

18.973

SECRET
(138)

Utilización de la Yuca

Durante el período 1980/81, la sección de Utilización de Yuca hizo énfasis en tres áreas básicas de investigación: (1) el estudio de algunas factores que modifican la calidad de las raíces; (2) el efecto del procesamiento en la eliminación del cianuro de trozos de raíces enteras; y (3) la evaluación nutricional de harina de yuca en dietas de costo mínimo para pollos y cerdos. Además, un proyecto colaborativo entre el Programa de Desarrollo Rural Integrado, la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), y el CIAT permitió obtener información preliminar sobre el procesamiento de yuca para el mercado de alimentos para animales en una región productora de yuca en la Costa Atlántica de Colombia.

Factores que Afectan la Calidad de las Raíces de Yuca

Los resultados obtenidos en el CIAT sobre evaluación de raíces de 10 variedades de yuca indicaron diferencias considerables entre ellas en lo que respecta a algunos parámetros de calidad tales como los contenidos de materia seca y de cianuro. Estas diferencias se reflejaron posteriormente en los trozos frescos de raíces enteras que se procesaron como alimento para animales.

Variedad y edad de la planta

La variedad y edad de las plantas, por lo general, se consideran como dos factores importantes que afectan tanto el rendimiento como la calidad de las raíces de yuca. En el CIAT se realizó un estudio para determinar los efectos de estos dos factores en la calidad de las raíces. Las raíces de dos variedades (CMC-40, un cultivar "dulce" bajo en cianuro, y CMC-84, un cultivar "amargo" alto en cianuro) se evaluaron mensualmente desde el noveno mes hasta el décimosegundo mes.

Contenidos de materia seca, almidón y azúcares en las raíces. El contenido de materia seca de las raíces se estimó mediante el método de la gravedad específica y también se determinó en muestras separadas de cáscara (cortezas de las raíces) y parénquima, mediante su secamiento en horno de vacío a 90°C durante cuatro horas. El Cuadro 1 presenta los resultados, los cuales se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Las raíces (raíces enteras, cáscaras y parénquimas) de la variedad amarga CMC-84 presentaron mayor contenido de materia seca que las de la variedad dulce CMC-40.
2. No se observó una tendencia definida general en el cambio del contenido de materia seca con relación a la edad de las plantas. Se encontraron coeficientes de correlación lineal significativos entre los contenidos de materia seca de la cáscara y del parénquima de las raíces de CMC-84, pero no en los de CMC-40.

CIAT - Utilización de Yuca
Cali - Colombia

3. El parénquima presentó un mayor contenido de materia seca que la cáscara.
4. El máximo contenido de materia seca, estimado ya sea por gravedad específica o determinado por secamiento en el horno, se obtuvo a los nueve meses de edad en ambas variedades y ^{9/10/84} tendió a disminuir ligeramente después de dicha edad. Los rendimientos máximos de raíces (2.0 y 3.8 kg para los cultivares CMC-40 y CMC-84, respectivamente) por planta se ^{12/12/84} obtuvieron al décimosegundo mes.
5. El método de la gravedad específica subestimó en forma consistente y significativa el contenido de materia seca del tejido parenquimatoso de las raíces en comparación con la determinación mediante el secamiento al horno.
6. La proporción relativa en peso fresco, cáscara/parénquima, en las raíces comerciales, fue relativamente constante (16-17/84-83%) para ambas variedades durante el período comprendido entre los meses 9 y 12.
7. Las raíces de CMC-84 presentaron un sabor marcadamente amargo después de su cocimiento y no se consideraron adecuadas como alimento.

Cuadro 1. Efecto de la variedad y de la edad de las plantas de yuca en el contenido de materia seca de cáscaras, parénquima, y raíces completas (medias de 20 muestras).

Edad de plantas (meses)	Contenido de materia seca (%) ^a					
	Cáscaras		Parénquima		Raíces completas	
	CMC-40	CMC-84	CMC-40	CMC-84	CMC-40	CMC-84
9	24.7	30.6 ^b	41.7	45.1 ^b	34.8 ^b	40.0 ^b
10	23.0	31.5	38.2	46.0	33.5 ^b	39.8 ^d
11	21.8 ^c	26.9 ^d	36.5 ^c	38.9 ^d	32.3 ^c	37.0 ^d
12	23.3	30.4	35.7	41.9	32.3	38.7

a. Determinada en un horno al vacío a 90°C durante cuatro horas, excepto por las raíces completas, en las cuales se estimó mediante el método de la gravedad específica.

b. Medias de 19 muestras.

c. Medias de 18 muestras.

d. Medias de 15 muestras.

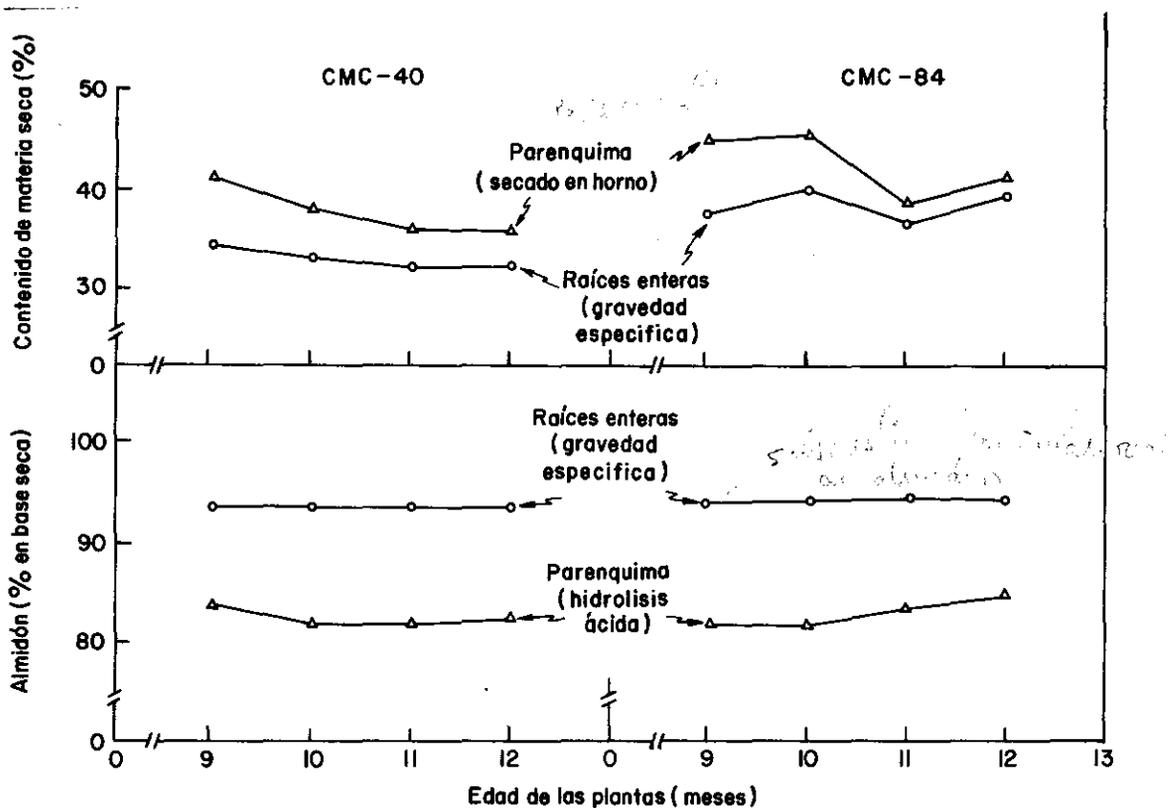


Figura 1. Efecto de la edad de las plantas en los contenidos de materia seca y de almidón, determinados mediante el método de la gravedad específica en raíces enteras, y por métodos químicos en muestras de parénquima.

