

18.132


 SERVICIOS DE DOCUMENTACION

PROCESAMIENTO DE LAS RAICES DE YUCA PARA ALIMENTACION ANIMAL

18132

 Rupert Best \*  
 Guillermo Gómez \*\*
Introducción

La producción mundial de yuca asciende a 122 millones de toneladas de raíces frescas (FAO, 1981), que representa un aumento del 16 por ciento comparada con la producción estimada en 1975. La yuca es producida en las regiones tropicales de Africa, Asia y América Latina, las cuales contribuyen con 39, 36 y 25 %, respectivamente, de la producción mundial (FAO, 1981).

Las raíces de yuca constituyen una fuente alimenticia básica en la alimentación humana y son usadas en muy variadas formas (cocidas en agua, horneadas, fritas, etc.), o como pastas o harinas ("gari" y "fufu" en Africa y "farinha" en Brasil y otros países de América Latina). Se ha estimado (Phillips, 1974) que las raíces de yuca contribuyen en 39, 12 y 7% de los requerimientos o necesidades calóricas de las poblaciones en Africa, América Latina y el Lejano Oriente, respectivamente. Aunque estos datos pueden ser algo diferentes en el presente, sugieren sin embargo, que la yuca tiene una mayor importancia como alimento para humanos en Africa que en Asia y América Latina. En estas últimas regiones, otros usos alternativos de las raíces están adquiriendo una creciente importancia.

La extracción de almidón, la producción de alcohol carburante (especialmente en Brasil) y el mercado de alimentos para animales son los principales usos alternativos de las raíces de yuca, especialmente en América Latina y Asia (Weber, et al., 1978). El Mercado Común Europeo ha aumentado las importaciones de yuca, principalmente en la forma de pellets o granulados, de 2 millones de toneladas en 1975 a prácticamente 6 millones de toneladas en 1978 (Anonymous, 1977; Thanh et al., 1979).

El mercado de alimentos balanceados para animales del Mercado Común Europeo es el consumidor más importante de la yuca producida en Tailandia, y en menor grado en Indonesia. Los alimentos balanceados en Europa incluyen niveles de harina integral de yuca en rangos de 15-35, 15-25 y 10-12 % de las raciones para cerdos, vacunos y aves, respectivamente; la demanda total más importante es el sector de la producción porcina (Anonymous, 1977).

Las perspectivas de aumentar el uso de las raíces de yuca en alimentación animal en los países productores de yuca, especialmente en América Latina, son bastante halagadoras por las siguientes razones: La creciente demanda por carne de pollo, y en menor grado de cerdo, observada durante las últimas dos décadas; las perspectivas de crecimiento de la producción de estas especies para cubrir la demanda de sus productos; el consecuente desarrollo de la industria de alimentos balanceados; la insuficiente pro-

\* Científico Visitante de la Sección de Utilización, Programa de Yuca.  
 \*\* Jefe de la Sección de Utilización, Programa de Yuca.

ducción de granos de cereales, especialmente sorgo, para abastecer la demanda, lo cual conduce a continuas importaciones subsidiadas; y la factibilidad de reducir los costos de producción de yuca usando tecnología mejorada que podría colocar a la yuca a precios competitivos para la alimentación de aves y cerdos (Pachico, 1980).

La producción avícola representa la demanda más importante para alimentos balanceados en América Latina y en algunas regiones de varios países la producción intensiva o comercial de cerdos está tomando mucho auge. Para abastecer la demanda de estos mercados, las raíces de yuca deben de ser procesadas para ser secadas, reduciendo su contenido de humedad de alrededor del 65% a niveles inferiores al 14%, punto en el cual el producto seco es estable y de fácil manejo.

#### El proceso de secado de la yuca

Las operaciones requeridas para el secado de los trozos de yuca son esquemáticamente presentadas en la Figura 1, en la cual se incluyen además los pasos adicionales para la molienda y el peletizado de la yuca seca.

Las raíces de yuca cosechadas en épocas secas y/o de suelos arenosos tienen muy poca tierra adherida a su superficie y frecuentemente no requieren ser lavadas antes de ser picadas. Sin embargo, la cosecha en época de lluvias y/o de terrenos húmedos acarrea consigo gran cantidad de tierra que reduciría el valor nutritivo del producto seco, por su alto contenido de cenizas y especialmente de sílice; en estas circunstancias se hace necesario lavar las raíces antes de ser picadas y esta operación puede realizarse sumergiendo las raíces en un pozo o tanque con agua o, de ser posible, usando chorros de agua a presión. Para la alimentación animal no es necesario quitar la cascarilla, ni la cáscara de las raíces de la yuca.

Con el fin de acelerar la tasa de secamiento y así producir un producto de buena calidad, las raíces se deben cortar en trozos de tamaño uniforme para aumentar el área de la superficie expuesta al aire de secado. Existen varios modelos de picadoras de yuca y la selección del modelo más apropiado dependerá de la escala de operación de la planta de procesamiento.

Los métodos de secado de los trozos de yuca pueden clasificarse según el nivel de sofisticación tecnológica y costo, de la siguiente manera:

1. secado continuo artificial en secadores rotatorios o de transportador,
2. secado por tanda en secadores de cama estática usando aire forzado y
3. secado natural sobre pisos de cemento o bandejas.

La elección del método dependerá, en gran parte, de la cantidad de yuca a secarse, la disponibilidad de capital y el costo de mano de obra, así como la disponibilidad o no de fuentes de energía relativamente baratas. Se presentarán más detalles sobre los métodos de secado antes mencionados en la siguiente Sección.

Una vez secos los trozos, existen tres alternativas para su manejo, éstas son: 1. Que simplemente se empaquen los trozos para luego almacenarlos; 2. que los trozos de yuca se muelan en un molino de martillos, con el fin de aumentar la densidad del producto y así reducir los costos de

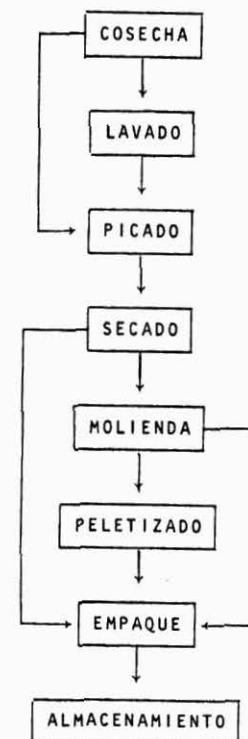


FIGURA 1. ESQUEMA DEL SECADO, MOLIENDA Y PELETIZADO DE LA YUCA

transporte; 3. en el caso que las plantas de procesamiento estén muy alejadas de los centros de consumo del producto es recomendable considerar el proceso de peletización que aumenta aún más la densidad del producto y facilita su manejo.

