

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, Africa, 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. Delange<sup>1</sup> y R. Ahluwalia<sup>2</sup>**

ARCHIV  
AHLUWA  
59613

<sup>1</sup>*Profesor Asistente, Servicio de Radioisótopos, Hôpital Saint Pierre, Bruselas, Bélgica.*

<sup>2</sup>*Antiguo 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**

# Efectos del Procesamiento de la Yuca sobre el Cianuro Residual

Rodney D. Cooke<sup>1</sup>

## Importancia del Cianuro Residual Combinado y Libre

La yuca es uno de los pocos cultivos cuyo contenido de cianuro puede causar problemas alimenticios. Esto se debe a que la yuca contiene linamarina y lotaustralina, glucósidos cianogénicos que al destruirse el tejido se hidrolizan en cianuro hidrogenado por la linamarasa, enzima endógena (Conn 1969; Nartey 1978).

La toxicidad del cianuro en el ser humano y en los animales alimentados con yuca es un problema bien conocido (Oke 1968; Osuntokun et al. 1969; Coursey 1973; Ermans et al. 1980). Sin embargo, es difícil apreciar su importancia, ya que pocos de los datos publicados permiten relacionar los efectos de la ingestión de cianuro con los parámetros de salud. No es fácil determinar la ingestión de cianuro en diferentes regiones: en la mayoría de los estudios solo se menciona el contenido de yuca en el régimen alimenticio. En parte, esto se debe a las limitaciones inherentes a los métodos tradicionales de análisis empleados para determinar el contenido total (potencial) de cianuro en la yuca y sus productos derivados (Cooke 1978, 1979).

A esto debe añadirse que no se está seguro de las toxicidades relativas del cianuro libre (no glicosídico) y combinado (glucósidos cianogénicos) (Montgomery 1969). Este es un factor importante, ya que estas dos formas de cianuro responden muy diferentemente al tratamiento de la yuca. Hasta hace poco se suponía que la toxicidad de la yuca y de los productos derivados de este tubérculo estaba asociada con el cianuro libre, 50-60 mg del cual constituyen una dosis letal para el humano adulto. Se creía en un principio que en los mamíferos, los glucósidos cianogénicos tenían poca importancia si las enzimas hidrolíticas de la yuca estaban inactivadas. Últimamente se ha

considerado la posibilidad de que ocurra hidrólisis durante la digestión y se ha demostrado que en las ratas dosis orales de linamarina pura producen cambios fisiológicos y bioquímicos incluso si los alimentos no contienen linamarasa (Philbrick et al. 1977; Barrett et al. 1978).

Los estudios realizados con seres humanos son más complejos que los experimentos realizados con animales, ya que las personas tenían un estado nutricional pobre, lo que hace más difícil diferenciar los efectos del consumo de yuca. Por otra parte, los aspectos de la toxicidad crónica están íntimamente vinculados con otros problemas nutricionales. Los mecanismos de detoxificación del cianuro (Westley 1981) aumentan la necesidad de aminoácidos esenciales que contienen azufre. Además, el tiocianato, uno de los productos de la detoxificación, inhibe la absorción del yodo y causa bocio (Ermans et al. 1980).

En resumen, es difícil determinar hasta qué punto el cianuro es tóxico en los animales, debido a la dificultad de medir el consumo de esta sustancia. En el caso de las investigaciones con seres humanos, se añaden las limitaciones inherentes a la medición de los efectos de la toxicidad del cianuro sobre la salud. Para resolver el primero de estos problemas, en el Instituto de Productos Tropicales se perfeccionó un método de análisis enzimático para determinar el contenido de cianuro en la yuca y en los productos derivados que permiten determinar rápidamente la proporción de cianuro, libre y combinado.