El contenido de almidón de las raíces se estimó mediante el método de la gravedad específica y también se determinó mediante hidrólisis ácida en muestras de parénquima. En el método de la gravedad específica se utilizaron las raíces enteras, en tanto que el método químico se le aplicó a muestras secas liofilizadas de parénquima. La Figura 1 presenta gráficamente los contenidos, en promedio, de materia seca (Cuadro 1) y almidón de las raíces de las dos variedades en cada fecha de muestreo, y compara los valores obtenidos mediante los dos métodos. La edad de las plantas no afectó, prácticamente, el contenido de almidón de las raíces durante el período de evaluación. La comparación de los valores del contenido de almidón, expresados con base en materia seca y obtenidos mediante los dos métodos, indica que la gravedad específica sobreestimó el contenido real de almidón del parénquima o parte comestible de la raíz. Las diferencias entre los valores obtenidos por ambos métodos fueron significativas. Estos resultados indican que la estimación práctica de los contenidos de materia seca y de almidón mediante el método de la gravedad específica se debe reevaluar cuidadosamente, con el fin de obtener información confiable sobre estos dos parámetros de la calidad de las raíces para consumo fresco.

Los contenidos de azúcares totales y azúcares reductores (Figura 2) siguieron tendencias ligeramente diferentes durante el período comprendido entre los 9 y los 12 meses en las dos variedades. A los 12 meses de edad, el contenido total de azúcares fue un 5.5 y un 2.0% del contenido de materia seca del parénquima en las raíces de las variedades CMC-40 y CMC-84, respectivamente. No se conoce la importancia de estos cambios de los contenidos de azúcares en la calidad real de las raíces para consumo fresco, pero pueden ser de importancia en la preparación de productos alimenticios a partir de raíces de yuca.

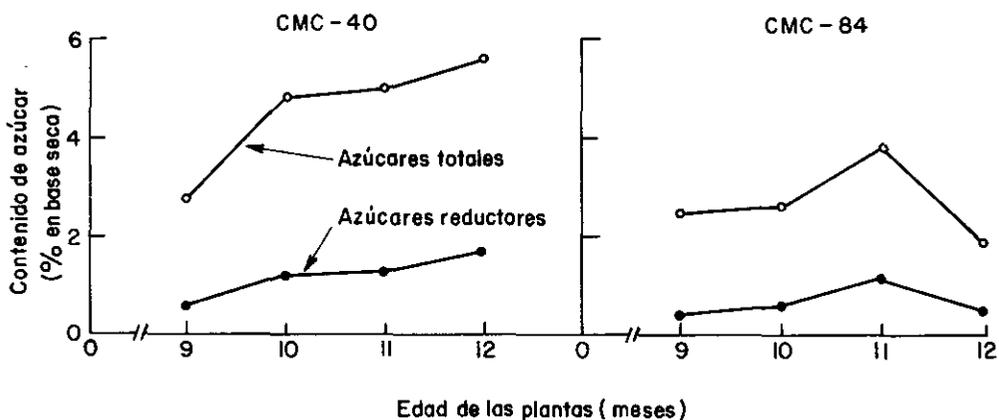


Figura 2. Efecto de la variedad y la edad de las plantas en el contenido de azúcares de las raíces de la yuca.

Contenidos de cianuro en hojas y raíces. La Figura 3 presenta los cambios en el contenido total de cianuro en las cáscaras y parénquimas de las raíces, como también en las hojas de plantas de las dos variedades estudiadas. Los análisis del contenido de cianuro se hicieron utilizando la metodología de la hidrólisis enzimática que permite la cuantificación del contenido de cianuro total y libre y, por consiguiente--por diferencia--el contenido de glucósido cianogénico o cianuro ligado.

La concentración más alta de cianuro se encontró en la cáscara, y la menor, en el parénquima. Las hojas presentaron concentraciones intermedias al compararlas con los tejidos radicales. Las raíces de la variedad CMC-40, considerada como baja en cianuro, presentaron niveles muy altos de cianuro en su cáscara, especialmente a los nueve meses de edad; el cianuro en la cáscara de las raíces de ambas variedades disminuyó con la edad de la planta y esta disminución fue más marcada en raíces de la variedad CMC-40. La concentración del cianuro en el parénquima fue el parámetro más estable y prácticamente, no fue afectado por la edad de la planta; el contenido de cianuro en el parénquima de raíces de la variedad CMC-84 fue, aproximadamente, tres veces mayor que el de raíces de la variedad CMC-40 (623 ± 25 vs. 234 ± 10 mg kg⁻¹, con base en materia seca). Los cambios en el contenido de cianuro de hojas de la variedad CMC-40 fueron más pronunciados que los de la variedad CMC-84.

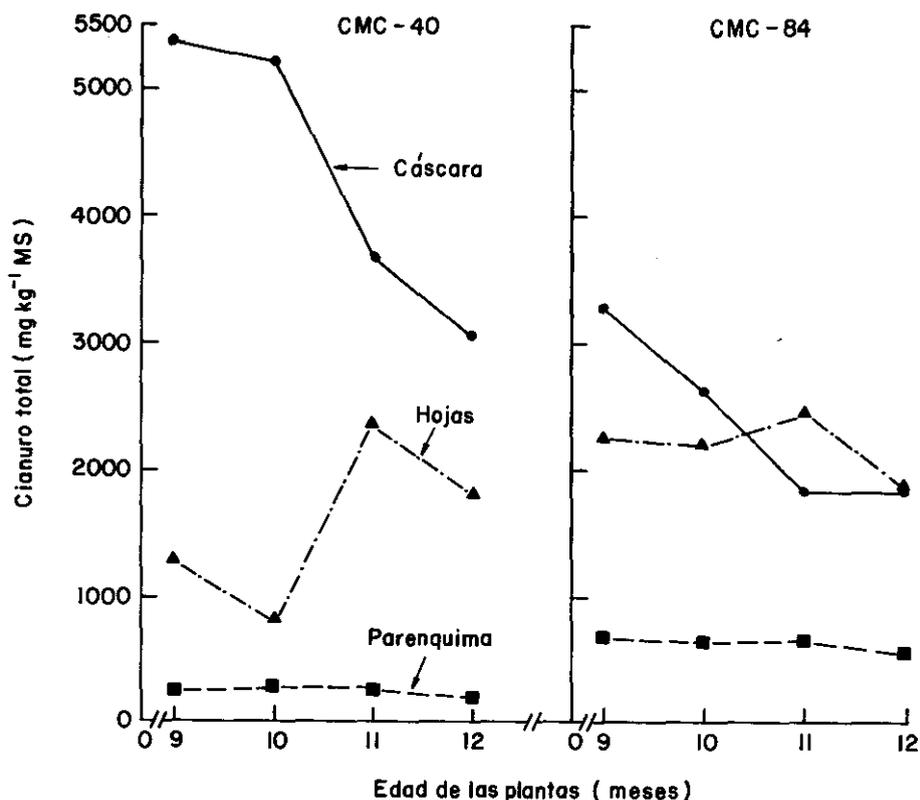


Figura 3. Efecto de la edad de la planta en el contenido de cianuro total en hojas y raíces (cáscara y parénquima de yuca).