El empaque de los trozos de yuca seca y los pelets se hace en costales tejidos de yute o polietileno, mientras la harina de yuca requiere sacos de algodón o empaques multilaminares. Si es necesario almacenar los trozos durante un período prolongado es aconsejable verificar el grado de absorción de humedad y la formación de moho. Además se deben tomar las precauciones del caso para evitar los daños causados por roedores e insectos, teniendo en cuenta el peligro de usar venenos e insecticidas con efectos residuales.

Los estándares de calidad para los pelets, los trozos secos o la harina de yuca están basados en sus contenidos de almidón, humedad, fibra, cenizas y cianuro. Las especificaciones para los productos de yuca secos de buena calidad son las siguientes:

Almidón (mínimo)	62%
Fibra cruda (máximo)	5%
Cenizas o arena (máximo)	3%
Humedad (máximo)	14%
Acido cianhídrico (máximo)	100 ppm

#### Métodos de secado

a) Secado continuo artificial. Existen dos tipos principales de secado artificial que son apropiados para la yuca, secadores rotatorios y secadores de transportador. En el secador rotatorio el producto húmedo se hace girar en una cámara cilíndrica por la que pasa aire caliente mientras el producto se mantiene en agitación. La cámara cilíndrica de acero se monta sobre rodillos quedando ligeramente inclinada. La superficie interior de la cámara se halla provista de aletas batidoras que remueven el producto al girar la cámara, haciendo que el producto caiga a través de la corriente de aire caliente que pasa por el cilindro. El producto húmedo se introduce de manera continua por el extremo más levantado del cilindro y el producto seco se extrae por un rebosadero o tope dispuesto en el extremo más bajo del cilindro. El aire puede fluir concurrentemente o a contracorriente respecto a la dirección del movimiento de los sólidos. Debido al mezclado se consiguen altas velocidades de evaporación y un grado de desecación uniforme. El secador de transportador consiste en un túnel que puede tener hasta unos 24 m de longitud. El producto húmedo es conducido a través del sistema sobre una cinta transportadora y el movimiento del aire puede ser concurrente o contracorriente a la dirección del movimiento del producto. El sistema más comúnmente usado en la práctica es el flujo vertical en el que el aire atraviesa la cinta transportadora y la capa del producto. Se consiguen altas velocidades de desecación debido a la superficie relativamente grande expuesta al aire de secado y al íntimo contacto del aire y el producto.

Algunos fabricantes de secadores para yuca son los siguientes:

#### Secadores rotatorios

• Adolf Hubrich Maschinenbau 2000 Hamburg 1 Kirchenallee 25 Alemania Occidental Teléfono 249992	• Buell Limited George Street Parade Birmingham B3 1AA Inglaterra Teléfono 021 236 5391 Télex 338958
--	---

#### Secadores de transportador

• A.P.V. Mitchell (Dryers) Ltd. Denton Holme Carlisle CA2 5DU Inglaterra Teléfono 34433 Télex 64139	• Industrias Máquina D'Andrea S/A Rua General Jardim 645 01223 Sao Paulo Brasil Teléfono 255-6177 Télex 1124499 CAMB BR.
--	---

b) Secado por tanda en secadores de cama estática. Este método de secado consiste básicamente en el paso de un flujo uniforme de aire a través de una capa de producto de 100 a 300 mm de espesor. El secador es un compartimiento de construcción simple de ladrillo o madera el cual tiene un piso falso de lámina perforada sobre el que descansa el producto. Para que el secado sea uniforme es preciso rastrillar o voltear el producto. Los principales inconvenientes de este tipo de secador son los largos tiempos de secado, aunque es el método más comúnmente utilizado a nivel de finca para secar granos y algunos forrajes. Debido a la elevada humedad inicial de ciertos cultivos como la yuca se puede aprovechar al máximo la capacidad secadora del aire usando un sistema en el cual la corriente de aire es reversible, es decir, el aire caliente se pasa primero por un compartimiento y luego por el segundo. La dirección de la corriente de aire se invierte al descargar y recargar el primer compartimiento para que el segundo reciba el aire seco y termine de secarse. El desarrollo del secado en camas estáticas para productos agrícolas se ha realizado principalmente en el Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem, Brazil (Sinício y Roa, 1980) y actualmente la aplicación del método, para el caso de la yuca, se está perfeccionando en el CIAT.

c) Secado natural sobre pisos de cemento y en bandejas. En el secado sobre pisos de cemento los trozos de yuca se esparcen uniformemente sobre la superficie, empleando un rastrillo de madera como el que aparece en la Figura 2. Para obtener un secamiento uniforme se voltean los trozos a intervalos de dos horas o menos, usando el rastrillo que aparece en la Figura 3. Por la noche o antes de que llueva se recogen los trozos de yuca con garlanchas de madera (Figura 4), y se cubren con plástico o lona. El secado en bandejas inclinadas permite acelerar el período de secado, logrado por la acción adicional de la circulación de aire a través de los trozos. Las bandejas están construidas con un marco de madera cuya base está formada por una malla de gallinero de 1" y una malla plástica fina (Figura 5).

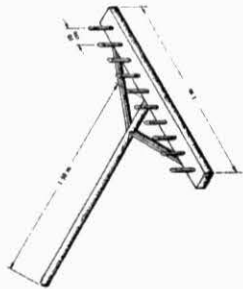


FIGURA 2. RASTRILLO DE MADERA PARA ESPARCIR LOS TROZOS DE YUCA SOBRE EL PISO DE CONCRETO.

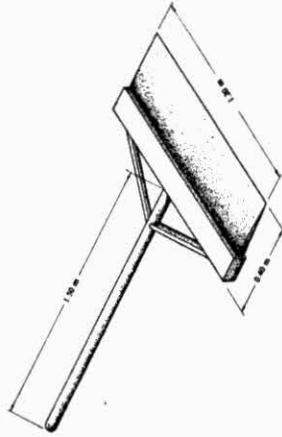


FIGURA 4. PALA DE MADERA PARA RECOGER LOS TROZOS DE YUCA.

