

57612
ARCHIV
AHLUWA
59613

toxicidad de la yuca y tiroides: aspectos de investigación y salud

trabajos de
un seminario
celebrado en
Ottawa, Canadá,
mayo 31–junio 2, 1982



Editores: F. Delange y R. Ahluwalia

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá con el objeto de apoyar la investigación destinada a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Su actividad se concentra en cinco sectores: ciencias agrícolas, alimentos y nutrición; ciencias de la salud, ciencias de la información, ciencias sociales, y comunicaciones. El Centro es financiado exclusivamente por el Parlamento de Canadá, sin embargo, sus políticas son trazadas por un Consejo de Gobernadores de carácter internacional. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, África, Asia y el Medio Oriente.

©International Development Research Centre 1984
Postal Address Box 8500, Ottawa, Canada K1G 3H9
Head Office: 60 Queen Street, Ottawa, Canada

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID
Oficina Regional para América Latina y el Caribe
Apartado Aéreo 53016, Bogotá, D.E., Colombia

Delange, F.
Ahluwalia, R.

IDRC-207s

Toxicidad de la yuca y tiroides : aspectos de investigación y salud : trabajos de un seminario celebrado en Ottawa, Canadá, mayo 31-junio 2, 1982. Ottawa, Ont., IDRC, 1984. 152 p. : il.

/Publicación CIID/, /mandioca/, /toxicidad/, /sistema endocrino/, /enfermedades endémicas/, /nutrición humana/, /salud pública/ — /régimen alimentario/, /epidemiología/, /investigación agrícola/, /nutrición animal/, /procesamiento de producto agrícola/, /educación sanitaria/, /retraso mental/, /consumo alimentario/, /informe de reunión/, /recomendación/, /lista de participantes/.

CDU: 616.441-006.5:633.68

ISBN: 0-88936-404-4

Se dispone de edición microficha

This publication is also available in English.

Il existe également une édition française de cette publication.

TOXICIDAD DE LA YUCA Y TIROIDES: ASPECTOS DE INVESTIGACIÓN Y SALUD

Trabajos de un seminario celebrado en
Ottawa, Canadá, mayo 31-junio 2, 1982

Editores: F. Delange¹ y R. Ahluwalia²

ARCHIV
AHLUWA
59613

¹Profesor Asistente, Servicio de Radioisótopos, Hôpital Saint Pierre, Bruselas, Bélgica.

²Antiguo Director Asociado, División de Ciencias de la Salud, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá.

Abstract

This publication reports on the proceedings of a meeting on the relationship between the consumption of cassava and thyroid condition in humans. The meeting brought together scientists from the medical, agricultural, and public health sectors to (1) review results of IDRC-supported studies on the role of cassava in the etiology of endemic goitre and cretinism; (2) review research activities on agricultural aspects of cassava; (3) exchange information on methodologies and findings of other related studies; and (4) identify special priorities for research and make recommendations for public health programs. Continued research in these areas will go a long way toward preventing and controlling endemic goitre and its accompanying developmental abnormalities, which remain a major public health problem for populations in developing countries.

Résumé

Cette publication est un résumé des actes d'un atelier qui a porté sur les relations entre la consommation de manioc et les troubles thyroïdiens chez l'homme. L'atelier a rassemblé des spécialistes de la médecine, de l'agriculture et de l'hygiène publique pour (1) examiner les résultats des études subventionnées par le CRDI sur le rôle du manioc dans l'étiologie du goitre endémique et du crétinisme; (2) passer en revue les travaux de recherche sur les aspects du manioc intéressant l'agriculture; (3) échanger des informations sur la méthodologie et les résultats d'études dans des domaines connexes; et (4) définir les priorités de recherche et faire des recommandations touchant les programmes d'hygiène publique. La poursuite des travaux de recherche dans ces domaines contribuera grandement à prévenir et à contrôler le goitre endémique qui, par les anomalies de développement dont il est la cause constitue toujours un grand danger pour les populations des pays en développement.