Se computaron (Cuadro 2) los coeficientes de correlación lineal entre los niveles de cianuro de los tejidos analizados para cada variedad, y las fechas de muestreo. Se encontraron algunas correlaciones significativas, especialmente en la variedad CMC-84, entre los niveles de cianuro de hojas/cáscara y de cáscara/parénquima, pero prácticamente no se observó relación entre los niveles de cianuro de las hojas y el parénquima. Estos resultados explican la falta de éxito de los intentos hechos para obtener una correlación cercana entre los contenidos de cianuro de las hojas y de las raíces, con el fin de predecir el nivel de cianuro en estas últimas sin tener que cosechar las plantas.

Los resultados de los análisis también han confirmado que el 90% o más del cianuro total en los tejidos de yuca está presente en la forma de glucósidos cianogénicos o cianuro ligado, y solamente una pequeña porción (3-10%) se encuentra en la forma de cianuro libre. La edad de la planta afectó menos las proporciones de cianuro libre y ligado en los tejidos de la variedad CMC-84 que en las muestras de la variedad CMC-40; estas proporciones en el tejido parenquimatoso fueron también menos variables que aquéllas de la corteza de las raíces, y de las hojas (Figura 4).

Cuadro 2. Correlaciones lineales de los contenidos de cianuro total en hojas y raíces (cáscara y parénquima) de las variedades de yuca CMC-40 y CMC-84.

Variedad y edad de las plantas (meses)	No. de muestras	Coeficientes de correlación lineal (r)		
		Cáscara y parénquima	Cáscara y hojas	Hojas y parénquima
<u>CMC-40</u>				
9	20	0.45	0.11	0.13
10	20	0.35	0.18	0.00
11	18	0.60**	0.25	0.30
12	20	0.66**	0.15	0.35
<u>CMC-84</u>				
9	19	0.63**	0.40	0.06
10	20	0.56*	0.57**	0.57**
11	15	0.77**	0.58*	0.10
12	20	0.62**	0.66**	0.37

* $P < 0.05$.

** $P < 0.01$.

Efecto de la Variedad y de la Edad de las Plantas en la Calidad de los Trozos de las Raíces Frescas para la Alimentación Animal

Para la evaluación de la calidad de las raíces como alimento para animales, raíces cosechadas sin lavar de dos variedades (CMC-40 y CMC-84) se pasaron por una máquina tajadora de tipo tailandés, y los

trozos resultantes se muestrearon y analizaron inmediatamente por sus contenidos de cianuro y de materia seca. Las diferencias observadas en el contenido de materia seca del parénquima se reflejaron en los trozos frescos y siguieron aproximadamente los cambios debidos a las edades de las plantas (Cuadro 3). Debido a los altos niveles de cianuro encontrados en la cáscara, especialmente en las raíces de la variedad CMC-40, los contenidos de cianuro de los trozos frescos fueron considerablemente mayores que los encontrados en el parénquima; los niveles totales de cianuro en los trozos disminuyeron progresivamente conforme aumentaba la edad de las plantas como consecuencia de la tendencia similar observada en el contenido de cianuro, principalmente en las cáscaras. A los 12 meses de edad, los niveles totales de cianuro de los trozos fueron un $\frac{6}{1}$ y un 66% de los encontrados a los nueve meses (355/584 y 646/980 mg kg⁻¹ de materia seca) para las variedades CMC-40 y CMC-84, respectivamente (Cuadro 3).

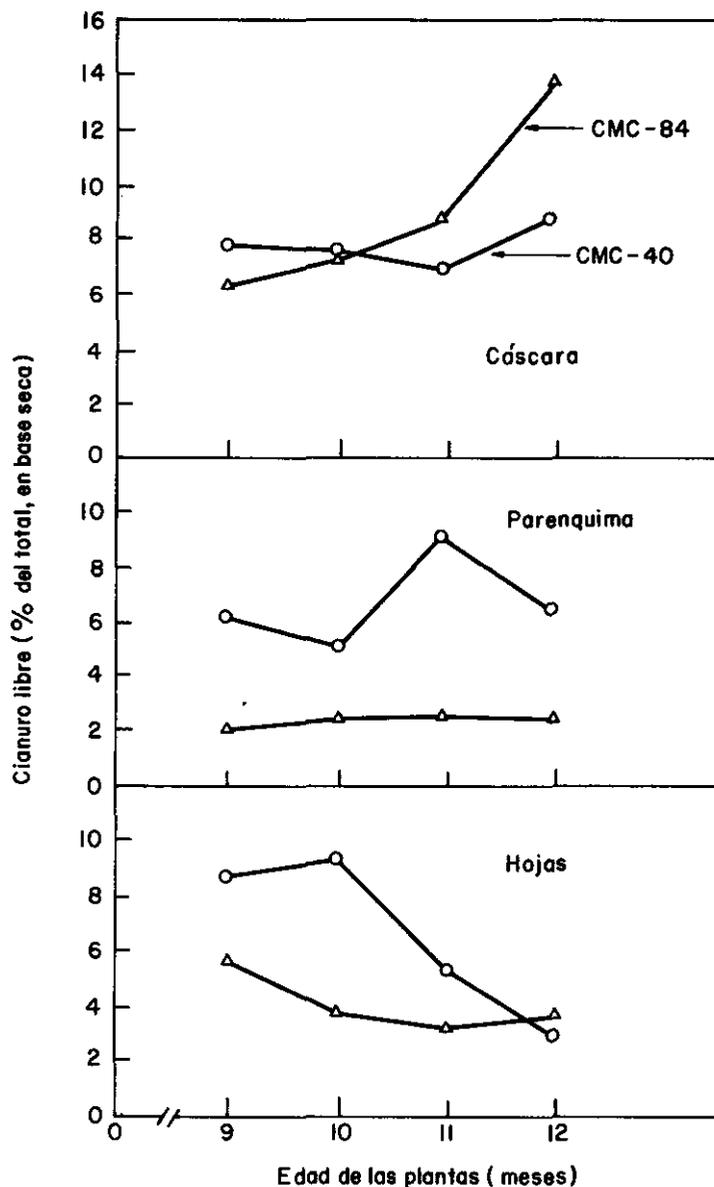


Figura 4. Efecto de la edad de las plantas de dos variedades de yuca en el contenido de cianuro libre (% del total) en tejidos de yuca.

