilizada para consumo humano y el 40% restante es empleada en la producción de almidón, en alimentación animal y en la producción de alcohol carburante, especialmente en Brasil (Pachico y Lynam, 1981).

Aunque la mayoría de las raíces de yuca se destina para la alimentación humana, las perspectivas de su uso en alimentación animal han aumentado considerablemente durante los últimos años. Las políticas agrícolas de la Comunidad Económica Europea han demostrado la factibilidad económica de utilizar yuca seca peletizada, importada de Tailandia, para reemplazar los granos de cereales en programas de alimentación para porcinos, aves y vacunos (Coursey y Halliday, 1974; Phillips, 1974).

En muchas regiones tropicales del mundo, y especialmente en América Latina, la producción pecuaria en general y la avicultura en particular han aumentado ostensiblemente durante las dos últimas décadas. Consecuentemente, se ha incrementado la demanda de alimentos balanceados para satisfacer este continuo desarrollo pecuario. Desafortunadamente, en las regiones tropicales la producción de los granos de cereales utilizados comúnmente en la alimentación animal (sorgo y maíz) ha mostrado una tasa de incremento mucho menor que la demanda, obligando a una creciente importación de estos insumos.

Por otro lado, como resultado de las investigaciones en selección genética y en el desarrollo de eficientes métodos de cultivo y prácticas de producción, parece relativamente fácil aumentar el rendimiento y productividad de la yuca bajo condiciones de campo, como lo evidencian los resultados de ensayos regionales y de validación de tecnología a nivel de finca. En consecuencia, la utilización de la yuca para mercados alternativos como el de la alimentación animal sería económicamente factible.

El objetivo del presente trabajo es presentar una revisión de la información relacionada con la calidad nutricional de las raíces y de las hojas de yuca y con la utilización de estos productos en programas de alimentación para animales domésticos, especialmente para aves y cerdos.

\* Ph.D., Nutricionista/Bioquímico; M.S., Nutricionista; y Zootecnista, respectivamente, de la Sección de Utilización, Programa de Yuca, CIAT.

## Composición química de las raíces y productos de yuca

Las raíces de yuca contienen 60-65% de agua y 35-40% de materia seca; debido al elevado contenido de humedad, las raíces se deterioran rápidamente después de ser cosechadas y deben ser procesadas (ensiladas o secadas) para preservarlas por tiempo prolongado.

Para su uso en alimentación humana, las raíces son peladas, las cáscaras eliminadas y la pulpa (parénquima) es sometida a algún proceso térmico antes de ser consumida. Para su uso en alimentación animal, las raíces completas, incluyendo la cáscara, son picadas en trozos o astillas los cuales pueden ser suministrados como trozos frescos especialmente a cerdos y ganado o pueden ser sometidos al proceso de secado, para convertirlos en trozos secos y luego harina de yuca, o ensilados, para conservarlos por períodos prolongados.

El Cuadro 1 muestra la composición química de los trozos de yuca frescos, ensilados o secos (harina), de las hojas (follaje) y de forraje secos, así como la composición del sorgo y del heno de alfalfa. En general los trozos de raíces de yuca frescos o procesados se caracterizan por sus bajos contenidos de proteína, extracto etéreo (grasa), fibra cruda y cenizas, pero poseen niveles altos de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos solubles constituidos principalmente por almidón y por una pequeña cantidad de azúcares. Por tanto, las raíces de yuca y los productos derivados de ellas aportan principalmente calorías en forma de almidón de excelente calidad, altamente digerible.

La comparación de las composiciones de las raíces de yuca y sus productos derivados con la del sorgo muestra claramente que los productos de yuca son deficientes principalmente en proteína y consecuentemente la sustitución del sorgo (o del maíz) por los productos de raíces de yuca requerirá de una cantidad adicional de los ingredientes que aportan proteínas, tales como harina de pescado, torta de soya, torta de algodón y otros.

La mejor forma de conservar las raíces de yuca para ser utilizadas en alimentación animal es procesarlas a través de una máquina picadora para obtener trozos, pedazos o astillas, los cuales son luego secados al sol y convertidos en un producto estable con 10-14% de humedad. Los trozos secos pueden ser almacenados como tal o pueden ser peletizados (comprimidos) o molidos para transformarlos en harina. La yuca seca molida o harina es la que se emplea como ingrediente para la preparación de alimentos balanceados para animales domésticos. El proceso de secado permite concentrar los nutrientes presentes en las raíces de yuca frescas (Cuadro 1), especialmente el almidón y al mismo tiempo es uno de los métodos más eficaces para eliminar el cianuro presente en la yuca.

Las hojas y el follaje (hojas y tallos tiernos) de yuca secados al sol o con calor artificial constituyen un alimento proteico cuya composición química es similar o superior al heno de alfalfa secado al sol (Cuadro 1). Además, algunas variedades de yuca pueden sembrarse en mayor densidad (número de plantas por hectárea) a distanciamientos cortos para producir forraje

Cuadro 1. Composición química de productos de yuca, sorgo y heno de alfalfa

| Componente              | Productos de yuca <sup>a/</sup> |                  |                |              |              | Sorgo <sup>b/</sup> | Heno de alfalfa <sup>b/</sup> |
|-------------------------|---------------------------------|------------------|----------------|--------------|--------------|---------------------|-------------------------------|
|                         | Raíces frescas                  | Raíces ensiladas | Harina de yuca | Follaje seco | Forraje seco |                     |                               |
| Materia seca            | 40-35                           | 45-40            | 90             | 90-89        | 91-92        | 89-88               | 90-89                         |
| Proteína (N x 6.25)     | 1-2                             | 2-3              | 3.1            | 21           | 17-18        | 11                  | 15                            |
| Extracto etéreo (grasa) | 0.2-0.5                         | 1-2              | 1.3            | 6-7          | 5-6          | 2.8                 | 1.7                           |
| Fibra cruda             | 1.5-2.0                         | 3-4              | 3.4            | 20-24        | 17-18        | 2.0                 | 29                            |
| Cenizas                 | 1-2                             | 2-3              | 2.1            | 8-10         | 9-10         | 1.7                 | 9                             |
| Extracto no-nitrogenado | 30-36                           | 30-32            | 80             | 27-35        | 39-44        | 70-71               | 34-35                         |
| Calcio                  | 0.05                            | -                | 0.12           | 1.0-1.4      | 1.75         | 0.04                | 1.4                           |
| Fósforo                 | 0.07                            | -                | 0.16           | 0.25-0.28    | 0.32         | 0.29                | 0.20                          |

<sup>a/</sup> Datos obtenidos en el CIAT.

<sup>b/</sup> Incluye hojas y tallos tiernos.

<sup>c/</sup> Tomados de Feedstuffs, Vol.53, No.30, 1981. Ingredient Analysis Table.

de corte que puede ser utilizado especialmente para la alimentación de rumiantes. El follaje de yuca (hojas y tallos tiernos) contiene normalmente mayor cantidad de protefina que la yuca forrajera. El potencial de uso de las hojas y del follaje de yuca así como la producción de yuca forrajera representan áreas de investigación promisorias para lograr la utilización integral del cultivo, sobre las cuales existe relativamente poca información.

#### Contenido de cianuro en raíces y productos de yuca

En la revisión de la literatura sobre el uso de la yuca en alimentación animal se encuentran algunos datos de resultados inferiores a los que se obtienen con los granos de cereales y a menudo se aduce que cuando se obtienen estos rendimientos inferiores pueden ser ocasionados por la presencia del ácido cianhídrico en los productos de yuca. En la mayoría de los casos, sin embargo, ni siquiera se reportan los niveles de este compuesto tóxico.

Las variedades de yuca se clasifican en dulces o amargas según el bajo o alto contenido de cianuro de las raíces. El cianuro en las raíces y en los otros tejidos de la planta de yuca se encuentra en dos formas: cianuro libre y cianuro ligado o combinado constituido casi en su totalidad por un glucósido cianogénico conocido como "linamarina". Aproximadamente, el 85 a 90% del cianuro total de los tejidos en la yuca se encuentra como cianuro ligado y solo el 10 a 15% como cianuro libre (Gómez et al., 1981; Gómez, 1982).