Contenido

Prefacio 5

La Yuca y el Bocio Endémico

Papel de la Yuca en la Etiología del Bocio Endémico y del Cretinismo
A.M. Ermans, P. Bourdoux, J. Kinthaert, R. Lagasse, K. Luivila, M. Mafuta, C.H. Thilly, y F. Delange 7

Factores Alimenticios Relacionados con la Acción Bociogénica de la Yuca
F. Delange, P. Bourdoux, E. Colinet, P. Courtois, P. Hennart, R. Lagasse, M. Mafuta, P. Seghers, C. Thilly, J. Vanderpas, Y. Yunga, y A.M. Ermans 16

Papel de Otros Bociógenos Naturales en la Etiología del Bocio Endémico
Eduardo Gaitán 26

Discusión: la Yuca y el Bocio Endémico 34

Aspectos de Salud Pública y Nutrición del Bocio y del Cretinismo Endémicos

Aspectos de Salud Pública y Nutricionales del Bocio Endémico y del Cretinismo en Asia *N. Kochupillai y V. Ramalingaswami* 43

Aspectos de Salud Pública y Nutricionales del Bocio y el Cretinismo Endémicos en los Países Africanos *M. Bernmiloud, H. Bachtarzi, y M.L. Chaouki* 49

Consideraciones Alimenticias y de Salud Pública Relacionadas con el Bocio y el Cretinismo Endémicos en América del Sur *José R. Varea Terán* 56

Aspectos Higiénicos y Alimenticios del Bocio Endémico en Nepal — Resumen
K.B. Singh 63

El Bocio Endémico en el Estado de Sarawak, Malasia *Tan Yaw Kwang* 65

Consumo de Yuca, Bocio Endémico y Desnutrición en Costa Rica
Leonardo Mata, Emilice Ulate, Sandra Jiménez, y Carlos Díaz 70

El Cretinismo Endémico en la Región Andina: Nuevos Enfoques Metodológicos
Ignacio Ramírez, Marcelo Cruz, y José Varea 74

El Consumo de Yuca, la Pancreatitis Calcificante Tropical y la Diabetes Pancreática
P.J. Geevarghese 78

Discusión: Aspectos de Salud Pública y Nutricionales del Bocio y del Cretinismo Endémicos 80

Panorama de la Producción y Uso de la Yuca

El Consumo y la Producción de Yuca: un Resumen *Truman P. Phillips* **85**

Utilización de la Yuca en la Comunidad Europea *D. Renshaw* **91**

Investigación Agrícola sobre Yuca

Investigaciones sobre Yuca Encaminadas a Superar las Limitaciones a su Producción y Utilización en Africa *S.K. Hahn* **95**

Investigaciones Agrícolas sobre la Yuca en Asia y Australia
Gerard H. de Bruijn **105**

Discusión: Visión de Conjunto de la Producción y Utilización de la Yuca y de las Investigaciones Agrícolas sobre este Tubérculo **110**

Tendencias de la Investigación Animal y Genética en Relación con la Yuca

La Yuca, el Cianuro y la Alimentación Animal *Guillermo Gómez* **111**

Toxicidad de la Yuca sobre la Tiroides Animal *Olumide O. Tewe* **116**

Necesidad de Reducir la Cianogenesis de la Yuca *Gerard H. de Bruijn* **121**

Discusión: Tendencias de la Investigación Animal y Genéticas en Relación con la Yuca **125**

Procesamiento de la Yuca y Educación en Nutrición

Tratamiento y Detoxificación de la Yuca *O.L. Oke* **131**

Métodos Tradicionales para Detoxificar la Yuca y Educación Nutricional en Zaire *P. Bourdoux, O. Seghers, M. Mafuta, J. Vanderpas, M. Vanderpas-Rivera, F. Delange, y A.M. Ermans* **136**

Efectos del Procesamiento de la Yuca sobre el Cianuro Residual *Rodney D. Cooke* **140**

Discusión: Procesamiento de la Yuca y Educación Nutricional **145**

Conclusiones y Recomendaciones **147**

Participantes **149**

Glosario de términos **151**

La Yuca, el Cianuro y la Alimentación Animal

Guillermo Gómez¹

La yuca es el tubérculo más importante y la principal fuente de calorías en las áreas rurales de baja altitud en los países tropicales. Los habitantes de estas regiones consumen raíces de yuca peladas, frescas o procesadas. En algunas regiones tropicales se consumen las hojas de la yuca, que también sirven de alimento para animales. Las raíces enteras, frescas o procesadas (secas, ensiladas) se emplean a menudo en la alimentación animal (Gómez 1979).