El efecto más drástico del proceso de elaboración de los trozos fue la hidrólisis muy rápida del glucósido cianogénico que ocurrió tan pronto se destruyó la estructura de las raíces enteras. En promedio, los trozos frescos de la variedad CMC-40 presentaron proporciones más altas de cianuro libre que las de la variedad CMC-84 (33 vs. 21% del total) y estas proporciones fueron por lo menos tres o cuatro veces las encontradas en las muestras separadas de la cáscara y del parénquima de las raíces (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de materia seca y de cianuro en trozos frescos de raíces enteras, según la edad de las plantas, de las variedades de yuca CMC-40 y CMC-84 (medias de 18 muestras).

Edad de planta (meses)	CMC-40			CMC-84		
	MS (%)	CN total (mg kg ⁻¹ MS)	CN libre (% del total)	MS (%)	CN total (mg kg ⁻¹ MS)	CN libre (% del total)
9	41.3 ^a	584 ^a	32 ^a	43.8 ^b	980 ^b	18 ^b
10	41.8	459	24	41.8	750	23
11	33.7	379	35	32.2	723	24
12	34.7	355	42	39.3	646	20
Promedio			33			21

a. Medias de 14 muestras.

b. Medias de 17 muestras.

Procesamiento de las Raíces de Yuca

Algunas de las variedades promisorias de yuca producen raíces que contienen niveles relativamente altos de cianuro (Cuadro 4) en comparación con las variedades tradicionales locales de Colombia, las cuales, comúnmente, producen raíces con contenidos de cianuro bajos y excelente calidad culinaria. El procesamiento de las raíces de yuca para el mercado de alimentos para los animales requiere picar las raíces enteras y que se sequen los trozos, para obtener un producto final (harina de yuca) con un contenido de humedad del 10 al 14%. Debido a estas consideraciones y a la escasa información disponible sobre el efecto del secamiento en la eliminación del cianuro--especialmente de las variedades que contienen altos niveles--se ha obtenido información experimental en este campo.

Secamiento al sol de trozos de raíces enteras en pisos y en bandejas inclinadas

En este experimento de secamiento se utilizaron raíces de las variedades CMC-40 y CMC-84 procedentes del estudio sobre el efecto de la variedad y de la edad de la planta en la calidad de las raíces. En cada fecha de muestreo, se secaron al sol trozos frescos ya sea en pisos de concreto o en bandejas de malla inclinadas. El piso de concreto utilizado fue o el corriente u otro pintado de negro, pero los resultados en ambos casos fueron similares y, por consiguiente, los datos se tomaron en conjunto. Las cantidades de trozos frescos por unidad de superficie fueron 8.5 y 10 kg m⁻² para el piso de concreto y las bandejas inclinadas, respectivamente. El tiempo de secamiento y los parámetros meteorológicos se registraron continuamente en el área de procesamiento, y las muestras de trozos frescos y secos se analizaron por sus contenidos de materia seca y de cianuro, además de someterlas a un análisis proximal.

Cuadro 4. Contenidos de materia seca y cianuro (total y libre) en trozos frescos de raíces enteras de 10 variedades de yuca.^a

Variedad	Materia seca (%)	Cianuro	
		Total ₁ (mg kg ⁻¹ MS)	Total libre (%)
M Col 1684	30.2 c	884 a	47.5 a
CM-323-375	37.3 a	573 b	35.2 b
CM-326-407	37.4 a	403 c	28.7 d
CM-342-55	31.7 c	381 c	35.6 c
CM-321-188	36.1 ab	306 d	39.5 d
M Ven 218	35.8 ab	281 d	26.4 c
M Col 22	36.8 a	267 d	26.6 e
CM-305-38	34.1 b	227 e	34.0 e
<u>Variedades locales</u>			
Llanera	31.4 c	173 f	23.5 f
Valluna	23.9 d	137 f	28.3 f
C.V.	6.89	11.58	9.14

a. Cada valor es la media de 10 muestras (+ error estándar). Las medias en cada columna con una misma letra exponencial no son significativamente diferentes ($P \geq 0.05$).

El período en el cual se evaluó el efecto de la edad de las plantas de las variedades CMC-40 y CMC-84 correspondió a los primeros meses de 1981. En el Cuadro 5 se presentaron los resultados de los parámetros meteorológicos y del tiempo requeridos para que los trozos se secaran en el piso de concreto y en las bandejas durante dicho período. Los factores climáticos más importantes que afectaron la duración del período de secamiento fueron, aparentemente, la humedad relativa y la intensidad de la radiación solar. La temperatura, en promedio, permaneció relativamente constante a 23-20°C; a esta temperatura ambiental, con una baja humedad relativa y una alta radiación solar, los trozos de yuca se secaron prácticamente en dos días en el piso de concreto, y casi en un día en las bandejas. El aumento en la humedad relativa y la disminución en la radiación solar aumentaron el período de secamiento de los trozos en el piso de concreto hasta tres o más días, y la diferencia, en el tiempo de secamiento, entre el piso de concreto y las bandejas se redujo a un mínimo.

En estas condiciones climáticas, el proceso de secamiento de los trozos de yuca en piso de concreto condujo a una reducción considerable en su contenido de cianuro (Figura 5). Excepto por los trozos obtenidos de las plantas de nueve meses de edad de la variedad CMC-84, las cuales presentaron el nivel de cianuro total₁ más alto, todos los otros trozos secos presentaron menos de 100 mg kg⁻¹ (o ppm) de cianuro total (nivel

estándar establecido en el mercado europeo para la yuca importada); además, prácticamente un 50-70% del nivel de cianuro en los trozos secos se encontró en la forma de cianuro libre. La cantidad de cianuro residual [(CN total en los trozos secos - CN total en los trozos frescos) x 100] que quedaba en la harina de yuca fue 10-11% del nivel inicial de cianuro de los trozos frescos.