La concentración del cianuro es mayor en la cáscara de las raíces que en la pulpa o parénquima (Wood, 1965; de Bruijn, 1973; Gómez et al., 1981; Gómez, 1982). La concentración de cianuro en las hojas varía, siendo mayor en hojas tiernas o jóvenes que en hojas adultas (Gómez y Hershey, resultados no publicados), pero en general las hojas poseen concentraciones similares a las encontradas en la cáscara de las raíces.

El cianuro ligado o linamarina libera ácido cianhídrico al tratarla con ácidos diluidos; en forma natural, la liberación del ácido cianhídrico se debe a la acción de la enzima linamarasa, la cual se encuentra normalmente en los tejidos de la planta de yuca, especialmente en la cáscara de las raíces y en las hojas. El contacto de la enzima con la linamarina ocurre cuando los tejidos sufren daños mecánicos o por trituración o destrucción de la estructura celular de la planta o tejidos.

Al picarse las raíces, la proporción de cianuro libre aumenta rápidamente a rangos de 30 al 40% del cianuro total (Gómez et al., 1981) comparado con los niveles de 10 al 15% de cianuro libre observados en la cáscara o el parénquima cuando se analizan por separado.

Aunque no se ha determinado el nivel de cianuro que puede producir efectos tóxicos en animales domésticos, la Comunidad Económica Europea ha fijado como límite máximo para la yuca importada de Tailandia un contenido de 100 ppm o sea 100 mg de cianuro por kilogramo de harina de yuca. Salvo

en algunas excepciones, especialmente cuando los niveles de cianuro iniciales son bastante altos y el tiempo de secado es corto, algunas variedades pueden producir raíces que al secarlas en trozos, el cianuro residual en el producto seco puede ser superior a 100 ppm. Normalmente, sin embargo, los trozos de yuca secados al sol contienen niveles de cianuro menores a 100 ppm y la mayor parte de este cianuro se encuentra como cianuro libre, el cual suele volatilizarse fácilmente (Figura 1).

El secado en hornos con circulación forzada de aire caliente (60°C) produce también una eficiente eliminación del cianuro de los trozos frescos, pero la cantidad de cianuro residual tiende a ser ligeramente superior a la obtenida con secado natural al sol. Además, la mayor proporción del cianuro total en trozos secados en horno se encuentra aún como cianuro ligado o linamarina (Cuadro 2) (Gómez, resultados no publicados).

Igualmente el proceso de ensilaje de los trozos de yuca permite una rápida y total conversión del cianuro ligado a cianuro libre en prácticamente 4-7 días después del inicio del proceso y después de 4-6 meses la biomasa ensilada posee un 30% del cianuro total inicial (Gómez, resultados no publicados), presente como cianuro libre. Ensayos de alimentación con cerdos han demostrado que la biomasa ensilada de yuca es apetecida por estos animales y se obtienen rendimientos de producción satisfactorios.

En resumen, los procesos normales a los cuales son sometidas las raíces de yuca para alimentación animal, secado o ensilaje, constituyen medios eficientes para reducir la cantidad de cianuro a niveles inocuos para los animales. Debe anotarse, sin embargo, que los trozos de raíces frescas de variedades con altos contenidos de cianuro no son consumidos por los cerdos y por tanto retardan su crecimiento; en cambio, raíces frescas de variedades con bajo contenido de cianuro son ávidamente consumidas y constituyen una excelente fuente de carbohidratos (Gómez, et al., 1976, 1981). Por tanto, las raíces de variedades con altos contenidos de cianuro deben de ser procesadas para eliminar la mayor parte del cianuro y poder ser eficientemente utilizadas por los animales domésticos.

#### Utilización de la yuca en alimentación de aves

En la mayoría de los países tropicales de América Latina, la industria avícola es el sector pecuario que consume la mayor proporción (60-70%) de los alimentos balanceados (Pachico y Lynam, 1981), por tanto, constituye el sector potencial más importante para utilizar la yuca en alimentación animal.

Existe abundante información en la literatura sobre el uso de la harina de yuca en alimentación de aves, tanto para pollos de engorde como para gallinas ponedoras. La mayoría de la información se refiere al uso de harina de raíces de yuca y en menor proporción al empleo de harina de hojas de yuca.

Se puede observar una gran variabilidad y falta de consistencia en lo referente a los niveles de harina de yuca recomendados para pollos de en-

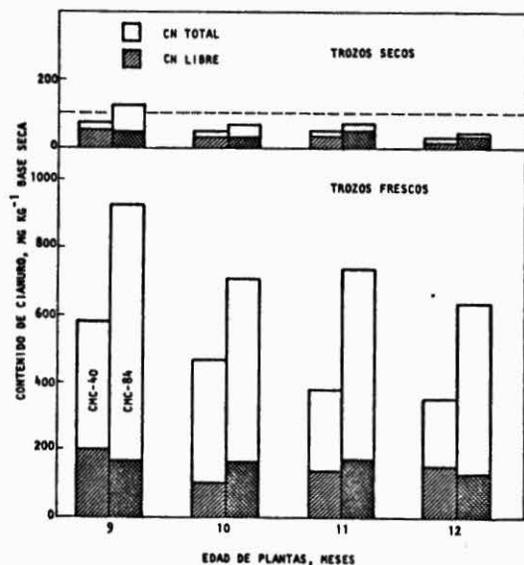


Fig. 1 Efecto del secado al sol (Pisos de concreto) sobre la reducción de cianuro en trozos de yuca.

Cuadro 2. Efecto del secado al sol o en horno sobre la eliminación del cianuro en trozos de yuca <sup>a/</sup>.

| Variedad  | Cianuro en trozos frescos |       | Tipo de secado      | Cianuro en trozos secos |       |
|-----------|---------------------------|-------|---------------------|-------------------------|-------|
|           | Total                     | Libre |                     | Total                   | Libre |
|           | ppm MS                    | %     |                     | ppm MS                  | %     |
| MCol 1684 | 955                       | 37    | Sol <sup>b/</sup>   | 114                     | 79    |
|           |                           |       | Horno <sup>b/</sup> | 185                     | 27    |
| MCol 113  | 290                       | 30    | Sol                 | 23                      | 83    |
|           |                           |       | Horno               | 51                      | 31    |

a. Raíces de plantas con 6 meses de edad.

b. Secado al sol sobre el piso de cemento y secado en horno a 60°C por 24 horas.

gorde. Algunos trabajos sugieren 10% de harina de yuca para las dietas del período de iniciación (0-4 semanas) y 20% para las dietas del período de finalización (4-6 u 8 semanas) (Vogt, 1966), mientras que otras investigaciones reportan resultados satisfactorios con niveles del orden de 30% (Montilla et al., 1969, 1975; Armas y Chicco, 1973; Enriquez et al., 1977) y aún del 50% (Olson et al., 1969; Tejada y Brambila, 1969; Enriquez y Ross, 1967; Chou y Müller, 1972; Armas y Chicco, 1973). Parte de esta variabilidad se debe a las diferentes condiciones experimentales empleadas, especialmente en lo referente al tipo de procesamiento al que fueron sometidas las raíces de yuca.

En la avicultura moderna la formulación de dietas, en especial para pollos de engorde, se hace utilizando programas de computación de costos mínimos, los cuales se basan en el precio y calidad de los ingredientes disponibles al momento de la formulación. En Colombia, por ejemplo, si se dispone de harina de yuca con un precio equivalente al 80% del precio del sorgo, la computadora indica que los rangos de uso de la harina de yuca deberán ser de alrededor del 25% de la dieta, substituyendo al sorgo y utilizando harina de pescado, torta de soya y torta de algodón como los alimentos o ingredientes proteicos. Los Cuadros 1A y 2A del Apéndice muestran composiciones de dietas con niveles de harina de yuca del orden de 20 y 30% para los períodos de iniciación y finalización, respectivamente.