Las variedades de yuca se clasifican en: "dulce" y "amarga" de acuerdo con el bajo o alto contenido de cianuro de las raíces. Sin embargo, el contenido de cianuro en las raíces de las diferentes variedades estudiadas es muy variable (Joachim y Pandittesekere 1944; de Bruijn 1973; Muthuswamy et al. 1973; Cooke et al. 1978b; Gómez et al. 1980). El contenido de cianuro no sólo parece ser afectado por las diferencias entre las variedades, sino por algunos otros factores como la edad de la planta, la parte analizada, y los factores ambientales como condiciones de los suelos, y temperaturas. (Bolhuis 1954; de Bruijn 1973).

El 90% del cianuro contenido en las raíces y tejidos de la yuca se encuentra principalmente como linamarina, un glucósido cianogénico (Nartey 1978); el resto es cianuro libre. Al procesar las raíces, el cianuro combinado se convierte en cianuro libre; los productos procesados contienen, por tanto, mucho menos cianuro que las raíces frescas.

En este artículo se analizan brevemente (1) algunos factores que afectan al contenido de cianuro en las raíces, como la variedad y edad de las plantas; (2) los efectos que tiene el secado de las raíces sobre la eliminación del cianuro, y (3) los resultados de experimentos con animales alimentados con harinas de yuca de variedades bajas y altas en cianuro.

Efectos de la Variedad y la Edad de las Plantas sobre el Contenido de Cianuro en las Raíces de la Yuca

Al analizar las raíces de variedades de yuca producidas en condiciones edafoclimáticas prácticamente idénticas se observó que a una determinada edad el contenido de cianuro era muy variable (Gómez et al. 1980). La mayor concentración de cianuro se observó en el tejido parenquimatoso o la pulpa de plantas de un año de la variedad MCol 1684 (825 mg/kg, con base en peso seco); el contenido de cianuro en las raíces de otras nueve variedades estudiadas oscilaba entre 49 y 221 mg/kg (Cuadro 1). Con excepción de la variedad CM 305-38, las variedades locales tenían un menor contenido de cianuro en el parénquima de la raíz.

La corteza de la raíz contiene más cianuro que el parénquima (Cuadro 1). Se analizaron 10 variedades y se observó que la corteza de la raíz contenía 2-48 veces más cianuro que el parénquima.

Cuadro 1. Contenido total de cianuro (mg/kg, con base en material seco) en los tejidos de la raíz (parénquima y corteza) de 10 variedades de yuca (cosechadas a los 12 meses).

Variedad	Cianuro total		Proporción del contenido total de cianuro (corteza/parénquima)
	Parénquima	Corteza	
Llanera (local)	73	3210	44
Valluna (local)	52	407	8
MCol 22	88	4229	48
MVen 218	120	2987	25
MCol 1684	825	1450	2
CM 305-38	49	1962	40
CM 321-188	147	3879	26
CM 323-375	221	2876	13
CM 326-407	100	2373	24
CM 342-55	106	1942	18

Fuente: Gómez et al. (1980).

¹Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

En el parénquima el contenido de cianuro de las variedades MCol 22, Llanera y CM 305-38 es relativamente bajo (49-88 mg/kg); pero en la corteza de la raíz los valores oscilaban entre 1962 y 4229 mg/kg. Tanto en la corteza como en el tejido parenquimatoso, la proporción de cianuro libre oscilaba entre 5-17% del contenido total de cianuro (Gómez et al. 1980). Esto confirma que la mayor parte del cianuro es glucósido cianogénico (Nartley 1978).

Estudios recientes sobre los efectos de la edad de las plantas (9-12 meses) sobre el contenido de cianuro de las raíces indican que la concentración de cianuro en el parénquima parece ser el parámetro más estable, prácticamente independiente de la edad de la planta. Al comparar los resultados de dos variedades, una que contiene mucho cianuro y otra que contiene poco, se observó que del noveno al duodécimo mes de vida el contenido de cianuro en el parénquima de las raíces de la variedad CMC-84 era aproximadamente el triple del de la variedad CMC-40 (623 ± 25 vs. 234 ± 10 mg/kg, con base en peso seco) (CIAT 1981). La edad de las plantas afectaba la concentración de cianuro en la corteza de la raíz de ambas variedades. Los valores disminuían progresivamente del noveno al duodécimo mes de vida. La disminución era más pronunciada en las raíces de la variedad CMC-40. La variedad CMC-40 está clasificada entre las variedades que contienen poco cianuro; sin embargo, se observó que el contenido de cianuro en la corteza de la raíz era muy elevado (~ 5000 mg/kg), sobre todo en las plantas de 9 meses.