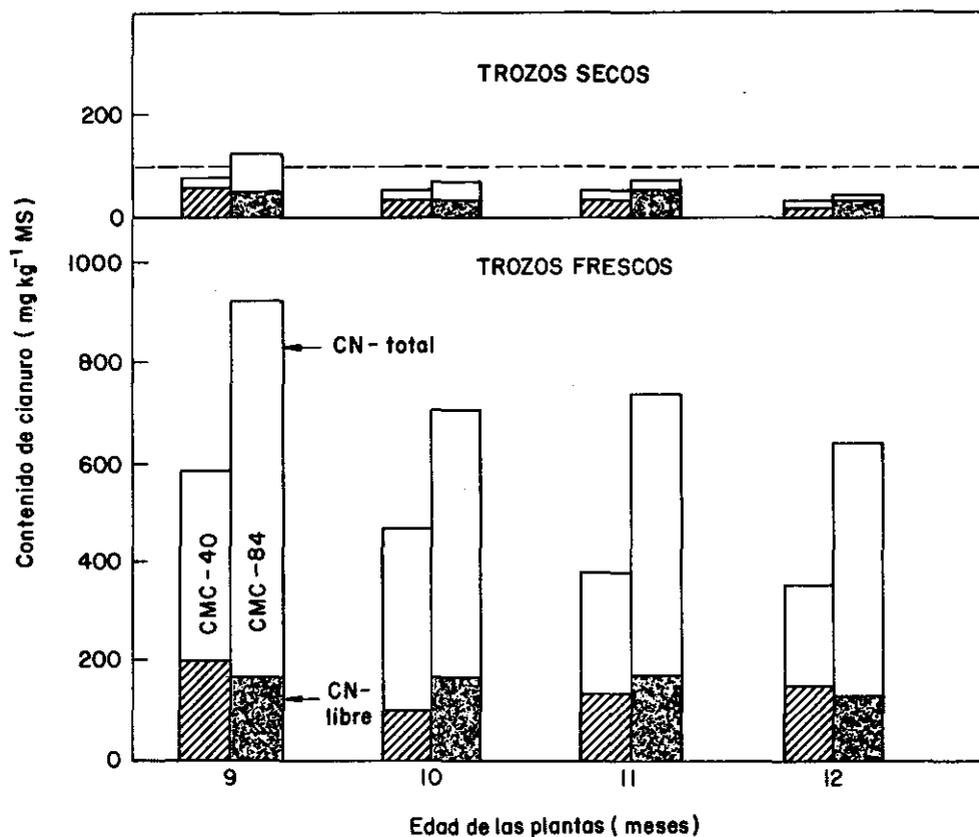


Figura 5. Efecto del secamiento al sol en pisos de concreto en la reducción del contenido de cianuro en trozos de raíces enteras de yuca.

El secamiento de los trozos en bandejas inclinadas resultó en un contenido de cianuro residual más alto (Figura 6) en comparación con los resultados obtenidos en el piso de concreto; esto se observó especialmente en los trozos de raíces de plantas de nueve meses de edad. La diferencia distintiva para esta serie particular de muestras en comparación con todas las demás (Cuadro 5) fue el período de tiempo muy corto (28 horas) requerido para secarlas debido a las condiciones climáticas favorables en este momento, incluyendo una alta velocidad del viento. Se ha sugerido que el secamiento al sol, y especialmente el secamiento en el piso, conduciría a mayores pérdidas de cianuro debido a los tiempos de secamiento más prolongados y con contenidos de humedad y

temperaturas en las cuales la linamarasa endógena se encuentra activa. En el caso de los trozos tomados de plantas de nueve meses de edad y secados en bandejas, el secamiento aparentemente fue muy rápido para permitir que se eliminara más cianuro. En general, el secamiento en bandejas fue menos eficiente para eliminar el cianuro, y la proporción de cianuro libre en los trozos secos fue considerablemente menor que en los trozos provenientes del secamiento en pisos.

Ambos métodos de secamiento parecieron ser relativamente eficientes para reducir el cianuro a niveles lo suficientemente bajos como para ser inocuos en la alimentación animal. En el Cuadro 6 se presenta la calidad global de los trozos secos, según los contenidos de algunos parámetros químicos; los contenidos de humedad, fibra cruda, y cenizas fueron suficientemente bajos como para suministrar, con los trozos secos, un alimento para animales de buena calidad, con carbohidratos--principalmente almidón--altamente digestibles.

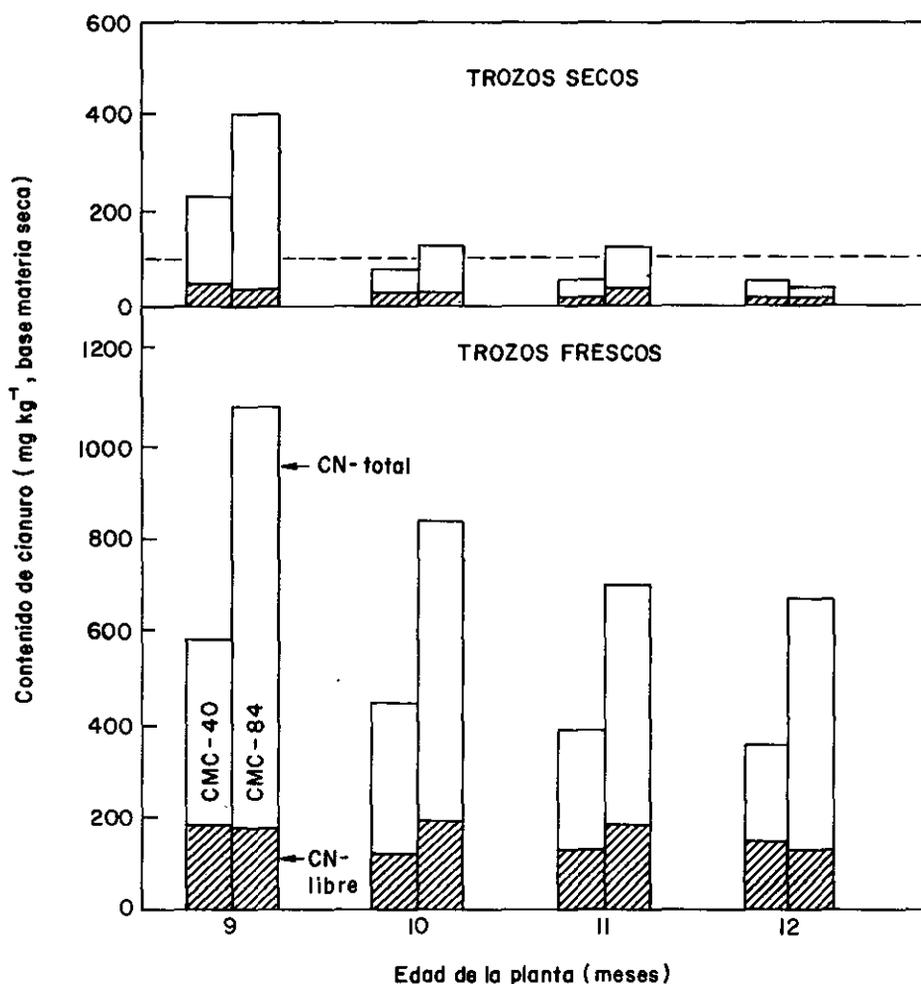


Figura 6. Efecto del secamiento al sol utilizando bandejas inclinadas en la reducción del contenido de cianuro en trozos de raíces enteras de yuca.

Cuadro 5. Tiempo de secamiento y condiciones meteorológicas registradas durante el período experimental, 1981.

Mes	Tiempo de secamiento (h)		Temperatura, promedio (°C)	Radiación solar, promedio (cal.g/cm ² /h)	Humedad relativa, promedio (%)
	Piso	Bandejas			
Enero	48- 50 ^a	28	24.1	89	49
Febrero	74- 77	56- 74	23.4	67-77 ^a	66
Marzo	56	54- 55	24.3	91-95	57
Abril	57-102	55-102	24.1	23-94	76

a. Representa los resultados y la información registrada para los períodos experimentales de secamiento de las variedades CMC-40 y CMC-84, respectivamente.

Cuadro 6. Composición química, en promedio, de trozos secos de raíces enteras de dos variedades de yuca.^a

Variedad	Materia seca (%)		Con base en materia seca (%)			
	Trozos frescos	Trozos secos	Proteína cruda	Extracto etéreo	Fibra cruda	Cenizas
CMC-40	37.88	91.10	2.32	0.98	3.57	2.59
CMC-84	39.27	91.20	3.42	1.42	3.70	2.28

a. Cada valor es la media de un total de 40 muestras (10 muestras/mes tomadas durante el período comprendido entre los 9 y 12 meses de edad de las plantas).