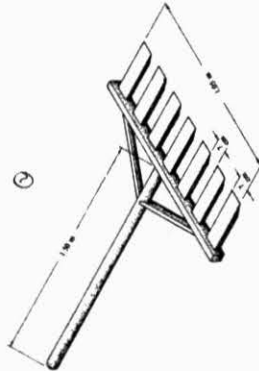


FIGURA 3. RASTRILLO DE MADERA PARA VOLTEAR LOS TROZOS DE YUCA SOBRE EL PISO DE CONCRETO.

Las bandejas se colocan en ángulo entre 25 y 30°, sobre dos hileras de postes y barandas de bambú a fin de aprovechar al máximo la dirección del viento (Figura 6). Antes de que llueva se apilan las bandejas horizontalmente, una encima de la otra y se cubre la bandeja superior con lona o con lámina de hierro corrugado (Figura 7). La bandeja inferior va colocada sobre dos postes de bambú que la mantienen por encima del nivel del terreno. Una de las ventajas del secado en bandejas sobre el secado en piso es la posibilidad de aprovechar las horas de la noche para iniciar el secado en las épocas en que no llueva.

#### Teoría de secado

En esta sección se pretende hacer algunas consideraciones sobre los aspectos teóricos del secado de productos agrícolas mediante el aire caliente, con énfasis en el secado de los trozos de yuca.

##### a. Terminología

1. Contenido de humedad. El contenido de humedad de un producto se expresa sobre la base del peso húmedo, es decir, masa de agua por unidad de masa de producto húmedo.

$$\text{Ecuación A} \quad C = \frac{Ma}{Ma + Ms} \times 100$$

Donde,  $C$  = Contenido de humedad, %.  
 $Ma$  = Masa de agua, g.  
 $Ms$  = Masa de componentes sólidos secos, g.  
 $Ma + Ms$  = Masa total del producto, g.

Empleando la Ecuación A se puede determinar las siguientes variables:

1. El contenido de humedad de la yuca fresca.  
 Ejemplo. Una muestra de 110 g de yuca fresca se seca en un horno hasta que el peso se mantenga constante en 36 g (es decir, se elimine toda el agua, dejando solo los componentes sólidos). Cuál era el contenido de humedad de la yuca fresca ?

En la Ecuación A,  $Ms = 36$  g y  $Ma = 110 - 36 = 74$  g.

$$C = \frac{74}{74 + 36} \times 100$$

$$= 67.3\%$$

2. El rendimiento de yuca, a secarse a un contenido de humedad determinado.  
 Ejemplo. Las raíces frescas de una variedad de yuca tienen un contenido de humedad de 65%. Cuánto pesarán 1000 kg de estas raíces al secarse a 14% de humedad ?

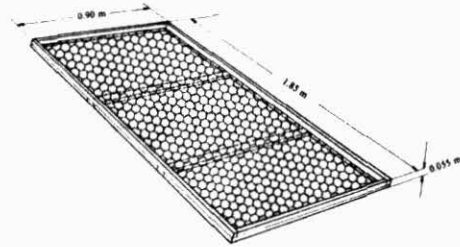


FIGURA 5. BANDEJA DE MARCO DE MADERA CON BASE DE MALLA DE GALLINERO Y ANJEO PLASTICO.

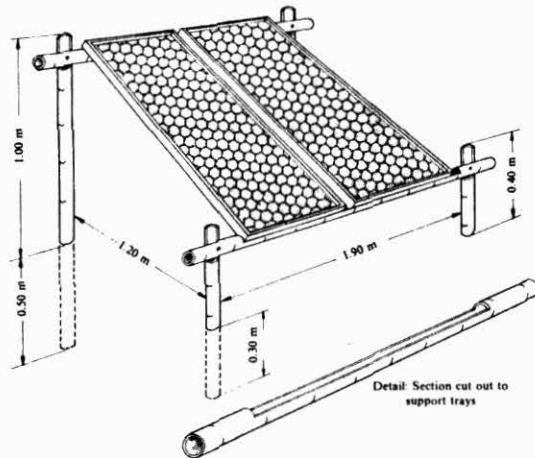


FIGURA 6. MARCO DE BAMBU QUE SIRVE DE SOPORTE A LAS BANDEJAS DE SECAMIENTO.

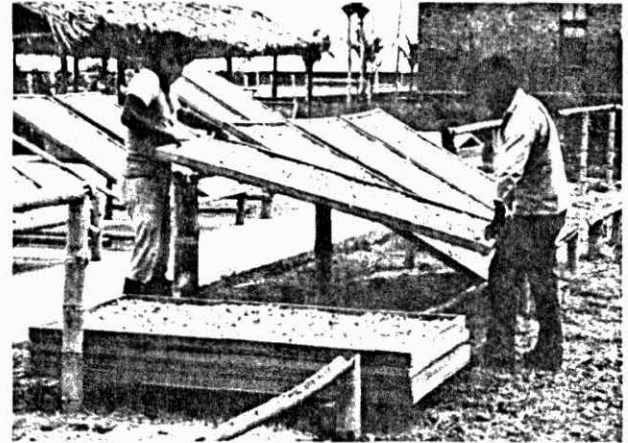


FIGURA 7. BANDEJAS DE SECAMIENTO INCLINADAS CON BASE DE MALLA, QUE SE PUEDEN APILAR EN LA NOCHE O ANTES DE QUE LLUEVA.

Hay que hacer el cálculo en dos etapas:

Etapa 1. Calcular el peso de los componentes sólidos secos en la cantidad original. En la Ecuación A,  $C = 65\%$  y  $Ma + Ms = 1000$  kg.

$$Ma = \frac{(Ma + Ms)(C)}{100} = \frac{1000}{100} \times 65$$

$$Ma = 650 \text{ kg}$$

$$\text{y } Ms = 1000 - 650$$

$$Ms = 350 \text{ kg}$$

Etapa 2. Substituir nuevamente en la Ecuación A para determinar la nueva masa de agua en la yuca seca, donde  $C = 14\%$  y  $Ms = 350$  kg.

$$C = \frac{Ma}{Ma + Ms} \times 100$$

$$14 = \frac{Ma}{Ma + 350} \times 100$$

$$14(Ma + 350) = 100 Ma$$

$$Ma(100 - 14) = 14 \times 350$$

$$Ma = 57 \text{ kg}$$

Entonces el peso final de la yuca seca, con un contenido de humedad de  $14\%$ , será  $407$  kg.