El cianuro contenido en los trozos frescos disminuía progresivamente del noveno al duodécimo mes, de modo similar a lo observado respecto al cianuro contenido en la corteza de la raíz. A los doce meses, se observó que en los trozos frescos de las variedades CMC-40 y CMC-84 el cianuro total se había reducido al 61 y 66% respectivamente del nivel observado a los 9 meses (Cuadro 2) (CIAT 1981).

Los resultados antes mencionados indican que

el contenido de cianuro en el parénquima de la raíz depende de la variedad y que las raíces de las variedades locales que se consumen habitualmente contienen poco cianuro. La edad de las plantas no parece afectar el contenido de cianuro del parénquima, aunque influye sobre el contenido de cianuro en la corteza de la raíz.

Efectos del Secado de Trozos de la Raíz sobre la Eliminación del Cianuro

El secado de trozos de la raíz de la yuca reduce considerablemente el contenido de cianuro de las raíces. El método de secado más práctico es el secado al sol sobre pisos de concreto (Than et al. 1979); sin embargo, en menor escala, el secado sobre recipientes de madera es más rápido (Best 1979).

El secado al sol se ve afectado por factores climáticos como la temperatura ambiente, la intensidad de la radiación solar, la humedad relativa, y la velocidad de los vientos. La duración del período de secado depende además de las dimensiones y formas de los trozos, del volumen de carga (cantidad de trozos frescos dividido por la superficie del área de secado).

Se realizó una comparación entre el secado al sol sobre piso de concreto y dos tasas de carga (10 y 12 kg/m²) y el secado sobre bandejas inclinadas con tres tasas de carga (10, 15 y 20 kg/m²) (CIAT 1981). En el experimento se utilizaron raíces de las variedades CMC-40 y CMC-84 de plantas de 15 meses de edad. Con las tasas de carga estudiadas, se observó que el secado sobre el piso reducía el contenido de cianuro más eficientemente que el secado en bandejas (Fig. 1). Cuando la tasa de carga de las bandejas se aumentaba a 20 kg/m², las pérdidas de cianuro eran más elevadas que las obtenidas con tasas de carga menores, especialmente con la variedad CMC-84 con alto contenido de cianuro. La proporción de cianuro libre en los trozos

Cuadro 2. Efectos de la edad de las plantas sobre el contenido de cianuro de trozos frescos de raíces de las variedades CMC-40 y CMC-84.

Edad de las plantas (meses)	CMC-40		CMC-84	
	Cianuro total (mg/kg, materia seca)	Cianuro libre (% del total)	Cianuro total (mg/kg, materia seca)	Cianuro libre (% del total)
9 ^a	584	32	980	18
10	459	24	750	23
11	379	35	723	24
12	355	42	646	20

^aValores promedio de 14 muestras (CMC-40) y 17 muestras (CMC-84); todos los otros valores son las medias de 18 muestras.