Efecto de las cargas de trozos por secar en las pérdidas de cianuro

En este experimento se utilizaron raíces de las variedades CMC-40 y CMC-84 provenientes de plantas de 15 meses de edad. Se estudiaron tres cargas para secar en bandejas (10, 15 y 20 mg m⁻²) y dos para secar en un piso de concreto (10 y 12 kg m⁻²). En estas cantidades, el secamiento en pisos fue mucho más eficiente en reducir el cianuro que el secamiento en bandejas (Figura 7). El aumento de la carga de trozos en las bandejas, hasta 20 kg m⁻², resultó en mayores pérdidas de cianuro que las obtenidas con cargas más bajas, especialmente con la variedad CMC-84, alta en cianuro. La proporción de cianuro libre en los trozos secos aumentó progresivamente a medida que aumentaron las cargas en las

bandejas. Incluso con cargas relativamente altas, el secamiento en piso y en bandejas de los trozos de la variedad CMC-40--baja en cianuro--produjo niveles de cianuro por debajo de 100 mg kg^{-1} con base en materia seca; sin embargo, no se logró alcanzar este bajo nivel de cianuro en trozos de la variedad alta en cianuro.

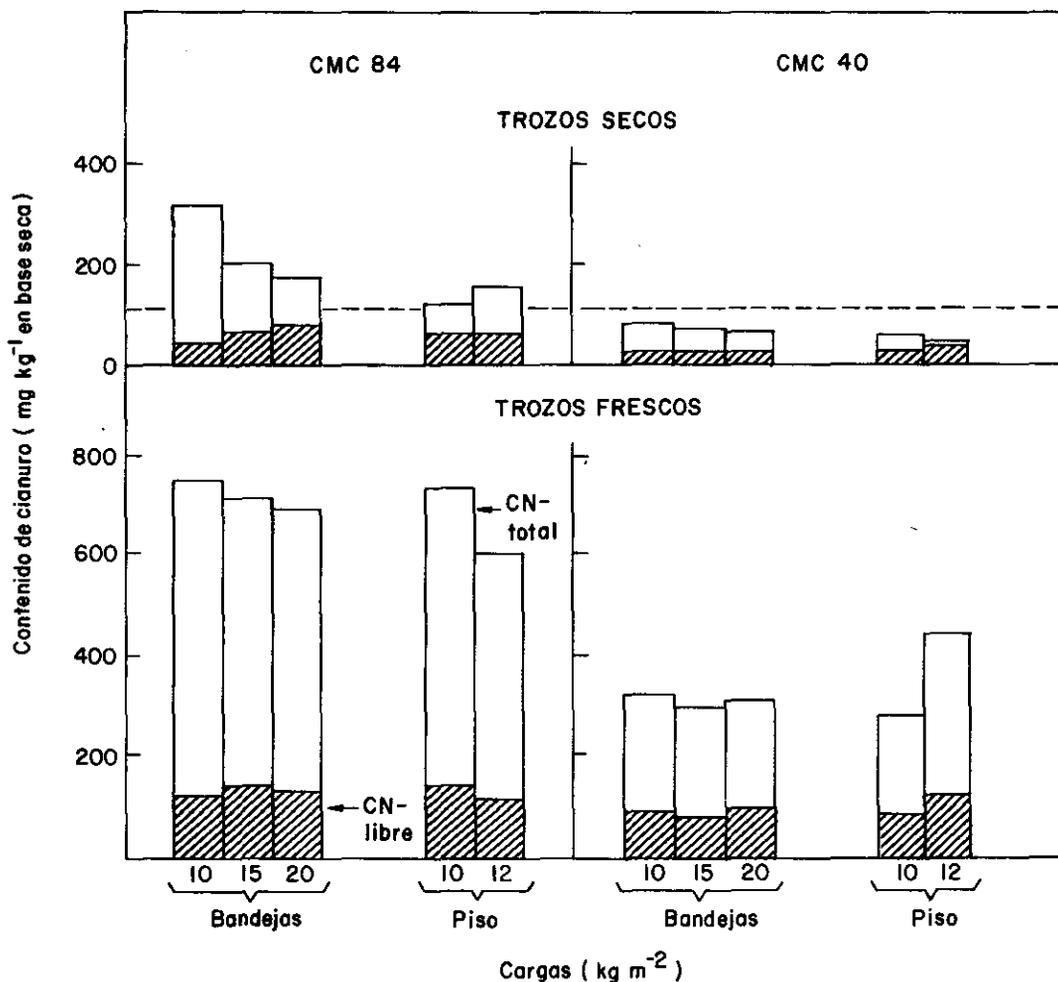


Figura 7. Efecto de la carga en la reducción del contenido de cianuro de trozos secados en bandejas o en piso de concreto.

Efecto del secamiento al sol en bandejas y del secamiento al horno en la eliminación del cianuro

En este estudio se utilizaron las 10 variedades de yuca presentadas en el Cuadro 4. La edad de los cultivares fue de 14 meses y se cosechó un número suficiente de plantas de cada cultivar para obtener un peso total de raíces de 100-120 kg. Las raíces enteras, sin lavar, se cortaron con una picadora tipo Malasia y los trozos resultantes se distribuyeron en cinco bandejas con marco de madera para su secamiento al sol y en cinco bandejas de metal para su secamiento en un horno.

En cada bandeja de madera se colocaron 15 kg de trozos frescos, obteniéndose una carga de aproximadamente 10 kg m^{-2} , y el período de secamiento al sol duró 48 horas. En cada bandeja de metal se colocaron 5 kg de trozos frescos, obteniéndose una carga de 10 kg m^{-2} , para su secamiento en un horno de aire forzado a 60°C durante un período de 24 horas. Los contenidos de cianuro total de los trozos frescos se presentan en el Cuadro 7. La variedad M Col 1684 presentó el nivel más alto de cianuro total en los trozos frescos (aproximadamente 900 mg kg^{-1} , con base en materia seca) en tanto que las variedades Llanera y Valluna presentaron los valores más bajos de cianuro dentro de un rango de 100-200 mg kg^{-1} .

En todas las variedades, el secamiento en horno a 60°C produjo trozos secos con un contenido final de cianuro menor ($P \leq 0.05$) que el de trozos equivalentes secados al sol (Cuadro 7). Los trozos de la variedad M Col 1684 secados en horno fueron los únicos que presentaron un contenido de cianuro de más de 100 mg kg^{-1} , con base en materia seca. Excepto por diferencias ligeras en cuatro variedades (M Ven 218, M Col 22, Llanera y Valluna), los trozos secos de las demás variedades presentaron proporciones similares de cianuro libre después de ambos procesos de secamiento. Aproximadamente un 60 a 80% del cianuro total en los trozos secos se encontró en la forma de cianuro libre. Los valores de cianuro residual en los trozos secados en horno oscilaron en un rango de 13 al 21%, en comparación con 20 a 30% para los trozos secados al sol de las mismas variedades.