Investigaciones recientes (Santos y colaboradores; Gómez y colaboradores, resultados no publicados) realizadas por el CIAT y la Universidad Nacional (Departamento de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en Palmira) han permitido demostrar lo siguiente:

- Las raíces de yuca con alto contenido de cianuro, como las variedades MCol 1684 y CMC-84, pueden ser procesadas y secadas al sol para producir trozos secos y luego harina de yuca con niveles de cianuro residual similares a los encontrados en los productos de raíces de variedades con bajos contenidos de cianuro.
- No se ha encontrado, por tanto, diferencias en los rendimientos de pollos de engorde alimentados con raciones conteniendo niveles similares de harina de yuca procedente de raíces de variedades llamadas amargas o dulces.
- Raciones con 20 y 30% de harina de yuca fueron consumidas en mayores cantidades y dieron mejores resultados en pollos de engorde, que las raciones con 10% de harina de yuca.
- Los resultados de las raciones a base de harina de yuca fueron similares a los obtenidos con raciones comerciales a base de sorgo (Cuadro 3).
- El incremento de un 5% de la energía metabolizable en raciones conteniendo 20 y 30% de harina de yuca mediante la adición de aceite vegetal produjo similares ganancias de peso y una ligera

Cuadro 3. Resultados de raciones conteniendo 20 y 30% de harina de yuca (HY) para pollos de engorde<sup>a/</sup>.

| Dietas experimentales | Peso promedio 8a. semana | Alimento | Alimento/Ganancia |
|-----------------------|--------------------------|----------|-------------------|
|                       | g                        | g        |                   |
| Comercial, 0% HY      | 2088                     | 4667     | 2.27              |
| Testigo, 0% HY        | 2048                     | 4611     | 2.29              |
| 20% HY                |                          |          |                   |
| Estandar              | 2153                     | 4798     | 2.27              |
| + 5% EM <sup>b/</sup> | 2167                     | 4717     | 2.21              |
| 30% HY                |                          |          |                   |
| Estandar              | 2077                     | 4638     | 2.27              |
| + 5% EM <sup>b/</sup> | 2141                     | 4657     | 2.21              |

<sup>a/</sup> Promedios de 144 pollos/grupo; cuatro replicaciones de 36 pollos c/u. Peso prom. inicial: 36 g.

<sup>b/</sup> Un incremento de 5% de energía metabolizable fue obtenido con la adición de aceite vegetal.

mejor conversión alimenticia (alimento/ganancia: 2.21 vs 2.27) que las dietas sin adición de aceite (Cuadro 3).

- f. Los pollos de engorde consumieron alrededor de 4,600-4,700 g de raciones balanceadas conteniendo 20 ó 30% de harina de yuca en un período de 8 semanas, al cabo de las cuales alcanzaron pesos vivos promedios de alrededor de 2,100 g (Cuadro 3).
- g. Los costos por concepto de ingredientes de las raciones a base de harina de yuca fueron ligeramente inferiores que los de raciones comerciales a base de sorgo, obteniéndose por tanto rendimientos económicos similares o algo mejores con las raciones conteniendo harina de yuca.

En base a estos datos, un lote o grupo de 1,000 pollos de engorde consumirían 4.7 toneladas de alimentos balanceados en un período de 8 semanas, de las cuales un 20 a 30% puede ser harina de yuca (940-1,400 kg). En caso de finalizar el engorde a las 6 semanas, el consumo de alimentos balanceados por cada 1,000 pollos se reduciría a 2.9 toneladas para obtener un peso promedio por pollo de alrededor de 1,500 g; en este caso la harina de yuca necesaria sería de 580-870 kg, para niveles de 20 y 30%, respectivamente.

Los niveles de harina de yuca para gallinas ponedoras son normalmente más altos que los empleados para pollos de engorde. La mayoría de experimentos han reportado niveles del orden del 40 al 60% e inclusive la sustitución total de los granos de cereales (~ 75%) por harina de yuca. Aunque existen ligeras diferencias entre los trabajos publicados sobre el particular (Temperton and Dudley, 1941; Falanghe, 1949; Enriquez and Ross, 1972; Hamid y Jalaludin, 1972; Jalaludin y Leong, 1973; Enriquez et al., 1977; Phalaraksh et al., 1978), en general, puede concluirse lo siguiente:

- Niveles de aproximadamente 50% de harina de yuca han dado resultados satisfactorios en raciones para gallinas, tanto en las etapas de iniciación y levante como en la etapa de postura.
- A esos niveles no se han observado efectos adversos en la producción de huevos, en el peso de los huevos, el espesor de la cáscara, en la conversión alimenticia y el peso de las aves.
- Con niveles de harina de yuca de hasta 25% de la ración de gallinas ponedoras no se observó un efecto notorio sobre el color de la yema de los huevos, pero niveles de inclusión más altos produjeron huevos con yemas pálidas o decoloradas.
- La adición de 2-3% de harina de hojas de yuca o de pigmentantes (xantofilas) sintéticos permiten corregir la decoloración de las yemas cuando se emplean niveles altos de harina de yuca para gallinas ponedoras.

Los resultados experimentales indican claramente que la harina de yuca de buena calidad puede substituir los granos de cereales a niveles del orden del 20 ó 30% y del 50% de la ración, para pollos de engorde y gallinas ponedoras, respectivamente. Los datos recientes indican además que se puede utilizar raíces aún de variedades con altos contenidos de cianuro, a condición de que sean adecuadamente procesadas para asegurar la máxima eliminación de este compuesto tóxico. Los niveles óptimos de empleo de la harina de yuca estarán en función del precio de este producto y de su calidad

#### Utilización de la yuca en alimentación porcina

La industria porcina europea es el sector pecuario que utiliza el mayor volumen de la yuca importada de Tailandia debido a que los niveles de harina de yuca a usarse en las raciones son mayores que los de las aves y el volumen de demanda es considerable por el alto grado de tecnología existente en la explotación de esta especie animal en Europa. En América Latina, el grado de tecnificación de la explotación porcina es muy bajo, en términos generales, comparado con el de la avicultura y a menudo se trata de explotaciones a nivel de subsistencia, las cuales no emplean alimentos balanceados. Sin embargo, durante las dos últimas décadas se han apreciado tendencias y planes de producción porcina a nivel comercial en varios países latinoamericanos tales como Brasil, México, Cuba, Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. La carne de cerdo en muchos países de la región es la segunda en orden de importancia del consumo total de carne por habitante, después de la carne de res. Una creciente demanda de alimentos balanceados para cerdos implicaría una mayor importancia de la producción de yuca para fines de alimentación animal como un producto nativo de las regiones tropicales que puede satisfactoriamente substituir en gran parte los granos de cereales.

La mayor información sobre utilización de yuca en alimentación animal es la que se refiere a la producción porcina, debido principalmente a la versatilidad de esta especie para consumir raíces de yuca frescas, ensiladas, harina de yuca e inclusive hojas de yuca. Gran parte de esta información ha sido obtenida en el CIAT como parte de las actividades del Programa de Producción Porcina y de la Sección de Utilización del Programa de Yuca (Maner, 1972; Job, 1975; Gómez et al., 1976, 1977, 1981; Gómez, 1977, 1979, 1981, 1982).

Tanto las raíces de yuca fresca como ensiladas requieren de un suplemento que aporte las proteínas, los minerales y las vitaminas necesarios para obtener una ración balanceada; un inadecuado o deficiente aporte de estos nutrientes producirá rendimientos pobres y antieconómicos. Este tipo de suplemento puede suministrarse separado de las raíces frescas de yuca, o de las raíces ensiladas, o puede mezclarse con ellas; sin embargo, debido al alto contenido de humedad de las raíces hay que tener cuidado en obtener una mezcla uniforme del suplemento con los trozos de las raíces. En lo posible, para evitar este problema, se aconseja suministrar el suplemento por separado en forma restringida, pero en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos. Los Cuadros 3A y 4A del Apéndice presentan la composición de algunos suplementos que han dado buenos resultados a nivel experi-

mental y una escala de las cantidades del suplemento y de la yuca fresca o ensilada requeridas según la edad y peso de los cerdos.

El Cuadro 4 presenta un resumen de las cantidades de yuca fresca y de los suplementos proteicos requeridos para los diferentes períodos del ciclo de vida del cerdo, en programas de alimentación porcina. Este programa de alimentación está basado en datos experimentales utilizando raíces de yuca de bajo contenido de cianuro, suministradas en forma de trozos o astillas y puede servir de guía para el uso de raíces ensiladas. Un aspecto interesante del Cuadro 4 es la diferencia de consumos de las raíces de yuca picadas y del suplemento proteico por los cerdos en crecimiento y acabado, según el contenido de proteína del suplemento. El consumo de yuca es mayor cuando el suplemento proteico (suministrado por separado y a libre escogencia) aporta mayores cantidades de proteína; simultáneamente, el consumo del suplemento disminuye (Job, 1975).