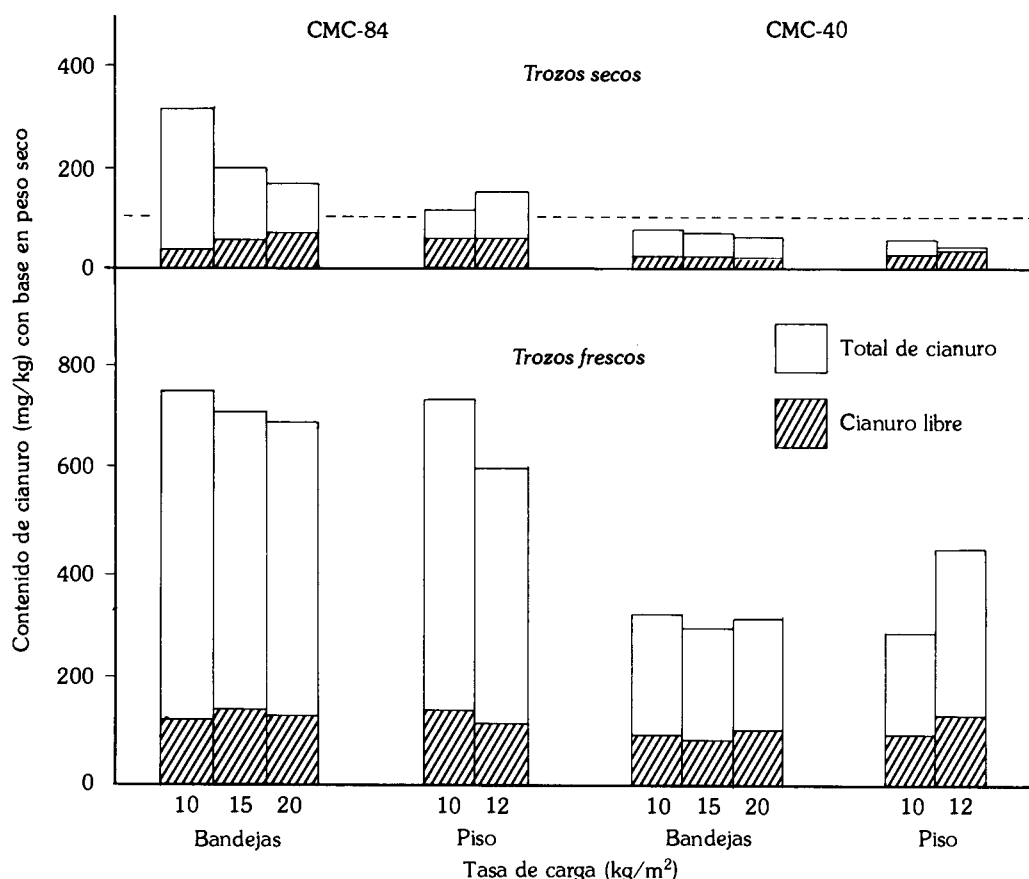


Fig. 1. Efectos de la tasa de carga sobre la reducción del cianuro en trozos secados sobre bandejas de madera y sobre piso de concreto.

secos parece aumentar progresivamente al aumentarse las tasas de carga en las bandejas. La variedad CMC-40, baja en cianuro, produjo trozos secos con niveles de cianuro menores de 100 mg/kg con base en peso seco (norma establecida en el mercado europeo para la yuca importada) incluso con tasas altas de carga y secado tanto en piso como en bandejas. Con variedades alta en cianuro no fué posible, sin embargo, obtener este bajo nivel.

Se cosechó un número suficiente de plantas de 14 meses de cada variedad; las raíces se cortaron a máquina, y se determinó el contenido de cianuro de los trozos frescos. El contenido de cianuro total en la variedad MCol 1684 se elevó casi a 900 mg/kg; mientras que el contenido de las dos variedades locales fue el más bajo (137-173 mg/kg) (Cuadro 3). Los trozos frescos de todas las variedades contenían más cianuro que el parénquima o la corteza de la raíz; los niveles

de cianuro libre oscilaban entre 24 y 48% del cianuro total.

Los trozos frescos de estas variedades se seca-

Cuadro 3. Contenido de materia seca y de cianuro (total y libre) en trozos frescos de raíces de 10 variedades de yuca (cosechadas a los 14 meses).

Variedad	Peso seco (%)	Cianuro total (mg/kg, en base al peso seco)	Cianuro libre (%)
Llanera (local)	31,4	173	24
Valluna (local)	23,9	137	28
MCol 22	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 et al., datos inéditos.

ron al sol sobre bandejas inclinadas o en un horno de aire forzado a 60°C durante 24 horas (Gómez et al., datos inéditos). Se utilizó una carga de 10 kg/m² para ambos tipos de desecamiento. Los trozos secados al horno a 60° presentaron menos cianuro que los secados al sol. Exceptuando a las raíces de la variedad MCol 1684 secadas al horno, ningún trozo contenía más de 100 mg/kg. El cianuro residual (cianuro total en los trozos secos/cianuro total en los trozos frescos × 100) en los trozos secados en horno oscilaba entre 13-21%, comparado con 20-30% de los trozos de las mismas variedades secados al sol. Aproximadamente 60-80% del cianuro total en los trozos secados por cualquiera de estos métodos estaba en forma de cianuro libre.