Cuadro 7. Efecto del secamiento al sol y en horno, en bandejas, en el contenido de cianuro de los trozos secos.^a

Variedad	Cianuro total (mg kg^{-1} , base MS)		Cianuro libre	
	Secados al sol	Secados en horno	Secados al sol	Secados en horno
M Col 1684	182 a	122 a	77 ab	72 abc
CM-323-375	123 bc	91 b	70 bc	79 ab
CM-326-407	107 d	61 d	52 e	55 e
CM-342-55	81 e	51 de	65 cd	70 c
CM-321-188	113 cd	59 d	73 bc	74 abc
M Ven 218	88 e	45 ef	83 a	72 bc
M Col 22	126 b	78 c	69 c	80 a
CM-305-38	60 f	30 g	65 cd	66 cd
<u>Variedades locales</u>				
Llanera	49 g	36 fg	65 cd	61 de
Valluna	30 h	16 h	60 d	72 bc
C.V.	7.83	14.39	8.78	8.46

a. Cada valor es la media de cinco muestras. Las medias de cada columna seguidas por una misma letra no son significativamente diferentes ($P \geq 0.05$).

Ensilaje de raíces y eliminación del cianuro

En algunas áreas tropicales, la humedad relativa y la precipitación son tan altas que no es posible hacer un secamiento al sol de los trozos de raíces enteras. El proceso de ensilaje es una manera de preservar raíces de yuca después de la cosecha, hasta por medio año o más, raíces que todavía serán fácilmente consumidas por los animales. Las raíces se pueden cosechar todas al mismo tiempo, se pueden picar, empacar en un silo hermético, y almacenar por períodos de 6 a 9 meses. El Cuadro 8 muestra los datos sobre el contenido de cianuro de biomasa ensilada de dos silos que contenían trozos de raíces de plantas de la variedad CMC-40, de 12 meses de edad; en una semana, el contenido total de cianuro se redujo a 70-85% de su valor inicial y prácticamente todo este cianuro (90-100%) ya se hallaba presente en la forma de cianuro libre. Después de seis meses, el cianuro total--todo en la forma libre--se redujo a un 25-36% de la concentración inicial contenida en trozos frescos.

Cuadro 8. Efecto del ensilaje de trozos de raíces enteras de la variedad CMC-40, en su contenido de cianuro.

Tiempo (semanas)	Silo no. 1			Silo no. 2		
	Cianuro		Diferencia con inicial (%)	Cianuro		Diferencia con inicial (%)
	base materia seca	Libre/total (%)		base materia seca	Libre/total (%)	
Total ₁ (mg kg ⁻¹)	Libre/total (%)	Diferencia con inicial (%)	Total ₁ (mg kg ⁻¹)	Libre/total (%)	Diferencia con inicial (%)	
0	503	40	100	556	43	100
1	433	92	86	387	100	70
2	396	96	79	391	96	70
4	341	93	68	350	95	63
8	319	91	63	275	100	49
14	167	100	33	253	100	46
26	180	96	36	141	96	25

a. Cada valor es la media de muestras triplicadas tomadas de los silos que contenían, aproximadamente, 5 toneladas de trozos frescos.

Los ensayos de alimentación realizados en el CIAT con cerdos en crecimiento indican que el ensilaje de yuca permite un comportamiento de los cerdos igual o mejor que el obtenido con las dietas usadas como testigo. El proceso de ensilaje podría ser una forma promisorio de almacenar raíces de yuca cortadas en trozos en las áreas húmedas tropicales, en donde el secamiento de la yuca al sol no siempre es posible.

Evaluación Nutricional con Cerdos y Pollos

Durante los últimos años se obtuvo en el CIAT amplia información experimental sobre la utilización de la yuca en la alimentación de

cerdos, como parte de las actividades de la anterior Unidad de Producción Porcina. En los últimos dos años, se ha hecho énfasis en la evaluación de la incorporación de harina de yuca en dietas para cerdos mediante el empleo de una formulación de costo mínimo y una evaluación de la apetecibilidad de las dietas que contienen diversos niveles de harina de yuca para lechones. El trabajo experimental con pollos, principalmente pollos asaderos, ha recibido atención especial debido al hecho de que el sector avícola consume la mayor proporción de alimentos balanceados en América Latina y, por consiguiente, es el mercado más atractivo para la yuca como alimento para animales.

Preferencia de los lechones por las dietas que contienen harina de yuca

A los precios actuales de los concentrados de Colombia--y probablemente, de otros países de América Latina--el programa de formulación de costo mínimo indica que la harina de yuca se podría incluir en dietas para cerdos a niveles entre el 20 y 40%, dependiendo de su calidad y de su valor nutritivo relativo (aproximadamente un 85% o menos del precio del sorgo o del maíz) en comparación con los precios de los granos.

Una de las partes más importantes de un programa global de alimentación porcina es la alimentación de los lechones ya que afecta el comportamiento del destete, el cual determinará, en gran parte, los resultados económicos de la producción porcina. La alimentación de lechones normalmente requiere la utilización de dietas balanceadas para obtener un comportamiento óptimo.

Se realizaron dos experimentos para estudiar la preferencia que mostraban los lechones por dietas más o menos apetecibles que contenían varios niveles de harina de yuca. Se utilizaron niveles de a) 0, 14 y 28%, y de b) 0, 20 y 40% de harina de yuca en el primer y segundo experimentos, respectivamente. La harina se obtuvo mediante el secamiento al sol de trozos de raíces enteras de la variedad de yuca CMC-40, que contenían 56 mg kg^{-1} de cianuro total, el 50% del cual se encontraba en forma de cianuro libre.

En cada experimento, las tres dietas quedaban disponibles para los lechones en comederos automáticos separados, durante el período comprendido desde los 14 hasta los 56 días de edad de los lechones; el destete se realizó a los 42 días. En ambos estudios, tanto los lechones lactantes como los destetos mostraron preferencias consistentes por las dietas que contenían los niveles más altos de harina de yuca (28 y 40% para el primer y segundo experimentos, respectivamente) a juzgar por su consumo de estas dietas en comparación con las otras (Cuadro 9). Ligeramente más de la mitad (53%) del alimento total consumido por los lechones estuvo constituido por la dieta que contenía un 40% de harina de yuca, en el segundo experimento. El comportamiento de las camadas, en términos del número de lechones y de su peso corporal, fue normal.

Cuadro 9. Comparación del consumo de alimento en cerdos lactantes y destetos alimentados con dietas que contenían harina de yuca^a.

Nivel de harina (%)	Consumo (kg de dieta/camada)		
	14-42 días	42-56 días	Total
<u>Experimento 1</u>			
0	7.9	26.1	34.0
14	5.0	18.9	23.9
28	<u>12.8</u>	<u>29.6</u>	<u>42.4</u>
Totales	<u>25.7</u>	<u>74.6</u>	<u>100.3</u>
<u>Experimento 2</u>			
0	1.8	14.7	16.5
20	3.0	26.2	29.2
40	<u>12.4</u>	<u>39.1</u>	<u>51.5</u>
Totales	<u>17.2</u>	<u>80.0</u>	<u>97.2</u>

a. Los valores corresponden a la media de 15 (2a. y 3a. pariciones) y 10 (1a. parición) camadas para los experimentos 1 y 2, respectivamente

Los resultados experimentales obtenidos indican que las dietas balanceadas que contienen niveles de harina de yuca hasta de 40% son preferidas por los lechones, lo cual conduce a un mayor consumo de alimento y resulta en un mejor comportamiento de las camadas.