2. Contenido de humedad de equilibrio. En general cuando un producto orgánico se mantiene en contacto con aire a temperatura y humedad constantes, hasta que se alcance el equilibrio, el producto adquiere un contenido de humedad definido. Este contenido de humedad se denomina contenido de humedad de equilibrio del producto bajo las condiciones especificadas. Es posible medir el contenido de humedad de equilibrio del producto bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad y de esta forma construir curvas que relacionen el contenido de humedad del producto y la humedad de la atmósfera con la que se encuentra en equilibrio, a diferentes temperaturas. Estas gráficas son denominadas isotermas de sorción y en la Figura 8 se presentan curvas características para el caso de la yuca. El conocimiento de las características de sorción de los productos que se van a secar es importante ya que, de hecho, el contenido de humedad de equilibrio es el contenido de humedad más bajo que puede alcanzarse en unas condiciones dadas de temperatura y humedad. También es importante comprender la conducta de la sorción al estudiar la estabilidad durante el almace-

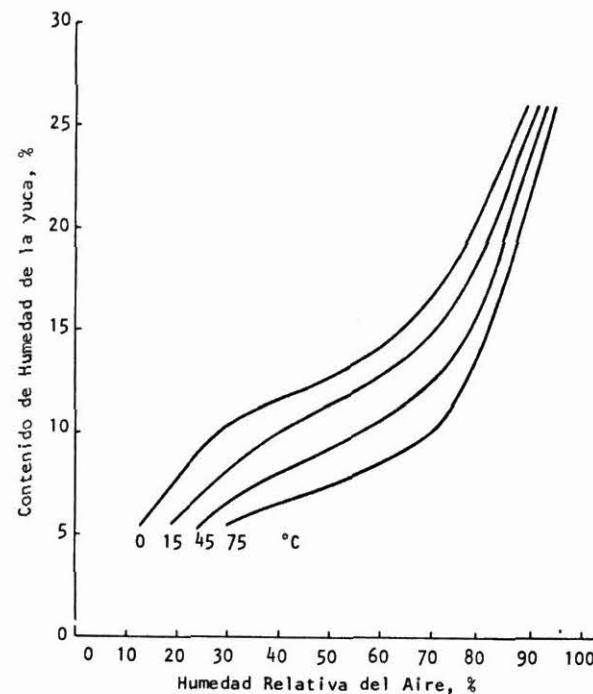


FIGURA 8. ISOTERMAS DE SORCION DE LA YUCA (ROA, 1974).

miento de los productos secos.

b. Factores que afectan el secado de la yuca

Los factores que pueden afectar el tiempo de secado de la yuca son: la geometría (forma y tamaño) de los trozos, la carga de los trozos por unidad de área, la velocidad, temperatura y humedad del aire, así como el contenido de materia seca de los trozos frescos. En secadores de calor artificial todos estos parámetros pueden ser optimizados para minimizar el tiempo de secado y garantizar un producto de buena calidad. En el secado natural donde la fuente de calor es la radiación solar, la velocidad, temperatura y humedad del aire dependen de las condiciones ambientales, sobre las cuales hay poco control. A continuación se examinan cada uno de estos parámetros.

1. Geometría de los trozos. La eliminación del agua en los trozos de yuca se produce por el movimiento del agua desde el interior del sólido a la superficie donde se evapora en la corriente principal del aire de secado. Por lo tanto, la velocidad del secado depende del área total de la superficie de los trozos y de la velocidad a la cual se elimina el aire saturado. El tiempo de secado puede disminuirse picando las raíces de forma que se obtengan trozos regulares y de un tamaño tal que permita mantener una uniformidad estructural y una circulación libre de aire entre los trozos.

La mayoría de las investigaciones que se han realizado acerca de la geometría de los trozos de yuca se relacionan con el secado natural sobre pisos de cemento o bandejas. Según Roa y Cock (1973), se obtienen características óptimas para el secado natural con trozos de yuca en la forma de barras rectangulares de dimensiones de 8 x 8 x 50 mm. Por otro lado, Thanh et al., (1978) secaron trozos de yuca de diferentes formas (círculos, bloques rectangulares, cubos, tiras o astillas y rodajas) y de diferentes dimensiones (espesor 1-5 mm, longitud 10-80 mm y ancho 5-25 mm) sobre piso de concreto o en bandejas y concluyeron que la forma y tamaño influyen mucho en la duración del secado. Ospina y Vasconcellos (1980) compararon tres diferentes formas de geometría, barras rectangulares 10 x 10 x 50 mm, rodajas 10 mm de espesor y cubos 10 x 10 x 10 mm, en pruebas de secado utilizando un secador de cama estática con capas de 100 mm y encontraron que la yuca cortada en forma de cubos presentó la mayor eficiencia de secado.

En la práctica, existen dos modelos de máquina picadora que se usan predominantemente en Malasia y Tailandia. Ambos modelos utilizan una armazón básica similar y la diferencia entre los dos reside en el disco giratorio; en el caso del modelo de Malasia, se requiere un mínimo de 4 cuchillas corrugadas, las cuales son intercambiables, montadas sobre un disco de 10 mm de espesor (Figura 9); en el modelo de Tailandia el disco giratorio de lámina de hierro de 2 mm de espesor es perforado con seis filas de agujeros de 25 mm de diámetro cuyos bordes cortantes permiten obtener trozos de yuca de 4-6 mm de espesor (Figura 10). Los detalles técnicos de los dos modelos están descritos por

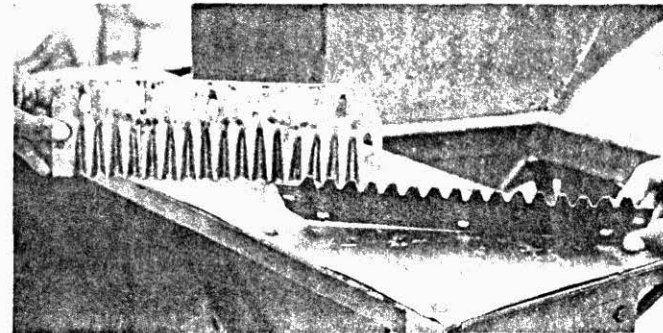
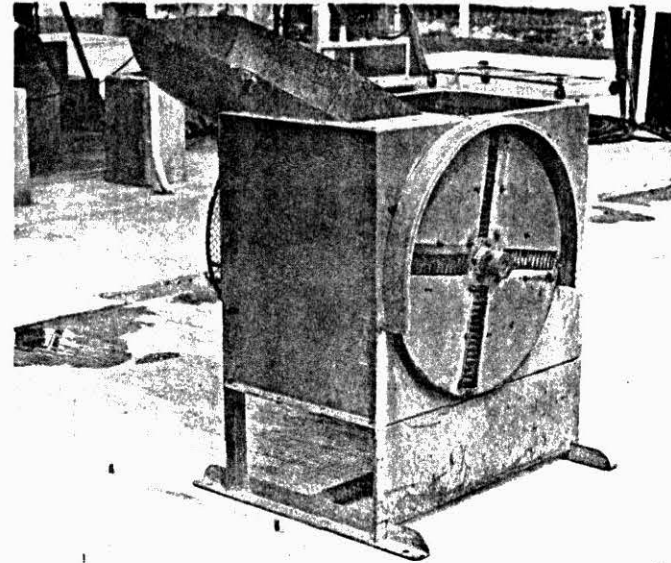


FIGURA 9. MÁQUINA PICADORA DE YUCA TIPO MALASIA (A) Y DETALLE DE LAS CUCHILLAS INTERCAMBIABLES (B).