## Dificultades Relacionadas con el Análisis del Cianuro Contenido en la Yuca

### Métodos de Análisis Corrientes

Los métodos de análisis autolíticos o químicos tradicionalmente empleados para determinar los

<sup>1</sup>Microbiology and Fermentation Section, Tropical Products Institute, Londres, Inglaterra.

glucósidos cianogénicos que contiene la yuca se realizan en tres pasos: (1) hidrólisis de los glucósidos cianogénicos; (2) aislamiento del cianuro liberado de la mezcla (destilación al vapor o aspiración); y (3) determinación del cianuro.

Durante las dos primeras etapas pueden ocurrir reacciones incompletas, errores, y reacciones secundarias (Wood 1966, Zitnak 1973). Esto podría explicar las divergencias de opinión que aparecen en gran número de artículos (Coursey 1973) en que se describen los efectos de diferentes prácticas agronómicas y diferentes condiciones de almacenamiento y procesamiento sobre el contenido de cianuro de la yuca. Con el análisis enzimático se logra la hidrólisis rápida y cuantitativa de los glucósidos cianogénicos y se elimina la necesidad de la destilación al vapor o aspiración (Cooke 1978, 1979). Con ligeras variaciones, el procedimiento de análisis permite determinar el cianuro total, el cianuro no glicosídico (libre) y el HCN (Cooke 1978; Cooke y De La Cruz 1982b).

### Problemas del Muestreo de Yuca

En muchos informes se discuten los efectos de diversas prácticas agronómicas sobre el contenido de cianuro de la yuca, pero en pocos se describen los métodos de muestreo utilizados en las investigaciones (Zitnak 1973). Un estudio de tres variedades (de Bruijn 1971) indicó gradientes longitudinales y radiales en las raíces peladas. Cooke (1978) analizó ocho variedades; su estudio confirma que el gradiente radial es especialmente importante. En algunos casos, la concentración de cianuro en el parénquima exterior (cercano a la corteza) ha sido más de 10 veces la de las porciones centrales. El gradiente longitudinal es menos profundo, pero cuando el muestreo ignora estos dos gradientes, los resultados pueden ser muy engañosos.

Los análisis de 43 raíces de nueve plantas de dos clones cultivados bajo las mismas condiciones (Cooke et al. 1978), indicaron que existe también una considerable variación de una raíz a otra. Por lo tanto, en todo estudio agronómico, es esencial tomar muestras representativas de las raíces y las plantas.

### Efectos del Procesamiento sobre el Contenido de Cianuro de la Yuca: Procedimientos Simples Aplicados a Pedazos de Yuca

Para reducir la toxicidad de las raíces, darles mejor sabor, y convertirlas en productos estables,

se emplean varios métodos tradicionales que combinan secado, remojo, hervor y fermentación de las raíces; todos ellos permiten reducir el contenido total de cianuro. Coursey (1973) y Nartey (1978) analizaron muchos estudios anteriores en que se empleaban estas técnicas; los resultados se obtuvieron con métodos de análisis tradicionales.

### Deshidratación

Al secar con una corriente de aire trozos pequeños de raíces peladas de yuca se encontró que entre el 25-30% del cianuro combinado se eliminaban a temperaturas de 47 y 60°C. (Fig. 1). La pérdida marginalmente superior a 47°C es resultado del mayor período de tiempo que toma el alcanzar la humedad requerida para que la enzima sea activa. La desecación más rápida a 80°C o 100°C, produjo disminución del cianuro combinado de sólo 10-15% (Cooke y Maguagwu 1978). A 47°C, las pérdidas de cianuro libre eran 80%, elevándose al 85% a 60°C (Fig. 1) y a más de 95% a temperaturas más altas. El índice de pérdida de cianuro libre es complejo (Fig. 1), ya que está en función de tres procesos: (1) pérdida de cianuro hidrogenado volátil; (2) pérdida y degra-