En regiones tropicales con elevada precipitación y alta humedad relativa ambiental es difícil secar las raíces picadas para producir harina de yuca. A menudo se cosechan las raíces según las necesidades, pero esto implica que el terreno no puede ser utilizado hasta haber cosechado todas las plantas. Una forma práctica para resolver estos problemas es conservar las raíces picadas en un silo. Los trozos de yuca pueden ser compactados en silos de trinchera cuando se requiera conservar cantidades considerables de yuca, o en bolsas de polietileno cuando se trata de cantidades pequeñas. Las experiencias en el CIAT con silos hechos de paredes de madera, revestidas de lámina metálica (2.3 m de largo, 1.5 m de ancho y 1.2 m de altura, para dar un volumen total de 4.1 m<sup>3</sup>) y montadas sobre piso de cemento han permitido conservar hasta cinco toneladas de trozos de yuca por un período de seis meses. La superficie de la masa ensilada fue cubierta con plástico sobre el cual se colocaron viruta y ladrillos para evitar la entrada de aire; la masa ensilada en esta forma ha sido evaluada con cerdos en crecimiento y acabado con resultados satisfactorios (Gómez et al., 1981).

La tendencia hacia las explotaciones comerciales de cerdos, aún a pequeña o mediana escala, resultará en una creciente demanda de alimentos balanceados y por tanto una mayor utilización de yuca en la forma de harina. La bibliografía existente sobre el uso de harina de yuca en alimentación porcina es muy extensa y por tanto se recomienda revisar algunas publicaciones que resumen datos experimentales de importancia práctica (Maner et al., 1967; Maner, 1972; Müller et al., 1972; Chou et al., 1973; Job, 1975; Gómez, 1977, 1979, 1981, 1982; Gómez et al., 1977, 1981; Khajarern, et al., 1977; Oke, 1978).

Algunos aspectos adicionales que merecen atención especial son los siguientes: la suplementación de metionina en raciones a base de harina de yuca; la preferencia de los animales, especialmente lechones, por las dietas con altos niveles de harina de yuca; la posibilidad de utilizar insumos de regiones tropicales como melaza de caña para combinarla con raciones a base de harina de yuca; y el empleo de formulación de dietas de costo mínimo.

Cuadro 4. Programas de alimentación porcina con raíces de yuca frescas<sup>a/</sup>

| Período                            | Peso vivo (kg) |          | Consumo total por animal, (kg) |                  | % Proteína en SP |
|------------------------------------|----------------|----------|--------------------------------|------------------|------------------|
|                                    | Inicial        | Final    | Yuca                           | SP               |                  |
| Crecimiento y acabado<br>(98 días) | 17             | 100      | 397                            | 115 <sup>b</sup> | 43               |
|                                    |                | 96       | 381                            | 72               | 43               |
|                                    | 21             | 86       | 175                            | 136 <sup>b</sup> | 20               |
|                                    |                |          | 269                            | 98 <sup>b</sup>  | 30               |
|                                    |                |          | 325                            | 74 <sup>b</sup>  | 40               |
| Pre-gestación (60 días)            | 95             | 110-120  | 240 <sup>c</sup>               | 36 <sup>c</sup>  | 40               |
| Gestación (114 días)               | Monta          | Parición | 194 <sup>d</sup>               | 46 <sup>d</sup>  | 40               |
|                                    | 110-120        | 150-160  | 353 <sup>e</sup>               | 71 <sup>e</sup>  | 40               |
| Lactancia (56 días)                | Parición       | Destete  | 364                            | 68               | 40               |
|                                    |                | 140-150  |                                |                  |                  |

- a. Valores obtenidos usando raíces frescas con bajo contenido de cianuro; los datos pueden servir de guía para el uso de raíces ensiladas.
- b. Suplemento proteico (SP) fue suministrado por separado; en los otros casos el suplemento y los trozos de yuca fueron mezclados.
- c. Valores estimados basados en consumos de 4.0 y 0.6 kg de yuca y del SP, respectivamente.
- d. Cerdas en pastoreo alimentadas con 1.7 y 0.4 kg de yuca y del SP, respectivamente.
- e. Cerdas en confinamiento alimentadas con 3.1 y 0.6 kg de yuca y de SP, respectivamente.

Cuadro 5. Comparación del consumo de raciones conteniendo diferentes niveles de harina de yuca por lechones. (a)

| Nivel de Harina de yuca <sup>b/</sup> | Período, días |       | Consumo total<br>14-56 días |
|---------------------------------------|---------------|-------|-----------------------------|
|                                       | 14-42         | 42-56 |                             |
|                                       | kg/camada     |       |                             |
| 0                                     | 1.8           | 14.7  | 16.5                        |
| 20                                    | 3.0           | 26.2  | 29.2                        |
| 40                                    | 12.4          | 39.1  | 51.5                        |
| Totales                               | 17.2          | 80.0  | 97.2                        |

- a. Promedios de 10 camadas de primer parto.

a. Suplementación de metionina

Por algún tiempo se ha venido especulando sobre la necesidad de suplementar metionina, en exceso a los requerimientos normales, en raciones con altos niveles de harina de yuca. Las razones de esta recomendación se basaban en los resultados de experimentos con ratas (Maner y Gómez, 1973) y en los bajos rendimientos reproductivos de cerdas gestantes alimentadas con raciones conteniendo harina de yuca (Gómez et al., 1976). Se asumía que la suplementación extra de metionina jugaba el doble papel de mejorar la calidad proteica de las raciones y ayudaba a detoxificar el cianuro residual presente en las harinas de yuca (Maner y Gómez, 1973).

Resultados recientes con raciones a base de harina de yuca para cerdas gestantes y lactantes (Gómez, 1977), y para cerdos en crecimiento (Gómez y colaboradores, resultados no publicados) indican claramente que en condiciones normales no se requiere adicionar más metionina que la necesaria para cubrir los requerimientos y que los resultados anteriores fueron debidos a la forma de manejo del sistema de suministro de las raciones (alimentación en grupo) durante el período de gestación. Suministrando las raciones en comederos individuales para cada cerda se ha demostrado que los rendimientos reproductivos fueron normales. La combinación de torta de soya, harina de pescado y torta de algodón cubre prácticamente las necesidades de metionina. Por otro lado, los resultados de secado de yuca al sol (Gómez, 1982) indican que el nivel de cianuro residual en las harinas de yuca es bastante bajo como para requerir la adición extra de compuestos, como la metionina, para detoxificarlo.

- b. Preferencias alimenticias de los lechones por raciones con harina de yuca

La etapa más crítica de la crianza porcina es el período de lactancia y de los resultados al destete depende en gran parte el éxito o fracaso y la rentabilidad de los períodos posteriores. El objetivo principal en este período es lograr el mayor peso al destete y para ello se requiere que los lechones consuman cantidades apreciables del alimento balanceado suministrado durante este período.

Estudios recientes en CIAT (Gómez et al., 1981) indican claramente que los lechones prefieren y consumen mayores cantidades de las raciones que contienen harina de yuca. Una ración con 40% de harina de yuca fue preferida y consumida por los lechones en mayor cantidad que las raciones conteniendo 20% de harina de yuca o que la ración a base de sorgo y torta de soya (0% harina de yuca) (Cuadro 5). Las tres raciones con 0, 20 y 40% de harina de yuca, cada una en comedero separado, estaban continuamente a disposición de los lechones durante el período experimental. Estos datos indican que las raciones a base de harina de yuca son más apetecidas y preferidas por los lechones y permiten obtener muy buenos resultados de rendimientos de las camadas al destete.

c. Harina de yuca y melaza de caña

En los países tropicales en donde el cultivo de la caña de azúcar es ampliamente difundido, la posibilidad de utilizar niveles altos de melaza de caña para substituir parcial y progresivamente algunos ingredientes energéticos básicos, ofrece la ventaja de mejorar la gustosidad de las raciones en las cuales se incluye, promoviendo un mayor consumo de las mismas y esperándose, como consecuencia, ganancias de peso rápidas y económicas. Para raciones a base de harina de yuca, la melaza permite además mejorar la presentación física de la ración reduciendo su apariencia polvorienta.

Una ración con 18% de proteína constituida de los siguientes ingredientes, expresados en %: harina de yuca, 59.5; torta de soya, 34.3; harina de huesos, 5.0; premezcla de minerales y vitaminas, 0.3; sal yodada, 0.6 y metionina, 0.3, puede ser mezclada con niveles crecientes de melaza de caña en las proporciones que se muestran en el Cuadro 6, para alimentar a cerdos durante los períodos de crecimiento y acabado (destete hasta peso de sacrificio). Con base en este programa de alimentación conforme se aumenta la cantidad de melaza se disminuye la cantidad de la ración con harina de yuca, de forma que el aporte de proteína se reduce progresivamente desde 17 hasta 12%, desde el inicio hasta el final del período de engorde, conforme los niveles de melaza se incrementan desde 5 hasta 35% de la ración total (Cuadro 6).