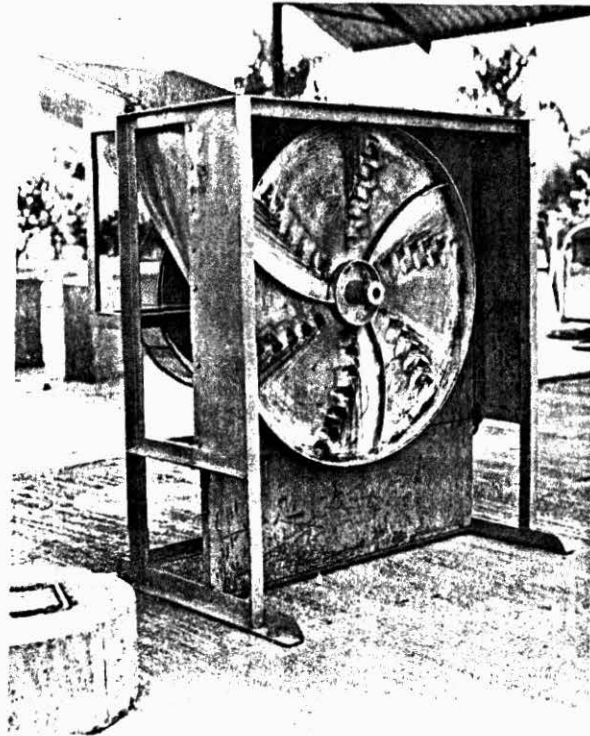


FIGURA 10. MAQUINA PICADORA DE YUCA TIPO TAILANDIA

Best (1979) y Thanh et al. (1979). En el Brasil se está desarrollando otro tipo de máquina que produce barras rectangulares de 10 mm cuadrados de sección (Sinicio y Roa, 1980).

2. Carga de trozos por unidad de área. La carga de trozos de yuca a esparcirse por unidad de superficie, medida en kilogramos de producto fresco por metro cuadrado,  $\text{kg/m}^2$ , es principalmente una función del flujo de aire a través de la capa de los trozos. En el secado natural sobre pisos de cemento, la densidad de carga se limita por el poco movimiento del aire a nivel del suelo y, de acuerdo a las condiciones climáticas, la carga óptima parece situarse entre 5-10  $\text{kg/m}^2$ . Por otro lado, usando bandejas inclinadas la densidad de carga puede aumentarse según la velocidad del viento, como se puede apreciar en la siguiente información:

Características del viento		
Condiciones	Velocidad m/seg	Carga de las bandejas, $\text{kg/m}^2$
Calma, brisa suave	Hasta 1	10
Brisa constante	1-2	10-13
Viento constante	más de 2	13-16

En secadores de cama estática, en los cuales el secado de la capa de trozos progresa desde abajo hasta arriba en la dirección del flujo de aire, la profundidad de la capa parece estar controlada por la tasa de deterioración que se experimenta en las capas superiores de los trozos. En la práctica no se ha pasado de los 300 mm de espesor, que equivale a una carga de aproximadamente 165  $\text{kg/m}^2$ , usando caudales de aire que varían entre 43 y 103  $\text{m}^3/\text{min}$ /tonelada de yuca fresca, según la temperatura y humedad relativa que se empleen (Ospina, 1980).

3. Velocidad, temperatura y humedad del aire. Las características de secado de los trozos de yuca usando calor artificial han sido estudiadas con diferentes temperaturas (55, 66 y 77°C), velocidades de circulación de aire (31, 61 y 84  $\text{m/min}$ ) y con espesores variables (50, 80 y 100 mm) de las capas de trozos de yuca a secarse (Webb and Gill, 1974). Se encontró que el proceso de secado con calor artificial era de naturaleza difusional con una fase inicial de secado rápido, pero una segunda etapa de secado más lenta hacia el final. En esta segunda etapa, la resistencia interna para la movilización del agua más que los factores externos controlan la velocidad de secado. Por otro lado, Chirife y Cachero (1970) variando la profundidad de la capa de trozos (20-120 mm), la velocidad del aire (2300 - 5200  $\text{kg/h-m}$ ) y la temperatura del aire (55 - 100°C), concluyeron que para capas hasta 120 mm el período de secado no disminuye con velocidades de aire mayores de 4500  $\text{kg/h-m}$ . Además, encontraron que a temperaturas mayores de 84°C el producto se tuesta.



En el secado natural, el clima es un fenómeno sobre el cual hay poco control. Sin embargo, una apreciación de las variaciones de la temperatura y humedad relativa, la velocidad del viento y la radiación solar posibilita mejoras en el proceso de secado. Como se mencionó líneas arriba, el proceso de secado de la yuca se desdobra en dos fases y en el caso del secado natural esto significa lo siguiente:

- i) En la primera fase durante la cual los trozos frescos pierden humedad rápidamente, la circulación del aire en forma de viento es más importante que la temperatura y la humedad del aire. Siempre y cuando la velocidad del viento sea suficiente, esta etapa se puede completar cuando el tiempo está nublado e incluso de noche. Por lo tanto, en las épocas de baja precipitación pluvial, la yuca puede perder una cantidad apreciable de humedad si se la deja toda la noche en las bandejas, sobre los soportes. En la Figura 11 se presenta una curva característica del secado en bandejas inclinadas, en un ensayo en el cual el secamiento comenzó a las 5 pm y continuó durante la noche. El Cuadro 1 ilustra el efecto de la velocidad del viento en cinco localidades diferentes, sobre la cantidad de agua eliminada de los trozos de yuca y demuestra que cuanto más alta sea la velocidad del viento más rápido es el proceso de secado. En comparación, los trozos frescos de yuca que se dejan esparcidos sobre patios de cemento durante la noche pierden tan solo una cantidad pequeña de humedad debido a la baja velocidad del viento a nivel del suelo y a que no se los puede voltear con la frecuencia necesaria.