Los datos sobre secado indican que el secado al sol sobre piso de concreto, en horno a 60°C y, en menor grado, en bandejas inclinadas, permite una reducción del contenido total de cianuro del orden del 10-30% del contenido inicial de los trozos frescos. Además, alrededor del 60-80% del cianuro en los trozos secos es cianuro libre.

Pruebas de Alimentación Animal con Harina de Variedades de Yuca con Alto y Bajo Contenido de Cianuro

Se ha obtenido bastante información sobre el uso de la yuca en la alimentación animal (Nestel y Graham 1977) y sobre diferentes aspectos de la toxicidad de este tubérculo (Nestel y MacIntyre 1973). Sin embargo, muy poco se ha reportado sobre los efectos reales del contenido de cianuro de los productos derivados de la yuca, aunque se le han atribuido los pobres resultados de algunos experimentos. Esta falta de información se debe,

en parte, a que no existe una metodología adecuada para los análisis del cianuro; sin embargo, el perfeccionamiento de un método enzimático (Cooke 1978; Cooke et al. 1978; 1978a) ha permitido lograr estimativos más precisos y reproducibles que otras metodologías empleadas anteriormente.

Para determinar como influye el cianuro de la yuca sobre el desarrollo animal, se realizaron varios experimentos con ratas, cerdos y pollos en crecimiento, alimentados con harinas de yuca procedentes de variedades altas y bajas en cianuro.

En un experimento de 28 días de duración, se alimentaron ratas en crecimiento con una ración balanceada que suministraba 20% de proteína cruda y consistente en harina de yuca (40-42%), harina de soya (37-39%), celulosa (5%), aceite de maíz (10%), y vitaminas y minerales (5%). Los resultados se resumen en el Cuadro 4. En la producción de las harinas de yuca se utilizaron las variedades MCol 1684f y Valluna (MCol 113). El crecimiento de los animales y la ingestión de alimento fueron similares para las dos variedades así como para los dos sistemas de secado (al sol y artificial). La diferencia observada en el contenido de cianuro no afectó significativamente el desempeño de las ratas durante el transcurso del experimento.

Los experimentos realizados con pollos mostraron que dietas económicas, preparada con 10 y 20% de harina de yuca elaborada con variedades altas y bajas en cianuro, arrojaban resultados similares (Cuadro 5). En realidad, las dietas que contenían 20% de harina de yuca produjeron resultados superiores a los obtenidos con dietas que contenían 10% de harina de yuca. Esto parece indicar que no hay efectos tóxicos visibles a estos niveles (Santos, J., et al., datos inéditos).

En los experimentos con cerdos en crecimiento (17-50 kg) alimentados con raciones que contenían 74% de harina de yuca se demostró que los

Cuadro 4. Efectos del secado al sol y en horno de trozos de raíces de variedades bajas y altas en cianuro sobre el valor nutritivo de la harina de yuca, en experimentos realizados con ratas en crecimiento.

Variedad de yuca	Harina de yuca		Resultados con ratas ^a		
	Cianuro total (mg/kg, material seco)	Cianuro libre (%)	Ganancia total de peso (g)	Total consumido de la ración (g)	Ración/ganancia
MCol 113					
SS ^b	30	60	156	446	2.86
SH ^c	16	72	144	404	2.81
MCol 1684					
SS	182	77	148	403	2.72
SH	122	72	158	415	2.63

Fuente: Gómez et al., en preparación.
^aMedias de 8 ratas/grupo; promedio de peso corporal inicial = 43.7 g; duración del período experimental = 28 días.
^bSS = secado al sol.
^cSH = secado en horno.

Cuadro 5. Efectos de la harina de yuca, elaborada con variedades altas y bajas en cianuro, sobre la alimentación de pollos^a.

Porcentaje de harina	MCol 113			MCol 1684		
	Ganancia de peso final (g)	Consumo de ración (g)	Ración/ganancia	Ganancia de peso final (g)	Consumo de ración (g)	Ración/ganancia
0 ^b	1977	4346	2,2	—	—	—
10	1714	3982	2,3	1655	4018	2,4
20	1804	4264	2,4	1796	4213	2,3

Fuente: Santos, J. et al., datos inéditos.