Los resultados de esta investigación se presentan en el Cuadro 7 y se compararon con los rendimientos de una ración testigo a base de maíz. Los cerdos alimentados con la ración a base de harina de yuca y niveles crecientes de melaza alcanzaron un peso vivo final más alto (97.6 vs 93.7 kg) y una semana antes que la ración testigo. Aunque con los precios actuales (1982) de los ingredientes básicos el costo de la alimentación es similar para ambos grupos, el grupo alimentado con el programa de alimentación a base de harina de yuca y niveles crecientes de melaza produciría mejores rendimientos en ganancia de peso y tiempo para alcanzar el peso de sacrificio y por tanto el beneficio económico sería mayor.

Estos resultados demuestran la factibilidad de utilizar eficientemente harina de yuca y melaza de caña como ingredientes básicos en alimentación porcina para substituir totalmente los granos de cereales; sin embargo, por el limitado aporte de proteínas por parte de ambos, la cantidad de torta de soya, o de otros alimentos proteicos, requerida será mayor que la que se necesita para complementar sorgo o maíz.

d. Harina de yuca y dietas de costo mínimo

La elaboración y formulación de alimentos balanceados para explotaciones porcinas comerciales se hace, al igual que para aves, en programas de computación de costo mínimo. Los cuadros 5A y 6A del Apéndice muestran la composición de dietas para cerdos obtenidas con harina de yuca, a un precio equivalente al 80% del precio del sorgo. En el caso de cerdos se puede apreciar que ingredientes como melaza de caña pueden ser incorporados en niveles mayores que los especificados para aves. Igualmente, los resulta-

Cuadro 6. Mezclas de una ración a base de harina de yuca y niveles crecientes de melaza de caña para engorde de cerdos.

| Rango de peso vivo | Tiempo  | Ración basal 18% Prot. | Melaza de caña | % Proteína en ración |
|--------------------|---------|------------------------|----------------|----------------------|
| kg                 | semanas | %                      | %              | %                    |
| 20-25              | 0-2     | 5                      | 95             | 17.1                 |
| 25-35              | 2-5     | 10                     | 90             | 16.2                 |
| 35-50              | 5-8     | 15                     | 85             | 15.3                 |
| 50-60              | 8-10    | 20                     | 80             | 14.4                 |
| 60-70              | 10-12   | 25                     | 75             | 13.5                 |
| 70-80              | 12-13   | 30                     | 70             | 12.6                 |
| 80-95              | 13-14   | 35                     | 65             | 11.7                 |

Cuadro 7. Utilización de harina de yuca con niveles crecientes de melaza para engorde de cerdos.

| Parámetro               | Testigo Maíz | Harina de yuca + melaza |
|-------------------------|--------------|-------------------------|
| No. días de prueba      | 119          | 112                     |
| Peso promedio/cerdo, kg |              |                         |
| Inicial                 | 17.3         | 16.9                    |
| Final                   | 93.7         | 97.6                    |
| Ganancia diaria, kg     | 0.64         | 0.72                    |
| Consumo total/cerdo, kg |              |                         |
| Ración total            | 228          | 265                     |
| Maíz o harina de yuca   | 189          | 121                     |
| Melaza                  | -            | 62                      |
| Torta de soya           | 28           | 70                      |

dos experimentales obtenidos con cerdos sugieren que las raciones para esta especie animal pueden incluir niveles de harina de yuca algo más altos que para aves.

Aunque en la práctica las raciones de costo mínimo para cerdos incluirían niveles de harina de yuca del orden de 30-40%, el Cuadro 8 presenta las cantidades de raciones requeridas para cada período del ciclo de vida del cerdo, utilizando harina de yuca como sustituto total de los granos de cereales y torta de soya como la única fuente proteica. La diferencia entre la adición de las cantidades de harina de yuca y de torta de soya y la cantidad de dieta total, está representada por los suplementos de minerales y vitaminas requeridos para cubrir las necesidades de estos nutrientes.

Cuadro 8. Cantidad de ración total e ingredientes básicos para un programa de alimentación con harina de yuca y torta de soya, para el ciclo de vida del cerdo (en kilogramos).

| Alimentos      | Crecimiento y acabado | Período                  |           |          |
|----------------|-----------------------|--------------------------|-----------|----------|
|                |                       | Pregestación y gestación | Lactancia |          |
|                |                       |                          | Cerda     | Lechones |
| Ración total   | 216                   | 428                      | 293       | 51       |
| Harina de yuca | 158                   | 311                      | 196       | 26       |
| Torta de soya  | 48                    | 97                       | 83        | 18       |

#### Utilización de yuca en alimentación de rumiantes - Yuca forrajera

Debido a su composición química, el uso más adecuado de las raíces de yuca y de sus productos derivados es en la alimentación de no-rumiantes, especialmente aves y cerdos. Por otro lado, la disponibilidad de vastas extensiones para producción de pastos hace que la explotación de ganado lechero y de carne, en gran parte de las regiones de América Latina, se realice en un sistema extensivo de pastoreo. Sin embargo, la tendencia en ciertas áreas a los sistemas intensivos de producción, especialmente para ganado lechero, permite considerar el empleo de productos derivados de la yuca en la alimentación de rumiantes.

Aunque la harina de raíces de yuca podría emplearse en la alimentación de terneros y en los suplementos para vacas lecheras de alta producción, uno de los potenciales del cultivo de la yuca para alimentación de rumiantes reside en la utilización de las hojas o follaje (hojas y tallos tiernos) de plantas sembradas para la producción de raíces. Estas partes de las plantas serían prácticamente un subproducto del cultivo de la yuca. Dependiendo de la parte de la planta que se aproveche, su composición química variará considerablemente. Si solamente se utilizaran las hojas, el contenido de proteína sería del orden de 23-28% en base seca, pero si se inclu-

yen los pecíolos y las ramas verdes apicales el contenido se reduciría a 18-21% de proteína; una relación inversa se apreciaría en el contenido de fibra que suele ser de alrededor de 9% para hojas solas, pero que aumenta a 20-25% cuando se incorpora toda la parte verde superior de la planta. La recolección de hojas solas demanda mucha mano de obra y la producción total de hojas varía considerablemente entre las diferentes variedades de yuca y puede ser afectada por factores climáticos (especialmente precipitación), edáficos y por ataque de plagas y enfermedades. Por tanto, el costo de producción de hojas de yuca, o de un producto seco (harina) mediante secado al sol, sería muy costoso como para justificar su obtención para alimentación de rumiantes; este tipo de producto podría ser empleado como un alimento proteico para monogástricos o como un alimento que aporte pigmentos naturales en raciones, especialmente cuando contengan altos niveles de harina de raíces de yuca, para gallinas ponedoras.

A pesar de que el follaje (hojas y tallos tiernos) de las plantas de yuca sembradas para producir raíces constituye un potencial relativamente poco explorado para la alimentación animal, se requieren más datos agronómicos para determinar las condiciones óptimas para obtener los máximos rendimientos. Aspectos como la posibilidad de podar por lo menos parte de la parte aérea durante el transcurso del ciclo vegetativo de la planta y los efectos sobre el rendimiento de las raíces así como la selección de variedades con elevada producción de follaje deberán ser estudiados con más detalle.

La producción de yuca forrajera representa el mayor potencial de utilización de este cultivo para la alimentación de rumiantes. Aumentando el número de plantas por hectárea a 111,000 mediante la siembra con espaciamiento de 30 x 30 cm se obtuvo un rendimiento de materia seca de más de 30 toneladas/ha durante un año, con cuatro cortes o cosechas (cada 90 días) de toda la parte aérea de la planta (Moore, 1976). Disminución del número de cosechas por año o de la cantidad de plantas por hectárea se reflejó en una reducción de la producción de forraje de yuca.