Cuadro 1. Pérdida de la humedad entre las 5 pm y las 8 am en cinco localidades con diferentes condiciones climáticas<sup>a/</sup>.

Parámetro	Lugar				
	1	2	3	4	5
Condiciones climáticas <sup>b/</sup>					
Temperatura, °C	19	20	22	27	27
Humedad relativa, %	87	87	79	71	84
Velocidad del viento, m/seg	.30	.45	.87	.35	.15
Contenido de humedad de la yuca					
A las 5 pm, %	59	60	63	61	64
A las 8 am, %	58	57	47	50	61
Pérdida de agua durante la noche, %					
	7	11	48	34	10

<sup>a/</sup> El secamiento se realizó en bandejas inclinadas con 10 kg de yuca fresca por m<sup>2</sup>.

<sup>b/</sup> Promedio de las condiciones climáticas entre las 5 pm y las 8 am.

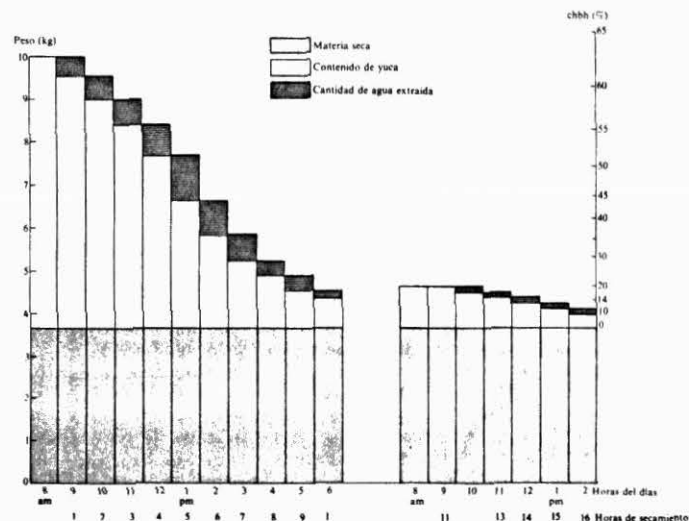


FIGURA 11. CURVA TÍPICA DE SECAMIENTO DE LOS TROZOS DE YUCA EN BANDEJAS; PERDIDA DE HUMEDAD CON RELACION A LA HORA DEL DÍA.

ii) En la segunda fase de secado, cuando el contenido de humedad de la yuca ha alcanzado aproximadamente 30%, la eliminación de agua es muy lenta y se requiere una temperatura alta para completar el proceso de secamiento. Durante esta fase, el contenido de humedad relativa del aire debe ser inferior a 65% para que el contenido de humedad de la yuca pueda alcanzar el nivel apropiado para el almacenamiento (referirse a la Figura 8). Algunas veces, particularmente durante la estación lluviosa, la humedad relativa del aire permanece por encima del 65% y el secamiento se prolonga hasta que el tiempo mejore. Para acelerar el secado sobre pisos de concreto especialmente en esta segunda fase, se ha investigado la factibilidad de pintar la superficie de negro o mezclando pigmento negro (polvo Bayer o humo de negro) en una relación de 5:1 (cemento : polvo negro) cuando se fragua la plataforma de secado. El aumento en la absorción de la radiación solar trae por consecuencia el incremento en la temperatura de la superficie de unos 6°C (Thanh et al., 1978). Sin embargo, la eficiencia del piso de color negro está ligada a la cantidad de trozos de yuca por unidad de superficie; la diferencia entre piso negro y de concreto común se reduce y elimina con cargas de 10 kg/m<sup>2</sup> de manera que no se justifica el gasto adicional para pintar o construir pisos de color negro.

En varias localidades se efectuaron una serie de ensayos con el objeto de determinar el tiempo de secamiento bajo diferentes condiciones climáticas. Los resultados se presentan en el Cuadro 2 e ilustran los siguientes puntos:

- a. El secamiento casi siempre toma más de 10 horas pero menos de 20. Únicamente bajo condiciones ambientales excepcionales la yuca se secará en menos de un día. Sin embargo, en los lugares donde la velocidad del viento y la radiación solar son bajas, el secamiento puede prolongarse y tomar casi tres días como sucedió ocasionalmente en la localidad 2.
  - b. Se requiere aproximadamente el mismo número de horas para secar el doble de la cantidad de trozos por m<sup>2</sup> en las bandejas en comparación con el piso de cemento.
  - c. En áreas muy húmedas (localidades 1, 2 y 5), la yuca se seca más rápidamente si la velocidad del viento es alta.
4. Contenido inicial de materia seca de la yuca. El contenido de materia seca de la yuca fresca, es afectada por varios factores tales como la variedad, la edad de cosecha y las condiciones edafo-climáticas, pero en general se encuentra en el rango entre 30 y 40%. Esta variación representa un 30% de diferencia en la cantidad de yuca fresca requerida para producir una tonelada de yuca seca, como se ilustra en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Efecto de las condiciones climáticas de cinco lugares sobre el tiempo de secado de trozos de yuca en bandeja y sobre piso de cemento a/.

Parámetro	Lugar				
	1	2	3	4	5
<b>Condiciones climáticas</b>					
Temperatura, °C	24	26	26	30	31
Humedad relativa, %	70	67	66	64	68
Velocidad del viento, m/seg	1.9	.8	1.2	.9	1.0
Radiación solar, cal/cm <sup>2</sup> /seg	.73	.58	.61	.65	.71
<b>Horas de secado b/</b>					
En bandejas a 10 kg/m <sup>2</sup>	12	19	13	12	13
Sobre piso cemento negro a 5 kg/m <sup>2</sup>	11	17	15	10	13

a/ Los ensayos de secamiento se realizaron entre 8 am y 6 pm.

b/ Las pruebas de secado se iniciaron a las 8 am y a las 6 pm se tapaba la yuca toda la noche. Por lo tanto, cada día constó de 10 horas de secado. Por ejemplo, un tiempo de secado de 17 horas significa un día de 10 horas más 7 horas del día siguiente.

Cuadro 3. Variaciones en el rendimiento de la yuca con diferentes contenidos de materia seca.