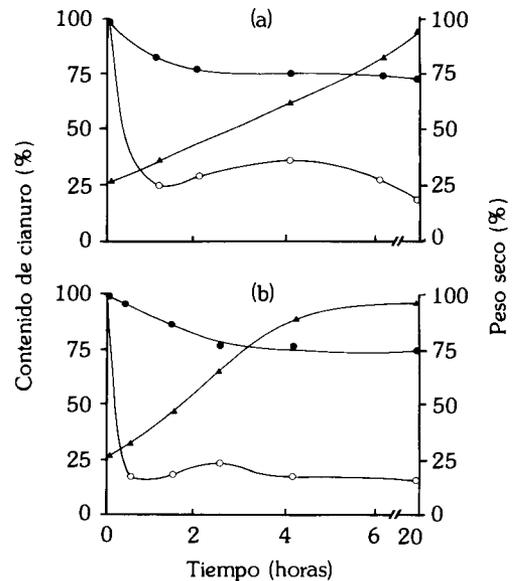


Fig. 1. Efectos del secado a 46,5°C (a) y a 60°C (b) sobre las concentraciones del cianuro en los trocitos de yuca (con base en el peso seco). Cianuro libre (no glucosídico) (o), porcentaje de la concentración inicial, cianuro combinado (●); contenido de materia seca (Δ).

dación de las cianohidrininas menos volátiles; y (3) producción endógena de cianohidrininas durante las etapas iniciales del secado, debido a la acción de la linamarasa endógena.

En las raíces frescas y en los trocitos almacenados durante varias horas la fracción no glicosídica del cianuro total es generalmente del 10% o menos (Cooke 1978). Por lo tanto, con el secado al aire se logra disminuir poco el contenido total de cianuro. El secado al sol es más lento y permite obtener mayores pérdidas del cianuro combinado; esto está de acuerdo con los resultados de los experimentos realizados con el método de secado al aire, en que se observó una relación inversa entre el coeficiente de secado y la pérdida de cianuro (Cooke y Maduagwu 1978).

Cuando se emplea el método del análisis enzimático, las pérdidas de cianuro durante la deshidratación son generalmente menores a las observadas en estudios anteriores. Paula y Rangel (1939) reportaron pérdidas del 85% con el método de secado al horno. Charavanapavan (1944) informó pérdidas del 90%, y Tewe et al. (1978) informaron pérdidas del 43% y del 94% al secar al horno muestras ralladas de variedades dulces y amargas.

## Hervor en Agua

El cianuro libre contenido en los trocitos frescos se elimina rápidamente con agua hirviendo (más del 90% en 15 minutos). El cianuro combinado disminuye mucho más lentamente; cuando los trocitos están bien cocinados (más de 25 minutos) se elimina 55% del cianuro combinado (Cooke y Maduagwu 1978). Los informes anteriores sobre los efectos del hervor sobre las pérdidas de cianuro son muy variables: Raymond et al. (1941) y Paula y Rangel (1939) informaron pérdidas de 90-100%; Joachim y Pandittesekere (1944) y Pieris et al. (1974) observaron pérdidas del 50-80%; de Bruijn (1971) informó solo 10%.

## Remojado (Lixiviación) en Agua

Cuando se revuelve rápidamente en agua fría durante cuatro horas, el cianuro combinado se reduce muy poco; sin embargo, esto permite eliminar 90% del cianuro libre y la mayoría de éste se encontraba en el agua. Cuando se revuelve toda la noche (18 horas) a la temperatura ambiente en el trópico, se observa una marcada disminución del cianuro combinado, que va acompañada de una baja en el pH y de un olor acre, que acompaña el comienzo de la fermentación (Akinrele 1964). El contenido de cianuro libre aumenta, debido quizás a la actividad de la linamarasa endógena que se deriva de la desintegración celular o de la actividad de la glucosidasa microbiana.

