

# MANUAL DE PRODUCCIÓN DE TROZOS SECOS DE YUCA PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL



SB  
211  
.C3  
A46



SB  
211  
.03  
A 46



0

**Manual para la producción de trozos secos de yuca integral  
para alimentación animal.**

**Lisímaco Alonso Alcalá  
Vicente Zapata  
2005**



09 AGO. 2005

220987

Versión Preliminar para Validación  
Prohibida su reproducción © CIAT, 2005



ENHANCING FOOD SECURITY IN HAITÍ  
Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT  
Apartado Aéreo 6713  
Cali, Colombia

ISBN:  
Copias: 30 Versión Beta  
Impreso en Colombia  
Marzo 2005

Título: Manual para la producción de trozos secos de yuca integral  
Para alimentación animal.. **Lisímaco Alonso Alcalá**, Cali – Colombia, Proyecto  
Haití, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT  
Diseño didáctico: Vicente Zapata Sánchez, CIAT.  
Diagramación y edición: Juliana María Medina Figueroa CIAT  
No. de páginas: 282

Descriptores: 1. Yuca. 2. Procesamiento de yuca. 3. Calidad en el  
procesamiento de yuca seca.. 4. Planta de procesamiento de yuca. 5. Secado  
Natural de yuca.

I. Tit. II Alonso Alcalá, Lisímaco. III Zapata, Vicente. IV Centro Internacional de  
Agricultura Tropical - CIAT

Categorías temáticas:    Procesamiento de yuca seca  
                                  Secado Natural  
                                  Plantas de procesamiento de yuca seca

#### **Nota aclaratoria de Referencias**

**En la presente versión preliminar de este manual está pendiente la identificación de referencias cruzadas con otros autores y textos, que corresponden al esfuerzo realizado de recopilación, selección y sistematización de información para desarrollar el presente manual. Esta actividad se encuentra en proceso, antes de la publicación definitiva de este manual**

# CONTENIDOS

	Página
<b>Presentación</b>	<b>1</b>
<b>Objetivo del manual</b>	<b>2</b>
<b>Usuarios del manual</b>	<b>3</b>
<b>Objetivo general de capacitación</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos específicos</b>	<b>3</b>
<b>Introducción</b>	<b>4</b>
<b>Estructura general del manual</b>	<b>5</b>
<b>Instrucciones de uso del manual</b>	<b>6</b>
<b>Dinámica de presentación y exploración de expectativas</b>	<b>6</b>
<b>Evaluación inicial de conocimientos</b>	<b>12</b>
<b>SECCIÓN 1</b>	<b>1.1</b>
Estructura de la Sección	1.3
Objetivos	1.4
Preguntas Orientadoras	1.4
1.1 Introducción.	1.5
1.2 Descripción de las Raíces frescas (materia prima)	1.5
1.2.1 Generalidades	1.5
1.2.2 Partes de la raíz de la yuca.	1.6
1.3 Deterioro Post-Cosecha De Las Raíces De Yuca.	1.6
1.3.1 Deterioro Fisiológico.	1.7
1.3.2 Deterioro Microbiano.	1.8
1.3.3 Composición química	1.9
Ejercicio 1.1 identificación de los componentes físicos y químicos de una Raíz de yuca fresca.	1.10

Documentación Recomendada	1.10
<b>SECCIÓN 2</b>	<b>2.1</b>
Estructura de la Sección	2.3
Objetivos	2.4
Preguntas Orientadoras	2.4
2.1 Introducción.	2.5
2.2 Etapas y Equipos del proceso de producción de trozos secos de yuca.	2.5
2.2.1 Cosecha.	2.5
2.2.1.1 Cosecha manual.	2.5
2.2.1.2 Cosecha Mecanizada.	2.7
2.2.2 Pesaje	2.9
2.2.3 Lavado	2.10
2.2.4 Picado en trozos.	2.10
2.2.5 Secado	2.11
2.2.6 Premolienda	2.13
2.2.7 Molienda.	2.14
2.2.8 Almacenamiento.	2.14
Práctica 2.1 Proceso de producción de trozos secos de yuca integral.	2.15
Documentación Recomendada	2.16
<b>SECCIÓN 3</b>	<b>3.1</b>
Estructura de la Sección	3.3
Objetivos	3.4
Preguntas Orientadoras	3.4
3.1 Introducción.	3.5
3.2 Zona de picado.	3.5
3.3 Zona de secado.	3.6

3.3.1 Piso.	3.7
3.3.2 Bandejas.	3.9
3.4 Bodega de almacenamiento.	3.10
3.5 Laboratorio de Control de calidad.	3.11
3.6 Oficinas.	3.11
Práctica 3.1 Plantación de una Planta de Yuca: Procesamiento, Secado, Almacenamiento y Control de Calidad	3.12
Documentación Recomendada.	3.12
<b>SECCIÓN 4</b>	<b>4.1</b>
Estructura de la Sección	4.3
Objetivos	4.3
Preguntas Orientadoras	4.4
4.1 Introducción.	4.5
4.2 Esparcir los trozos.	4.5
4.3 Voltrear los trozos.	4.5
4.4 Recolección y empaque.	4.6
4.5 Implementos para secado en pisos	4.7
Ejercicio 4.1. Practica de secado natural de trozos de yuca sobre patios de cemento.	4.8
Documentación recomendada.	4.8
<b>SECCIÓN 5</b>	<b>5.1</b>
Estructura de la Sección	5.3
Objetivos	5.3
Preguntas Orientadoras	5.4
5.1 Introducción.	5.5
5.2 Llenado de bandejas	5.5
5.2.1 Densidad de carga en las bandejas	5.6