Contenido de materia seca de la yuca fresca, %	Cantidad de yuca fresca requerida para producir 1 ton de yuca seca con 10% de contenido de humedad, t	Rendimiento %
30	3.0	33.3
35	2.6	38.5
40	2.3	43.5

La selección de variedades con un alto contenido de materia seca es, por lo tanto, importante por las siguientes razones: menores tiempos de secado, menor requerimiento de mano de obra por tonelada de yuca seca y, en el caso de secado artificial, se disminuye el costo de combustible. En el proceso de secado de la Compañía Brasileira Máquina D'Andrea se ha incorporado una operación de prensado de los trozos de yuca antes de pasar al secador, en la cual se elimina 25-30% del agua (Vitti, 1966). Se ha hecho

un intento por adoptar esta práctica en el secado natural (Best, 1978) empleando una prensa manual con una capacidad de 70 kg por tanda. La eliminación de agua era satisfactoria, pero el secado no se logró acelerar por el hecho de que el agua, que se había extraído con la prensa, se elimina rápidamente en el proceso natural.

#### Requerimientos para el establecimiento de una planta procesadora

Hay una serie de factores a considerarse para iniciar el establecimiento y luego el funcionamiento de una planta procesadora para secar trozos de raíces de yuca. Varios intentos se han realizado en algunos países de América Latina y la mayoría de ellos han fracasado o no están funcionando a la escala de producción proyectada. Una de las razones principales de estos fracasos ha sido la falta de integración de las etapas de producción y de procesamiento y la limitada o escasa información de estudios reales de factibilidad económica. Teniendo en cuenta que gran parte de la producción de yuca se usa para consumo fresco, es muy difícil competir con este mercado, a menos que se aumente la producción considerablemente y se reduzcan los costos de producción de forma que el precio de la materia prima sea competitivo para agregarle los costos de procesamiento y obtener un producto final que puesto en el mercado pueda ser rentable.

Además de los datos de costo de producción del cultivo, los estudios de mercados potenciales para utilizar los productos procesados son de vital importancia. Frecuentemente, las áreas o regiones productoras de yuca están bastante alejadas de los centros de producción avícola o porcina y los costos de transporte adquieren considerable importancia.

Aunque la lista de factores a considerarse puede ser muy extensa, a continuación se enumeran aquellos que parecerían más relevantes e importantes:

- Disponibilidad de materia prima.
- Requerimientos de cantidad,
- Requerimientos cualitativos.
- Infraestructura.
- Mercadeo.
- Costos de producción.

La economía del procesamiento de yuca es afectada principalmente por dos situaciones competitivas (Edwards, 1974) :

- a) El suministro de yuca
  - i) La empresa de procesamiento debe ser competitiva con los otros usos de las raíces, especialmente con las situaciones de la agricultura de subsistencia en las que el mercado fresco es el más importante.
  - ii) La producción de yuca compite con otros cultivos en el uso de la tierra.

- b) La demanda del producto procesado; existencia del mercado para el cual el producto será usado.

Referente al suministro y disponibilidad de las raíces de yuca dos aspectos deben ser considerados, aunque uno depende en parte del otro : 1) el precio que se tiene que pagar para obtener las raíces y 2) la continuidad del abastecimiento. Desde que las áreas sembradas son a menudo programadas para cubrir la demanda de consumo fresco, es necesario que haya exceso de la oferta para cubrir la demanda de dicho mercado y poder procesar el resto.

Aparentemente dos posibles formas de lograr un abastecimiento regular de las raíces pueden ser: 1) la creación de organizaciones cooperativas entre los productores de fincas pequeñas o medianas con asistencia técnica y facilidades crediticias de entidades oficiales, y 2) el establecimiento de grandes plantaciones para empresas de gran tamaño que procesen todas las raíces que ellas mismas producen.

La necesidad de buenas vías y carreteras en la región de producción es indispensable para justificar la inversión de una agro-industria de esta naturaleza. Gran parte del éxito de la industria tailandesa se debe a la excelente red vial en las zonas productoras de yuca. La infraestructura vial y disponibilidad de transporte son esenciales.

El mercado principal del producto procesado lo constituirán las plantas procesadoras de alimentos concentrados para animales, especialmente para aves y cerdos. Debido a que gran parte de los países productores de yuca de América Latina son importadores de granos de cereales para cubrir la demanda para alimentación animal, no existe la menor duda de la existencia potencial del mercado para los trozos de yuca secos o harina de yuca. El factor principal lo constituye el precio relativo que se puede pagar por el producto que normalmente es del orden del 80-85% del precio del sorgo.

El precio del producto procesado dependerá de una serie de factores inherentes al procesamiento, pero principalmente del precio de la materia prima. Por ejemplo, en Tailandia el 56% del precio de los pellets de yuca puestos en Rotterdam (Holanda) lo constituye el precio pagado por las raíces al agricultor (Anonymous, 1977). Análisis económicos bastante detallados con modelos de costos para la producción de trozos secos y de pellets de yuca han sido descritos por Edwards (1974).

#### Conclusiones - El caso colombiano

El proceso de secado de trozos de yuca para su uso en alimentación animal deberá de ser económicamente factible y rentable para que pueda constituirse en un renglón importante para los productores de yuca. Es indispensable considerar la integración de la producción con el procesamiento del cultivo para poder asegurar cierto grado de éxito.

Las características de las regiones productoras del cultivo en América Latina permiten predecir que en la mayoría de casos las asociaciones, coo-

perativas u otras formas asociativas pueden ser las encargadas de difundir el proceso de secado de yuca para alimentación animal. En estas condiciones el método de secado más apropiado es el de secado natural, por ser un proceso fácilmente manejado por los mismos agricultores que requiere de poca inversión de capital y que permite la creación de fuentes de trabajo, especialmente en las épocas del año en las cuales, por la poca precipitación, las actividades agrícolas son muy limitadas.

La experiencia adquirida en la Costa Norte de Colombia sugiere que, aunque el proceso es muy sencillo, es indispensable establecer Plantas Pilotos demostrativas de preferencia con los mismos agricultores productores de yuca para mostrar la factibilidad real del proceso y poder obtener información básica en los costos de producción y de procesamiento. La posibilidad de aumentar la productividad del cultivo es de vital importancia para poder obtener raíces a menor precio que permitan dar margen de utilidad al procesamiento.

Es probable que en la mayoría de regiones productoras de yuca sea más conveniente la instalación de varias plantas procesadoras a escala pequeña que de muy pocas a gran escala. El aumento de tamaño de las plantas requerirá casi obligatoriamente la mecanización de las diferentes etapas de operación y por tanto un incremento de los costos de procesamiento.