Estos estudios del tratamiento simple de los trozos de yuca (en los estudios se emplearon pedazos pequeños cuyas dimensiones promedio eran 40mm x 8,2mm x 6,8mm) indican que las concentraciones de cianuro combinado residual (glucósido cianogénico) son mayores de lo que habían indicado estudios anteriores. En muchos métodos tradicionales de elaboración se utilizan los pedazos de yuca; esto subraya la necesidad de investigar los efectos de la toxicidad crónica del cianuro residual combinado. En otros métodos tradicionales de elaboración, se utilizan tejidos desintegrados u homogenizados en los que el cianuro combinado se convierte rápidamente en cianuro no glicosídico. En las siguientes secciones se describen las diferencias en el índice de pérdida de cianuro cuando se procesan los homogenados.

## Extracción del Almidón de la Yuca

En muchos países tropicales, el almidón de la yuca se extrae tradicionalmente en pequeña escala. Las raíces lavadas húmedas se muelen; el almidón se extrae en bandejas vibratorias, o en tanques de mezcla; el almidón se sedimenta en cana-

Cuadro 1. Concentraciones de cianuro en las diferentes etapas de la extracción del almidón.

Etapas	Contenido de humedad (%)	Materia seca (kg)	Concentración de cianuro (mg/100g con base en peso seco)	Proporción de cianuro en forma libre (%)	Cantidad de cianuro (%)
Raíces frescas	61,0	100	40,9	14	40,9 (100) <sup>a</sup>
Raíces molidas	72,8	100	35,4	81	35,4 (86,6)
Residuos	85,3	28,4	13,2	87	3,74 (9,1)
Agua de lavado	93,8	11,9	229,4	100	27,30 (66,7)
Almidón verde	44,7	73,9	1,4	96	1,04 (2,5)
Almidón seco	8,6	71,7	0,4	59	0,29 (0,7)

Fuente: Arguedas y Cooke (1982).

<sup>a</sup>Los valores en paréntesis son las cantidades de cianuro en cada etapa, expresadas como porcentaje del contenido en el material en bruto.

les de madera o tanques de concreto y el producto se seca al sol. Usualmente utilizan plantas entre 8 y 20 meses de edad. La concentración de cianuro en las raíces es similar en este rango de edades (Cooke y De La Cruz 1982b). En el Cuadro 1 se puede apreciar cómo se comporta el cianuro durante el proceso de extracción del almidón.

Gran parte de los glucósidos cianogénicos se hidrolizan rápidamente, convirtiéndose en cianuro libre, como resultado de la desintegración de los tejidos que ocurre durante la molienda. La mayor proporción de cianuro aparece en el agua del lavado (40-70%). El almidón recién sedimentado contiene aproximadamente 8-14% del cianuro encontrado en el material en bruto; el contenido se reduce a menos de 4% al cabo de 1-3 días de sedimentación. El lento secado al sol reduce el contenido de cianuro del producto a menos de 1% del valor inicial. Para obtener estas reducidas concentraciones de cianuro residual, el paso clave es la conversión de la mayoría de los glucósidos cianogénicos en cianuro libre durante la etapa inicial del tratamiento. El cianuro libre se extrae mucho más fácilmente que el cianuro combinado (tal como se describió antes). El mezclado prolongado en agua, el remojo y la fermentación que esto implica, unido a un secado al sol lento, constituyen un proceso eficiente para extraer este cianuro residual.

## **Importancia de la Descomposición de la Cianohidrina en la Determinación de la Pérdida Total de Cianuro Durante el Procesamiento de la Yuca**