El forraje de yuca tiene un alto valor alimenticio para rumiantes. Harina de forraje de yuca utilizada para alimentar vacas lecheras ha demostrado tener un valor nutricional casi igual al del heno de alfalfa (Echandi, 1952). Combinaciones de 75-25 y 50-50% de pasto elefante y forraje de yuca fresco, respectivamente, produjeron mejores ganancias de peso en novillos de engorde que cuando se usó solamente pasto elefante (Moore, 1967) y estos resultados fueron producidos principalmente por el nivel proteico aportado por el forraje de yuca. La posibilidad de ensilar el forraje de yuca puede aumentar aún más su potencial de uso en explotaciones de ganadería intensiva.

La yuca forrajera puede igualmente secarse al sol para producir un heno y luego molerlo en harina; la composición química de este tipo de harina se mostró en el Cuadro 1 y se puede observar que su contenido de nutrientes se compara favorablemente con el del heno de alfalfa. Es posible utilizar niveles relativamente altos de harina de yuca forrajera en raciones de cerdas gestantes, pero debido a su alto contenido de fibra tiene sus li-

mitaciones de uso para cerdos en crecimiento o para pollos de engorde.

Recientemente se ha reportado que además de su contenido de cianuro, el forraje de yuca contiene taninos condensados, los cuales pueden reducir la digestibilidad de la proteína posiblemente como resultado de la formación de complejos taninos-proteína los cuales no son digeribles o por los efectos de los taninos sobre la actividad de las enzimas proteolíticas (Reed et al., 1982). La formación de complejos taninos-proteína sería de mayor importancia en la alimentación de rumiantes pues ocasionarían una reducción del valor proteico del forraje de yuca; los efectos inhibidores de los taninos sobre la utilización de la proteína de harina de follaje o de forraje de yuca sería de mayor relevancia para animales monogástricos y explicarían los resultados de evaluaciones nutricionales previamente realizadas con esta clase de productos en aves (Ross and Enriquez, 1969); cerdos (Gómez et al., 1981); y animales de laboratorio (Eggum, 1970).

Por las razones expuestas, es evidente que el potencial de uso de las raíces, del follaje y del forraje de yuca en la alimentación de rumiantes tiene grandes perspectivas futuras. La producción de yuca forrajera, sin embargo, requiere mayores estudios en lo referente a los aspectos agronómicos, los factores que pueden afectar su calidad nutricional y la rentabilidad de este tipo de cultivo comparada con los tradicionalmente usados para alimentación de rumiantes.

#### Conclusiones

Las raíces de yuca constituyen aproximadamente el 50% del peso total de las plantas al momento de la cosecha, entre los 9 y 12 meses de edad del cultivar. Las raíces pueden ser utilizadas en su totalidad para alimentación animal, especialmente para aves y cerdos, en la forma de harina, la cual se obtiene después de picar las raíces completas en trozos o astillas, secarlos al sol y luego moliendo los trozos secos para incorporarlos como harina en los alimentos balanceados. Las raíces frescas o ensiladas pueden también ser utilizadas para la alimentación de cerdos y de ganado.

El follaje de yuca representa el 10-15% del peso total de la planta y puede ser utilizado como follaje fresco para la alimentación de ganado. El follaje seco constituye una fuente apreciable de proteínas que puede ser usado en la alimentación de aves y cerdos. La alta concentración de pigmentos naturales en este producto lo constituye en un suplemento de estos compuestos para la alimentación de gallinas ponedoras, especialmente cuando las raciones contienen altos niveles de harina de raíces de yuca. La parte leñosa del tallo es normalmente utilizada para la obtención de estacas, las cuales son usadas para la propagación vegetativa del cultivo.

A pesar de las cualidades nutricionales de las diferentes partes de la planta de yuca, en especial de las raíces, su utilización en alimentación animal en la mayoría de países de América Latina es relativamente restringida. Una de las razones que explica esta situación es el alto precio de las raíces frescas resultante de una limitada producción del cultivo con miras al abastecimiento de raíces para consumo humano. Las perspectivas

de incrementar la utilización del cultivo para alimentación animal serán hechas realidad cuando se logren incrementos de producción que resulten en precios de la materia prima suficientemente bajos que permitan su procesamiento para este mercado. Variedades de alto rendimiento y prácticas agronómicas que se orienten a aumentar la productividad del cultivo parecen ser estrategias tan o más promisorias que la de aumentar el área del cultivo.

A nivel de utilización, los factores más importantes a considerar son el precio de la harina o producto de yuca a usarse y su calidad, en términos comparativos con los ingredientes que substituiría en los alimentos balanceados. En América Latina, el mercado más atractivo para el uso de la harina de raíces de yuca en alimentación animal es la avicultura y en menor grado la porcicultura. Para los efectos de substitución es necesario considerar que la harina de yuca tendría un precio equivalente al 80-85% del precio del sorgo o del maíz; en caso de que el precio de la harina fuera menor se podría incrementar los niveles de inclusión en las raciones de animales domésticos, especialmente de cerdos.

Aunque la utilización de las raíces para alimentación animal es uno de los mercados alternativos de mayor importancia económica para limitar la creciente importación de granos de cereales, existen otros usos que de acuerdo a las condiciones de cada lugar pueden eventualmente ser tan o más rentables que el de la alimentación animal. Estudios de la factibilidad económica de los programas de desarrollo agro-industrial del cultivo orientados a satisfacer la demanda de la producción pecuaria deben ser realizados a nivel local o regional para estimar sus probabilidades de éxito.

## BIBLIOGRAFIA

- Armas, A.E. y C.F. Chicco. 1973. Evaluación de la harina de yuca (Manihot esculenta) en raciones para pollos de engorde. Agronomía Tropical (Venezuela) 23,593-599.
- Bruijn, G.H. de. 1973. The cyanogenic character of cassava (Manihot esculenta). In Nestel, B. and R. MacIntyre, ed. Chronic Cassava Toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. Ottawa. International Development Research Centre. IDRC-010e, 43-48.
- Coursey, D.G. and D. Halliday. 1974. Cassava as animal feed. Outlook Agric. 8,273.
- Chou, K.C. and Z. Müller. 1972. Complete substitution of maize by tapioca in broiler rations. In Australasian Poultry Science Convention, Auckland, 1972. Proceedings New Zealand, World's Poultry Science Association, 149-160.
- Chou, K.C., K.C. Nah and Z. Müller. 1973. Replacement of maize by high level of tapioca meal in rations for growing and finishing pigs. Kajian Veterinaire (Malaysia-Singapore) 5,3-10.
- Echandi, M.O. 1952. Valor de la harina de hojas y tallos deshidratados de yuca en la producción de leche. Turrialba 2,166-169.
- Eggum, B.O. 1970. The protein quality of cassava leaves. British J. Nutrition. 24,761-768.
- Enriquez, V.F., C. Arteaga F. y E. Avila G. 1977. Harina de yuca (Manihot esculenta) en dietas para pollos de engorde y gallinas de postura. Técnica Pecuaria (México). 32,53-57.
- Enriquez, F.Q. and E. Ross. 1967. The value of cassava root meal for chicks. Poultry Science 46, 622-626.
- Enriquez, F.Q. and E. Ross. 1972. Cassava root meal in grower and layer diets. Poultry Science 51,228-232.
- Falanghe, O. 1949. Substituição dos farelms de trigo por farelos de arroz e mandioca na alimentação de poedeiras. Biológico 15,35-38.
- Gómez, G. 1977. Life-cycle swine feeding systems with cassava. In Nestel, B. and M. Graham, ed., Cassava as animal feed: proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 18-20 April 1977, International Development Research Centre. IDRC-095e,65-71.
- Gómez, G. 1979. Cassava as a swine feed. World Animal Review. 29,13-20.
- Gómez, G. 1981. Evolução de Pesquisas com Mandioca para Alimentação Animal no Centro Internacional de Agricultura Tropical. En Simpósio sobre Usos Alternativos da Mandioca-Ração Animal, EMBRAPA/CNPMP, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, 29 Septiembre - 1 Octubre, 1981. 18p.
- Gómez, G. 1982. Cassava, cyanide and animal nutrition. In Workshop on Cassava Toxicity and Thyroid: Research and Public Health Issues, held at Ottawa, May 31-June 2, 1982. International Development Research Centre. In press.
- Gómez, G., C. Camacho y J.H. Maner. 1976. Utilización de yuca fresca y harina de yuca en alimentación porcina. En Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Acapulco, México, 8-12 Marzo 1976., 91-102.
- Gómez, G., C. Camacho and J.H. Maner. 1977. Utilization of cassava-based diets in swine feeding. In Cock, J.H., R. MacIntyre and M. Graham, ed., Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, CIAT, Colombia, 1-7 August 1976. International Development Research Centre, Ottawa, IDRC-080e,262-266.
- Gómez, G., J. Santos y M. Valdivieso. 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.,31p.
- Hamid, K. and S. Jalaludin. 1972. Utilization of tapioca in rations for laying poultry. Malaysian Agricultural Research 1,48-53.
- Jalaludin, S. and S.K. Leong. 1973. Response of laying hens to low and high levels of tapioca meal. Malaysian Agricultural Research 2,47-51.
- Job, T.A. 1975. Utilization and protein supplementation of cassava for animal feeding and the effect of sulphur sources on cyanide detoxification. Dept. Animal Science, University of Ibadan, Nigeria (Ph.D. Thesis).
- Khajarer, S., J.M. Khajarer, N. Kitpanit and Z.O. Müller. 1977. Cassava in the Nutrition of Swine. In Nestel, B. and M. Graham, ed. Cassava as animal feed: proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 18-20 April, 1977. International Development Research Centre. IDRC-095e, 56-64.
- Maner, J.H. 1972. La yuca en la alimentación de cerdos. En Seminario sobre Sistemas de Producción de Porcinos en América Latina, Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia, 18-21 Septiembre 1972, 189-227.
- Maner, J.H., J. Buitrago and I. Jiménez. 1967. Utilization of yuca in swine feeding. In Proceedings 1st Intern. Symposium on Tropical Root Crops, St. Augustine, Trinidad, 62-71.