Los resultados obtenidos en la Costa Norte indican que una planta con 500-1000 m<sup>2</sup> de área de piso puede ser de un tamaño manejable por una asociación de aproximadamente 20 agricultores. En un período de 4 meses, que corresponde a la época seca del año, una planta de 500 m<sup>2</sup> procesaría alrededor de 60 toneladas de yuca fresca por mes (cargas de 10 kg/m<sup>2</sup>, y dos días por cada tanda de secado, tres tandas por semana) ó 240 toneladas en los 4 meses. A un rendimiento del 38% daría un total de aproximadamente 90 toneladas de trozos secos.

En el Cuadro 4 se detallan las inversiones en instalaciones, equipos y herramientas que se requerirían para montar una planta de este tamaño. Por otro lado, en el Cuadro 5 se presentan los costos de producción de una tonelada de yuca seca, referente al primer semestre del año 1982. Se puede apreciar que el costo de la materia prima representa alrededor del 83% del costo total de producción. La utilidad, que es de \$1,175.00 por tonelada de yuca seca, podría aumentarse considerablemente rebajando el precio de compra de la materia prima, para lo cual va a ser indispensable aumentar la productividad del cultivo de la yuca.

Una de las limitantes del secado natural es el tiempo restringido de secado debido a las condiciones climáticas. Actualmente, se está viendo la factibilidad de prolongar el período de operación, mediante el perfeccionamiento del método de secado en camas estáticas y la incorporación de un sistema de calentamiento del aire. De acuerdo a la región donde se ubica la planta de secado, existen varios sistemas que podrían ofrecer alternativas viables, tales como la captación de la radiación solar mediante colectores solares y la quema de leña, carbón o residuos agrícolas.

Cuadro 4. Inversiones requeridas para instalar una planta de secado de yuca de 500 m<sup>2</sup> de piso de concreto, en pesos colombianos<sup>1/</sup>.

Item	Valor Unitario \$	Valor Parcial \$	Valor Total \$
			289,500
<b>a. Instalaciones</b>			
Patio de secado, 500 m <sup>2</sup>	500/m <sup>2</sup>	250,000	
Bodega de almacenamiento, 50 m <sup>3</sup>	500/m <sup>3</sup>	25,000	
Cerca de malla de alambre, 90 m	50/m	4,500	
Cobertizo para la máquina picadora	-	10,000	
			95,000
<b>b. Equipos</b>			
Máquina picadora		60,000	
Motor a gasolina, 3hp		20,000	
Báscula, 500 kg capacidad		15,000	
			29,700
<b>c. Herramientas</b>			
2 carretas	2,500	5,000	
4 palas	250	1,000	
4 rastrillos	100	400	
4 recogedores	200	800	
250 empaques	40	10,000	
1 carpa plástica	50/m <sup>2</sup>	12,500	
Sub-total de Inversiones			414,200
Imprevistos, 5%			20,700
<b>TOTAL</b>			<b>434,900</b>

<sup>1/</sup> US\$1.00 = Col.\$ 60.00 en Enero, 1982.

Cuadro 5. Costos de producción y precio de venta de una tonelada de yuca seca, en pesos colombianos <sup>1/</sup>

Item	Costo \$
Materia prima, 2,600 kg a \$3.70/kg.	9,620
Mano de obra, 2.5 jornales a \$250/jornal.	625
Combustibles, transporte y otros	1,380
<b>TOTAL</b>	<b>11,625</b>
Precio de venta de yuca seca puesta en la planta de concentrados \$12.80/kg.	12,800
Utilidad por tonelada de yuca seca.	1,175

<sup>1/</sup> US\$1.00 = Col.\$60.00 en Enero, 1982.

#### BIBLIOGRAFIA

- Anonymous. 1977. Cassava export potential and market requirements. Geneva. Int. Tr. Centre, UNCTAD/GATT. 65 p.
- Best, R. 1978. Cassava processing for animal feed. In Cassava Harvesting and Processing: Proceedings of a Workshop held at CIAT, Cali, Colombia 24-28 April 1978. Ottawa IDRC-114e, p.12-20.
- Best, R. 1979. Cassava Drying. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. Series OSEC-4, March 1979. 24 p.
- Chirife, J. y R.A. Cachero. 1970. Through circulation drying of tapioca root. J. Food Sci., 35:364-368.
- Edwards, D. 1974. The industrial manufacture of cassava products: an economic study. Tropical Products Institute. 688. 43 p.
- F.A.O. 1981. 1980 Production Yearbook. Vol. 34. Rome, FAO.
- Ospina, J.E. 1980. Quantificação da deterioração de mandioca durante a secagem em barcaca por convecção forçada de ar aquecido com coletor solar. Tesis de Maestría, Universidad Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola. 100 p.
- Ospina, J.E. e J.L. Vasconcellos. 1980. Comparação de tres formas de mandioca secadas en barcaca solar. Anais do Primer Congresso Brasileiro de Mandioca. Vol. 1, p.483-497.
- Pachico, D. 1980. Prospects for the feed concentrates industry in Latin America: Market potential for Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Colombia. Internal Document March 1980. 24 p.
- Phillips, T.P. 1974. Cassava utilization and potential markets. Ottawa, Canada. International Development Research Centre. IDRC-020e. 182 p.
- Roa, G. 1974. Natural Drying of Cassava. Ph.D. Thesis. East Lansing, Michigan State University. Department of Agricultural Engineering. 234 p.
- Roa, G. and J.H. Cock. 1973. Natural drying of cassava. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Palmira, Colombia. 11 p.
- Sinício, R. e G. Roa. 1980. Secador rural de café, cacau, mandioca e outros produtos agropecuários com uso de energia solar. Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem. Serie CENTREINAR No.1. 22 p.
- Thanh, N.C., S. Muttamara and B.N. Lohani. 1978. Drying techniques for improvement of tapioca chips in Thailand. Thai J. Agr. Sci. 11:45-55.

Thanh, N.C., S. Muttamera, B.N. Lohani, B.V.P.C. Rao and S. Burintratikul.  
1979. Optimization of Drying and Pelleting Techniques for Tapioca  
Roots. International Development Research Centre - Asian Institute of  
Technology. Final Report No. III. Bangkok, Thailand. 119 p.

Vitti, P. 1966. Industrialização de mandioca, produção de amido, raspa e  
farinha de raspa. Bol. Cent. Trop. Pesq. Technol. Aliment. 6:26-33.

Webb, B.H. and K.S. Gill. 1974. Artificial heat drying of tapioca chips.  
Malaysia Agric. Res. 3:67-76.