En párrafos anteriores hemos hecho hincapié en que el índice de eliminación del cianuro durante el tratamiento depende de la hidrólisis de los glucósidos cianogénicos en cianuro libre. El cianuro libre producido es una mezcla de cianohidrina, resultado de la acción de la linamarasa sobre el glucósido (Conn 1969), y HCN proveniente de la hidrólisis química o enzimática de la cianohidrina (E.E. Conn, comunicación personal). Cooke y De La Cruz (1982b) realizaron recientemente un estudio con tejidos de yuca desintegrados en agua y soluciones reguladoras a diferentes temperaturas; estos autores observaron que la conversión automática de los glucósidos cianogénicos en cianuro libre es rápida cuando el pH es cercano a 6. La conversión más lenta subsecuente de la cianohidrina no volátil en HCN es un factor clave en la pérdida de cianuro total en los homogenados tisulares. Esto sólo es válido para los homogenados; en los peda-

zos, trozos, etc., en que la proporción de tejido destruido es poco, la hidrólisis del cianuro combinado determina la pérdida de cianuro total. La importancia que tiene la descomposición de la cianohidrina sobre la pérdida del cianuro está de acuerdo con los índices similares de pérdida de cianuro total de los homogenados del parénquima, de la corteza, de las hojas y de toda la raíz, a pesar de sus diferencias en la actividad de la linamarasa.

El índice de descomposición de la cianohidrina en HCN depende mucho del pH (Cooke 1978). En los métodos tradicionales de procesamiento en que se utilizan tejidos muy desintegrados, generalmente ocurre fermentación de ácido láctico (Okafor 1977) con una baja consecuente del pH a menos de 4,0. Esto dificulta la pérdida de cianuro total y podría explicar el elevado contenido de cianuro residual en esos productos tradicionales. El almidón de yuca contiene muy poco cianuro residual (Arguedas y Cooke 1982) debido a que para extraer el almidón, los homogenados de la raíz se lavan completamente con agua, eliminando también la mayor parte del cianuro.

El análisis anterior confirma la ventaja de la utilización del método de análisis enzimático, que ha arrojado niveles de cianuro residual mayores que los observados en investigaciones anteriores. También subraya la necesidad de investigar las implicaciones de la toxicidad crónica del cianuro, especialmente el combinado, contenido en los platos a base de yuca.

- 
- Akinrele, I.A. 1964. Fermentation of cassava. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15(10), 589-594.
- Arguedas, P. y Cooke, R.D. 1982. Residual cyanide concentrations during the extraction of cassava starch. *Journal of Food Technology*, 17, 251-262.
- Barrett, M.D.P., Alexander, J.C., y Hill, D.C. 1978. The effect of linamarin and thiocyanate production on the thyroid activity of rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 4, 735-740.
- Charavanapavan, C. 1944. Studies in manioc and lima beans with special reference to their utilization as harmless food. *Tropical Agriculturist*, 100(3), 164-168.
- Conn, E.E. 1969. Cyanogenic glycosides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 17(3), 519-526.
- Cooke, R.D. 1978. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29, 345-352.
1979. Enzymatic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products. *Cassava Information Centre, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 05EC-6*, 14 p.
- Cooke, R.D. y De La Cruz, E.M. 1982a. The changes in cyanide content of cassava tissues during plant development. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33, 269-275