- Maner, J.H. and G. Gómez. 1973. Implications of cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations. In Nestel, B. and R. MacIntyre, ed., *Chronic Cassava Toxicity: proceedings of an interdisciplinary workshop*, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, IDRC-010e, 113-120.
- Montilla, S.J. de J., C.R. Méndez y H. Wiedenhofer. 1969. Utilización de la harina de tubérculo de yuca, *Manihot esculenta*, en raciones iniciadoras para pollos de engorde. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 19, 381-388.
- Montilla, J., P.P. Castillo y H. Wiedenhofer. 1975. Efecto de la incorporación de harina de yuca amarga en raciones para pollos de engorde. *Agronomía Tropical (Venezuela)*, 25, 259-266.
- Moore, P.C. 1976. Uso del forraje de yuca en la alimentación de rumiantes. En *Memoria del Seminario Internacional de Ganadería Tropical*, Acapulco México, 8-12 Marzo 1976. 47-62.
- Müller, Z., K.C. Chou, K.C. Nah and T.K. Tan. 1972. Study on nutritive value of tapioca in economic rations for growing-finishing pigs in the tropics. *UNDP/FAO Report*. 35p.
- Oke, O.L. 1978. Problems in the use of cassava as animal feed. *Animal Feed Science and Technology* 3, 345-380.
- Olson, D.W., M.L. Sunde and H.R. Bird. 1969. Amino acid supplementation of mandioca meal in chick diets. *Poultry Science* 48, 1949-1953.
- Pachico, D. and J.K. Lynam. 1981. Cassava Production, Marketing and Utilization. In *Latin American Agriculture: Trends in CIAT Commodities*. Internal Document Econ. 1.6, May 1981. 69-124.
- Phalaraksh, K., C. Nikornkit, J.M. Khajarern and S. Chongsai. 1978. The economic replacement of maize by cassava root meal in starter, grower, developer and layer diets. In *Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Cassava/Nutrition Project; Annual Report 1977*. Khon Kaen, Thailand, 63-80.
- Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. Ottawa. International Development Research Centre, IDRC-020e, 182p.
- Reed, J.D., R.E. McDowell, P.J. Van Soest and P.J. Horvath. 1982. Condensed Tannins: A factor limiting the use of cassava forage. *J.Sci.Food Agric.* 33, 213-220.
- Ross, E. and F.O. Enríquez. 1969. The nutritive value of cassava leaf meal. *Poultry Science* 48, 846-853.
- Tejada de H., I. y S. Brambila. 1969. Investigación acerca del valor nutritivo de la yuca para el pollito. *Técnica Pecuaria (México)* 12-13, 5-11.
- Temperton, H. and F.J. Dudley. 1941. Tapioca meal as food for laying hens. *Harper Adams Utility Poultry Journal* 26, 55-56.
- Vogt, H. 1966. The use of tapioca meal in poultry rations. *World's Poultry Science J.* 22, 113-125.
- Wood, T.J. 1965. The cyanogenic glucoside content of cassava and cassava products. *J.Sci.Food Agric.* 16, 300.

APENDICE

Cuadro 1A. Raciones de iniciación (0-4 sem) de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para pollos de engorde.

| Precio <sup>a/</sup> | Ingrediente                    | Niveles de harina de yuca, %    |       |       |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------|-------|
|                      |                                | 0                               | 20    | 30    |
|                      |                                | Porcentajes                     |       |       |
| \$/kg                |                                |                                 |       |       |
| 15                   | Sorgo                          | 67.09                           | 44.32 | 32.94 |
| 12                   | Harina de yuca                 | ...                             | 20.00 | 30.00 |
| 29                   | Torta de soya                  | 21.52                           | 22.68 | 23.25 |
| 35                   | Harina de pescado-65           | 8.00                            | 8.00  | 8.00  |
| 38                   | Sebo animal                    | 0.44                            | 1.89  | 2.62  |
| 14                   | Harina de huesos-vapor         | 2.24                            | 2.38  | 2.45  |
| 10                   | Sal                            | 0.25                            | 0.25  | 0.25  |
| 168                  | Premezcla comercial            | 0.20                            | 0.20  | 0.20  |
| 280                  | Metionina                      | 0.11                            | 0.13  | 0.14  |
| 300                  | Coccidiostato                  | 0.10                            | 0.10  | 0.10  |
| 228                  | Antibiótico                    | 0.05                            | 0.05  | 0.05  |
|                      |                                | <u>Nutrientes calculados, %</u> |       |       |
|                      | Proteína                       | 22.13                           | 21.18 | 20.70 |
|                      | Calcio                         | 0.93                            | 0.97  | 0.99  |
|                      | Fósforo                        | 0.50                            | 0.50  | 0.50  |
|                      | Fósforo disponible             | 0.24                            | 0.25  | 0.26  |
|                      | Lisina                         | 1.20                            | 1.20  | 1.20  |
|                      | Metionina                      | 0.50                            | 0.50  | 0.50  |
|                      | Energía metabolizable, kcal/kg | 2,950                           | 2,950 | 2,950 |
|                      | Costo, \$/kg                   | 20.67                           | 20.62 | 20.59 |

<sup>a/</sup> Precios a Junio 1982 (1 US\$ = 60 pesos colombianos).

Cuadro 2A. Raciones de finalización (4-8 sem) de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para pollos de engorde.

| Precio <sup>a/</sup> | Ingrediente                    | Niveles de harina de yuca, %    |       |       |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------|-------|
|                      |                                | 0                               | 20    | 30    |
|                      |                                | porcentaje                      |       |       |
| \$/kg                |                                |                                 |       |       |
| 15                   | Sorgo                          | 70.94                           | 48.17 | 36.79 |
| 12                   | Harina de yuca                 | ...                             | 20.00 | 30.00 |
| 29                   | Torta de soya                  | 19.55                           | 20.70 | 21.28 |
| 35                   | Harina de pescado-65           | 5.00                            | 5.00  | 5.00  |
| 38                   | Sebo animal                    | 1.07                            | 2.53  | 3.25  |
| 14                   | Harina de huesos-vapor         | 2.65                            | 2.79  | 2.85  |
| 10                   | Sal                            | 0.32                            | 0.32  | 0.32  |
| 168                  | Premezcla comercial            | 0.20                            | 0.20  | 0.20  |
| 280                  | Metionina                      | 0.13                            | 0.15  | 0.16  |
| 300                  | Coccidiostato                  | 0.10                            | 0.10  | 0.10  |
| 228                  | Antibiótico                    | 0.05                            | 0.05  | 0.05  |
|                      |                                | <u>Nutrientes calculados, %</u> |       |       |
|                      | Proteína                       | 19.67                           | 18.72 | 18.25 |
|                      | Calcio                         | 0.88                            | 0.92  | 0.94  |
|                      | Fósforo                        | 0.48                            | 0.48  | 0.48  |
|                      | Fósforo disponible             | 0.28                            | 0.29  | 0.30  |
|                      | Lisina                         | 1.00                            | 1.00  | 1.00  |
|                      | Metionina                      | 0.45                            | 0.45  | 0.45  |
|                      | Energía metabolizable, kcal/kg | 3,000                           | 3,000 | 3,000 |
|                      | Costo \$/kg                    | 19.98                           | 19.92 | 19.89 |

<sup>a/</sup> Precios a Junio 1982 (1 US\$ = 60 pesos colombianos).