Evaluación de harina de yuca de variedades bajas y altas en cianuro en dietas para pollos asaderos

Una revisión de la literatura sobre la utilización de la harina de yuca en la alimentación avícola ha demostrado que la información experimental hasta ahora registrada es muy inconsistente. Algunos resultados mediocres obtenidos con harina de yuca se han atribuido principalmente, a los posibles efectos tóxicos del cianuro presente en ella; sin embargo, prácticamente en todos los casos registrados no se intentó determinar realmente la veracidad de este argumento. Los resultados experimentales obtenidos en el CIAT sobre procesamiento indican que incluso las raíces de variedades altas en cianuro pueden ser detoxificadas adecuadamente--o se puede reducir su contenido considerablemente hasta niveles inocuos--mediante un secamiento adecuado de los trozos de las raíces de yuca.

En colaboración con la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional, Palmira, se realizaron dos experimentos con pollos para estudiar el efecto de dos niveles de harina de yuca (10 y 20%) en el comportamiento de pollos. El secamiento al sol en pisos de concreto de trozos de raíces de una variedad alta en cianuro (M Col 1684) y de aumento en la concentración energética de las dietas que contenían un

dos variedades bajas en cianuro (M Col 113 o Valluna, y Llanera) produjo harinas de yuca con los siguientes contenidos, en promedio, de cianuro total, expresados con base en materia seca: 115 (9% libre), 31 (71% libre), y 20 (33% libre) mg kg⁻¹ para las variedades M Col 1684, M Col 113, y Llanera, respectivamente.

Como testigo se utilizó una dieta comercial, y las dietas experimentales con niveles fijos de harina de yuca (10 y 20%) se formularon mediante programación lineal de costo mínimo. Los resultados del primer experimento se presentan en el Cuadro 10 y demuestran la superioridad de la dieta comercial; sin embargo, las dietas que contenían un 20% de harina de yuca produjeron mejores resultados que las que contenían un 10% en ambos tipos de harina utilizados, lo cual indica que no hubo un efecto tóxico aparente a esos niveles. Los resultados de los grupos alimentados con la harina de yuca de la variedad M Col 1684 fueron similares, aunque ligeramente inferiores, a los de los grupos alimentados con harina de yuca de la variedad M Col 113. Es evidente que el menor consumo de alimento por los animales alimentados con las dietas a base de harina de yuca fue, al menos parcialmente, el factor responsable del comportamiento inferior de estos grupos. Las observaciones durante el período experimental indicaron que los pollos alimentados con las dietas que contenían harina de yuca gastaron más tiempo consumiéndolas que aquéllos alimentados con la dieta testigo.

Cuadro 10. Efecto de la harina de yuca obtenida de variedades con bajo y alto contenido de cianuro en dietas para pollos asaderos^a.

Nivel de harina de yuca (%)	M Col 113			M Col 1684		
	Peso final	Consumo de alimento	Alimento/ ganancia	Peso final	Consumo de alimento	Alimento/ ganancia
0 ^b	1977	4346	2.2	-	-	-
10	1714	3982	2.4	1655	4018	2.5
20	1804	4264	2.4	1796	4213	2.4

a. Cada valor es la media de 140 pollos por grupo durante un período de ocho semanas.

b. 0 = dieta comercial sin harina de yuca.

Se realizó un segundo experimento utilizando los mismos dos niveles de harina de yuca y sustituyendo la harina de la variedad M Col 113 por la de Llanera. En este experimento se estudiaron dos tratamientos adicionales, suplementando la dieta que contenía un 20% de harina de yuca con una cantidad suficiente de aceite vegetal para aumentar el contenido energético de estas dietas en aproximadamente, un 5% más de energía metabolizable. Los resultados, en general, fueron mejores que

los del primer experimento (Cuadro 11) y, a un 20% de harina de yuca, el comportamiento obtenido fue similar al de la dieta comercial y mejor que el del grupo alimentado con la dieta que contenía un 10% de harina de yuca. La adición del aceite resultó en un peso corporal similar al del grupo alimentado con la dieta comercial y en una mejor conversión alimenticia.

Estos resultados iniciales indican que la harina de yuca producida en forma adecuada, de variedades que contienen niveles altos en cianuro, se puede utilizar en la alimentación de pollos sin que ocasione problemas nutricionales, por lo menos hasta en un 20% de la dieta. El 20% de harina integral de yuca resultó en un comportamiento de los pollos incluso mejor que los alimentados con el alimento balanceado comercial.

Cuadro 11. Efecto de la adición de aceite vegetal a las dietas con base en harina de yuca para pollos asaderos.^a

Nivel de harina de yuca (%)	Llanera			M Col 1684		
	Peso final	Consumo de alimento	Alimento/ ganancia	Peso final	Consumo de alimento	Alimento/ ganancia
0 ^b	2160	4633	2.2	-	-	-
10	1998	4370	2.2	2076	4503	2.2
20	2142	4548	2.2	2082	4548	2.2
20 + A.V. ^c	2195	4523	2.1	2179	4480	2.1

a. Cada valor es la media de 105 pollos por grupo durante un período de ocho semanas.

b. 0 = dieta comercial sin harina de yuca.

c. Aceite vegetal para incrementar en 5% el nivel de energía metabolizable de las dietas.

Proyecto Piloto para el Secamiento de la Yuca en la Costa Atlántica de Colombia

Durante 1981, un proyecto colaborativo entre el Programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI), la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), y el CIAT, permitió el establecimiento y el funcionamiento inicial de una pequeña Planta Piloto para el secamiento de trozos de raíces de yuca en Betulia (Departamento de Sucre).

Para obtener las observaciones preliminares sobre el secamiento de yuca a nivel de finca, se construyó un área de 300 m² de piso de concreto y se utilizó una máquina picadora tipo tailandés, con un costo total aproximado de Col\$200,000. La planta piloto operó con la

participación activa de la asociación de agricultores de dicha localidad rural (APROBE, Asociación de Productores de Betulia) no sólo como abastecedores de las raíces de yuca sino como participantes en la mano de obra requerida para el procesamiento.

Durante el período febrero-abril, se hicieron las siguientes observaciones:

1. La máquina picadora requirió $1\frac{1}{2}$ a 2 horas para procesar 3 toneladas de raíces frescas de yuca.
2. La carga óptima de trozos frescos por unidad de superficie de piso de concreto fue de $8-10 \text{ kg m}^{-2}$; una mayor carga (12 kg m^{-2}) dificultó el volteado de los trozos durante las primeras horas del secamiento.
3. Utilizando estas cargas, y con una radiación solar efectiva de 10 horas por día (8 am a 6 pm), prácticamente se requirieron 2 a $2\frac{1}{2}$ días para secar los trozos hasta un contenido de humedad del 14% o menos.
4. Se requirió un mínimo de tres trabajadores para la operación de corte, uno o dos para voltear los trozos y dos a tres para recoger y empacar los trozos secos. Para esta operación en pequeña escala se requieren, por lo menos, dos trabajadores de tiempo completo.
5. Se obtuvo un rendimiento en peso del 35 al 37%; es decir, de 1 tonelada de raíces frescas de yuca se obtuvieron 350 a 370 kg de trozos secos.