- 1982b. Evaluation of enzymatic and autolytic assays for cassava cyanide. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, en prensa.
- Cooke, R.D. y Maduagwu, E.N. 1978. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. *Journal of Food Technology*, 13, 299-306.
- Cooke, R.D., Howland, A.K., y Hahn, S.K. 1978. Screening cassava for low cyanide using an enzymatic assay. *Experimental Agriculture*, 14(4), 367-372.
- Coursey, D.G. 1973. Cassava as food: toxicity and technology. 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, 27-36.
- de Bruijn, G.H. 1971. Étude du caractère cyanogénétique du manioc (*Manihot esculenta* Crantz). Mededelingen Landbouwhogeschool (Wageningen), 71, 1-140.
- Ermans, A.M., Mbulamoko, N.M., Delange, F., y Ahluwalia, R., ed. 1980. Role of cassava in the etiology of endemic goitre and cretinism. International Development Research Centre, Ottawa, Canadá, IDRC-136e, 182 p.
- Joachim, A.W.R. y Pandittesekere, D.G. 1944. Investigation of the hydrocyanic acid content of manioc (*Manihot utilisima*). *Tropical Agriculturist*, 100, 150-163.
- Montgomery, R.D. 1969. Cyanogens. En Liener, I.E., ed., *Toxic Constituents of Plant Foodstuffs*. Academic Press, Nueva York, NY, EE.UU., 143-157.
- Nartey, F. 1978. Cassava-cyanogenesis, ultrastructure and seed germination. Munksgaard, Copenhagen, Dinamarca, 262 p.
- Okafor, N. 1977. Microorganisms associated with cassava fermentation for gari production. *Journal of Applied Bacteriology*, 42, 279-284.
- Oke, O.L. 1968. Cassava as a food in Nigeria. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 9, 227-250.
- Osuntokun, B.O., Monekosso, G.L. y Wilson, J. 1969. Relationship of a degenerative tropical neuropathy to diet. Report of a field survey. *British Medical Journal*, 1, 547-550.
- Paula, R.D.G. y Rangel, J. 1939. HCN or the poison of bitter or sweet manioc. *Revista Alimentar (Rio de Janeiro)*, 3, 215.
- Philbrick, D.J., Hill, D.C., y Alexander, J.C. 1977. Physiological and biochemical changes associated with linamarin administration to rats. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 42, 539-551.
- Pieris, N., Jansz, E.R., y Kandage, R. 1974. Cyanogenic glucoside content of manioc. 1. Enzymic method of determination applied to processed manioc. *Journal of the National Science Council of Sri Lanka*, 2(1), 67-76.
- Raymond, W.D., Jojo, W., y Nicodemus, Z. 1941. The nutritive value of some Tanganyika foods. II. Cassava. *East African Agricultural Journal*, 6, 154-159.
- Tewe, O.O., Maner, J.H., y Gómez, G.G. 1977. Influence of cassava diets on placental thiocyanate transfer, tissue rhodanase activity and performance of rats during gestation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 750-756.
- Westley, J. 1981. Cyanide and sulfur. En Vennesland, B., Conn, E.E., Knowles, C.J., Westley, J., y Wissing, F., ed., *Cyanide in Biology*. Academic Press, Nueva York, NY, EE.UU., 61-76.
- Wood, T. 1966. The isolation, properties and enzymic breakdown of linamarin from cassava. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 171, 85-90.
- Zitnak, A. 1973. Assay methods for hydrocyanic acid in plant tissues and their application in studies of cyanogenic glycosides in *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, 89-96.

### **Lista Adicional de Documentos para Leer**

- Cardenas, O.S. y de Buckle, T.S. 1980. Sow cassava starch production: a preliminary study. *Journal of Food Science*, 45, 1509-1512.
- Cooke, R.D., Blake, G.G., y Battershill, J.M. 1978. Purification of cassava linamarase. *Phytochemistry*, 17, 381-383.
- Harris, J.R., Merson, G.H.J., Hardy, M.J. y Curtis, D.J. 1980. Determination of cyanide in animal feeding stuffs. *Analyst*, 105, 974-980.
- Maduagwu, E.N. 1979. Cyanide content of gari. *Toxicology Letter*, 3, 21-24.
- Maduagwu, E.N. y Fafunso, M. 1980. Particle size distribution of HCN in gari, a cassava-based product. *Toxicology Letter*, 7, 171-174.
- Meuser, F. y Smolnik, H.D. 1980. Processing of cassava to gari and other foodstuffs. *Starch/Stärke*, 32, 116-122.
- Meuser, F., Smolnik, H.D., Rajani, Ch., y Giesemann, H.G. 1978. Comparison of starch extraction from tapioca chips, pellets and roots. *Starch/Stärke*, 30, 299-306.
- Ngaba, P.R. y Lee, J.S. 1979. Research note: Fermentation of cassava. *Journal of Food Science*, 44, 1570-1571.