^aCada uno de los valores es el promedio de un grupo de 140 pollos, a lo largo de un período de 8 semanas.

^bRación comercial sin harina de yuca.

animales consumían menos harina cuando ésta provenía de una variedad alta en cianuro que cuando la harina estaba elaborada con una variedad baja en cianuro (Job 1975). La diferencia en el consumo se tradujo en una diferencia significativa en el aumento promedio de peso al día. En experimentos recientes se ha observado que los patrones de consumo de los cerdos con dietas que contienen 30% de harina de yuca con contenido de cianuro tanto alto como bajo varía según el peso corporal inicial de los animales. Los cerdos más gordos (~21 kg) consumían mayor cantidad de la ración con harina de yuca alta en cianuro; lo contrario se observó en los grupos de cerdos más livianos (~17 kg) (Gómez et al., datos inéditos). Es necesario realizar estudios adicionales para determinar qué efecto tiene el cianuro residual en la harina de yuca sobre la palatabilidad de las raciones para cerdos.

La información disponible sobre la yuca como alimento animal sugiere que los procesos normales de secado permiten reducir considerablemente el contenido de cianuro de las raíces a un nivel relativamente bajo en la harina, el que aparentemente no tiene efectos tóxicos cuando se la incorpora a dietas balanceadas para animales en crecimiento.

Best, R. 1979. Cassava drying. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, Series 05EC-4, 24 p.

Bolhuis, G.G. 1954. The toxicity of cassava roots. Netherlands Journal of Agricultural Science, 2, 176-185.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1981. Annual report. CIAT, Cali, Colombia.

Cooke, R.D. 1978. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Journal of the Science of Food and Agriculture, 29, 345-352.

Cooke, R.D., Blake, G.G., y Battershill, J.M. 1978a. Purification of cassava linamarase. Phytochemistry, 17, 381-383.

Cooke, R.D., Howland, A.K., y Hahn, S.K. 1978b. Screening cassava for low cyanide using an enzymatic

assay. Experimental Agriculture, 14, 367-372.

de Bruijn, G.H. 1973. The cyanogenic character of cassava (*Manihot esculenta*). En Nestel, B. y MacIntyre, R., ed., Chronic Cassava Toxicity: Proceedings of an Interdisciplinary Workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, IDRC-010e, 43-48.

Gómez, G. 1979. Cassava as a swine feed. World Animal Review, 29, 13-20.

Gómez, G., de la Cuesta, D., Valdivieso, M., y Kawano, K. 1980. Contenido de cianuro total y libre en parénquima y cáscara de raíces de diez variedades promisorias de yuca. Turrialba, 30, 361-365.

Joachim, A.W.R. y Pandittesekere, D.G. 1944. Investigations of the hydrocyanic acid content of manioc (*Manihot utilisima*). Tropical Agriculturist, 100, 150-163.

Job, T.A. 1975. Utilization and protein supplementation of cassava for animal feeding and the effects of sulphur sources on cyanide detoxification. Department of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria, Tesis de doctorado, 519 p.

Muthuswamy, P., Krishnamoorthy, K.K., y Raju, G.S.N. 1973. Investigations on the hydrocyanic acid content of tapioca (*Manihot esculenta* Crantz) tubers. Madras Agricultural Journal, 60, 1009-1010.

Nartey, F. 1978. *Manihot esculenta* (cassava). Cyanogenesis, ultrastructure and seed germination. Munksgaard, Copenhagen, Dinamarca, 262 p.

Nestel, B. y Graham, M., ed. 1977. Cassava as animal feed: Proceedings of a workshop held at the University of Guelph, 18-20 April 1977. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, IDRC-095e, 147 p.

Nestel, B. y MacIntyre, R., ed. 1973. Chronic cassava toxicity: Proceedings of an interdisciplinary workshop, London, England, 29-30 January 1973. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, IDRC-010e, 162 p.

Thanh, N.C., Muttumara, S., Lohani, B.N., Rao, B.V.P.C., y Burintratikul, S. 1979. Optimization of drying and pelleting techniques for tapioca roots. Asian Institute of Technology, Bangkok, Tailandia, Final Report No. III, 119 p.