Cuadro 3A. Composición de suplementos proteicos para utilizarse con raíces de yuca fresca o ensilada

| Ingrediente                           | Algodón + soya | Soya | Algodón + H. Pescado | H. Pescado | porcentaje |  |  |  |
|---------------------------------------|----------------|------|----------------------|------------|------------|--|--|--|
|                                       |                |      |                      |            |            |  |  |  |
| Torta de algodón (42.9) <sup>a/</sup> | 44             | ...  | 48.5                 | ...        |            |  |  |  |
| Torta de soya (48.8)                  | 44             | 88   | ...                  | ...        |            |  |  |  |
| Harina de pescado (53.9)              | ...            | ...  | 48.5                 | 97         |            |  |  |  |
| Harina de huesos                      | 9              | 9    | ...                  | ...        |            |  |  |  |
| Sal                                   | 2              | 2    | 2                    | 2          |            |  |  |  |
| Premezcla comercial                   | 1              | 1    | 1                    | 1          |            |  |  |  |
| <b>Nutrientes calculados, %</b>       |                |      |                      |            |            |  |  |  |
| Proteína                              | 41.0           | 43.6 | 47.5                 | 52.3       |            |  |  |  |
| Calcio                                | 2.02           | 2.04 | 5.2                  | 11.5       |            |  |  |  |
| Fósforo disponible                    | 1.14           | 1.12 | 2.2                  | 5.6        |            |  |  |  |

<sup>a/</sup> Números en paréntesis indican cantidad de proteína.

Cuadro 4A. Cantidad de suplemento proteico (42% proteína) a suministrarse diariamente con raíces de yuca frescas o ensiladas, para cerdos en crecimiento y acabado.

| Rango     | SP  | Aporte proteína | Yuca fresca o ensilada <sup>a/</sup> |
|-----------|-----|-----------------|--------------------------------------|
| Peso vivo |     |                 |                                      |
| kg        | g   | g               | kg                                   |
| 15-20     | 500 | 210             | 1.0-1.2                              |
| 20-35     | 600 | 252             | 1.2-2.5                              |
| 35-50     | 700 | 294             | 2.5-3.5                              |
| 50-70     | 800 | 336             | 3.5-4.5                              |
| 70-95     | 950 | 400             | 4.5-6.0                              |

<sup>a/</sup> La cantidad de yuca fresca o ensilada se establecerá de acuerdo al consumo diario observado; las cantidades indicadas pueden servir de guía.

Cuadro 5A. Raciones de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca para cerdos en crecimiento y acabado.

| Precio <sup>a/</sup>            | Ingrediente                 | Niveles de harina de yuca en raciones de |       |         |       |
|---------------------------------|-----------------------------|--|-------|---------|-------|
|                                 |                             | Crecimiento                              |       | Acabado |       |
|                                 |                             | 0  | 30    | 0       | 30    |
| porcentajes                     |                             |  |       |         |       |
| \$/kg                           |                             |  |       |         |       |
| 15                              | Sorgo                       | 66.90                                    | 35.50 | 71.45   | 37.83 |
| 7                               | Melaza                      | 10.00                                    | 10.00 | 15.00   | 15.00 |
| 12                              | Harina de yuca              | ...                                      | 30.00 | ...     | 30.00 |
| 30                              | Torta de soya               | 3.64                                     | 5.48  | 0.29    | ...   |
| 21                              | Torta de algodón            | 12.00                                    | 11.46 | 5.71    | 9.38  |
| 33                              | Harina de pescado           | 5.00                                     | 5.00  | 5.00    | 5.00  |
| 14                              | Harina de huesos-vapor      | 1.32                                     | 0.95  | 1.88    | 1.00  |
| 2                               | Carbonato de calcio         | 0.49                                     | 0.96  | 0.03    | 0.71  |
| 10                              | Sal                         | 0.39                                     | 0.39  | 0.39    | 0.39  |
| 160                             | Premezcla comercial         | 0.20                                     | 0.20  | 0.20    | 0.20  |
| 240                             | Antibióticos                | 0.05                                     | 0.05  | 0.05    | 0.05  |
| 38                              | Sebo animal                 | ...                                      | ...   | ...     | 0.43  |
| <b>Nutrientes calculados, %</b> |                             |  |       |         |       |
|                                 | Proteína                    | 16.86                                    | 15.36 | 13.16   | 12.18 |
|                                 | Calcio                      | 0.84                                     | 0.96  | 0.80    | 0.89  |
|                                 | Fósforo total               | 0.62                                     | 0.64  | -0.60   | 0.60  |
|                                 | Fósforo disponible          | 0.14                                     | 0.10  | 0.20    | 0.10  |
|                                 | Lisina                      | 0.70                                     | 0.70  | 0.50    | 0.50  |
|                                 | Metionina                   | 0.29                                     | 0.26  | 0.23    | 0.22  |
|                                 | Energía digestible, MCal/kg | 3.15                                     | 3.15  | 3.15    | 3.15  |
|                                 | Costo, \$/kg                | 16.67                                    | 15.96 | 15.45   | 14.74 |

<sup>a/</sup> Precios a inicios de 1982 (1 US\$ = 60 pesos colombianos).

Cuadro 6A. Raciones de costo mínimo conteniendo harina de yuca para cerdas lactantes y lechones.

| Precio <sup>a/</sup>            | Ingrediente                 | Niveles de harina de yuca<br>en raciones para |            |          |       |
|---------------------------------|-----------------------------|---|------------|----------|-------|
|                                 |                             | Cerdas lactantes                              |            | Lechones |       |
|                                 |                             | 0   | 30         | 0        | 40    |
|                                 |                             |   | porcentaje |          |       |
| 15                              | Sorgo                       | 67.30   | 30.40      | 65.29    | 20.94 |
| 12                              | Harina de yuca              | ...   | 30.00      | ...      | 40.00 |
| 7                               | Melaza                      | 13.00   | 15.00      | 5.00     | 5.00  |
| 21                              | Torta de algodón            | 8.00  | 8.00       | 5.00     | 5.00  |
| 35                              | Harina de pescado           | 5.00  | 5.00       | 5.00     | 5.00  |
| 29                              | Torta de soya               | 4.20  | 8.50       | 15.61    | 19.32 |
| 14                              | Harina de huesos-vapor      | 1.53  | 0.95       | 1.53     | 0.95  |
| 2                               | Carbonato de calcio         | 0.22  | 0.98       | 0.85     | 1.10  |
| 55                              | Grasa vegetal               | ...   | 0.55       | 1.06     | 1.99  |
| 10                              | Sal                         | 0.40  | 0.40       | 0.39     | 0.39  |
| 128                             | Premezcla comercial         | 0.20  | 0.20       | 0.20     | 0.20  |
| 228                             | Antibiótico                 | 0.05  | 0.05       | 0.05     | 0.05  |
| 280                             | Metionina                   | 0.017   | 0.029      | 0.029    | 0.053 |
| <b>Nutrientes calculados, %</b> |                             |   |            |          |       |
|                                 | Proteína                    | 15.54   | 15.00      | 19.30    | 18.00 |
|                                 | Calcio                      | 0.80  | 1.00       | 1.00     | 1.00  |
|                                 | Fósforo total               | 0.60  | 0.61       | 0.62     | 0.65  |
|                                 | Fósforo disponible          | 0.16  | 0.10       | 0.16     | 0.10  |
|                                 | Lisina                      | 0.65  | 0.73       | 0.95     | 1.00  |
|                                 | Metionina                   | 0.28  | 0.28       | 0.35     | 0.35  |
|                                 | Energía digestible, MCal/kg | 3.15  | 3.15       | 3.27     | 3.33  |
|                                 | Costo, \$/kg                | 16.37   | 16.09      | 18.80    | 18.35 |

<sup>a/</sup> Precios a Marzo de 1982 (1 US\$ = 60 pesos colombianos).