5.3	Etapas del secado en bandejas	5.7
5.3.1	Etapa inicial	5.7
5.3.2	Etapa final	5.7
5.4	Recolección de los trozos secos	5.7
	Práctica 5.1. Secado natural de Trozos frescos de Yuca en Bandejas	5.8
	Documentación recomendada.	5.8

<b>SECCIÓN 6</b>		<b>6.1</b>
	Estructura de la sección	6.3
	Objetivos	6.3
	Preguntas Orientadoras	6.4
6.1	Introducción.	6.5
6.2	Integración de la Empresa para un control total de calidad exitoso	6.6
6.2.1	El mercadeo	6.6
6.2.2	Los recursos humanos	6.6
6.2.3	Los recursos financieros	6.7
6.2.4	La administración	6.7
6.3	Control de calidad de las Raíces Frescas de yuca	6.7
6.3.1	Características relacionadas con la calidad química de las raíces o su composición.	6.8
6.3.2	Características físicas de las raíces	6.9
6.4	Procedimiento de control de calidad de cada lote de yuca fresca	6.12
6.4.1	Valores límites de los parámetros de calidad	6.12
6.4.2	Inspección y toma de muestras	6.13
6.5	Control de proveedores	6.15
6.6	Empaques	6.16
	Ejercicio 6.1 Control de calidad de un lote de raíces frescas que llega a la empresa YUCA SECA DE HAITÍ	6.16

Documentación Recomendada	6.16
<b>SECCION 7</b>	<b>7.1</b>
Estructura de la Sección	7.3
Objetivos	7.4
Preguntas orientadoras	7.4
7.1 Introducción.	7.5
7.2 Supervisión del proceso de producción de yuca.	7.5
7.2.1 Almacenamiento previo de las raíces antes del picado	7.7
7.2.2 Lavado opcional de las raíces de yuca.	7.7
7.2.3 Cubrimiento de los trozos en la noche.	7.7
7.2.4 Revisión de la humedad final de los trozos secos	7.8
7.2.5 Recolección de los trozos secos	7.8
7.2.6 Almacenamiento	7.8
7.3 Inspección de la calidad	7.9
7.3.1 Calidad nutricional de la yuca seca	
7.3.2 Comentarios sobre los principios nutricionales de la yuca seca	7.9
7.3.3 Normas de calidad que rigen el mercado de la yuca seca para consumo animal	7.11
7.3.4 Calidad microbiológica	7.15
7.4 Procedimiento de muestreo de los trozos secos	7.16
7.4.1 Definiciones	7.16
7.4.2 Numero de muestras parciales	7.16
7.4.3 Preparación de la muestra global y reducida	7.17
Ejercicio 7.1: Diagnóstico de las fallas que afectan la calidad final de los trozos secos de yuca durante el proceso	7.17
Documentación Recomendada	7.18
<b>Anexos</b>	<b>A1</b>



## Presentación

Los productores de yuca fresca consideran el mercado de los trozos secos integrales para el consumo animal como otra alternativa para diversificar la venta de su producto, que en este caso son las raíces frescas.

El mercado de los trozos secos de yuca integral para el consumo animal ha estado desarrollándose lentamente en algunos países de Latinoamérica, con sus altibajos naturales porque depende mucho del mercado del maíz amarillo norteamericano. En Haití, el Ciat y World Vision International han empezado a vislumbrar la posibilidad de usar los trozos secos de yuca como materia prima en las raciones de alimentos que producen y consumen algunas empresas avícolas con sede en su capital Puerto Príncipe, principalmente.

Este manual ha sido creado con el fin de capacitar inicialmente a todos los profesionales y técnicos que trabajan en el medio ambiente de las comunidades rurales al lado de productores que desean establecer sistemas autónomos y sostenibles para la producción de yuca seca como materia prima de buena calidad para la Preparación de raciones o alimentos balanceados para animales. Clayuca ha fundamentado este manual de capacitación en las experiencias de establecimiento de estas agroindustrias en la costa norte de Colombia, principalmente y en regiones de algunos otros países como Ecuador, Brasil, Panamá, etc.

*Este manual representa el esfuerzo por recopilar, seleccionar y sistematizar una variedad de conocimientos de muchos actores que han trabajado en el tema de yuca y su procesamiento en general. Debemos agradecer por sus contribuciones a:*

*Nuestro reconocimiento a los aportes científicos y técnicos preliminares a esta publicación en los que se basa la totalidad del manual.*

*Este documento de carácter didáctico enfatiza su atención en dos tipos de usuarios que obtendrán el mayor provecho:*

- a. Los facilitadores de procesos de aprendizaje sobre el procesamiento de yuca seca*
- b. Los agricultores beneficiarios de este conocimiento.*

*De esta manera, nuestra labor ha sido seleccionar de una gran variedad de fuentes de información, un conjunto de conocimientos que hemos sistematizado y ordenado de forma que el tema de procesamiento de yuca sea accesible integralmente a los beneficiarios de esta información a través de la capacitación*



Clayuca, como el consorcio latinoamericano y del caribe para la investigación y el desarrollo del cultivo de la yuca-CLAYUCA sigue apoyando el desarrollo de estas agroindustrias, que en este momento en Colombia han empezado a manejar volúmenes relativamente importantes de yuca seca con base en áreas sembradas que superan fácilmente las 500 hectáreas por año para algunos de los proyectos mas importantes. El presente manual ha tratado de incluir todo el conocimiento que se ha logrado desde la década de los años 80 cuando se estableció la primera empresa en un pequeño pueblo de la costa atlántica de Colombia.

Este manual ha abarcado inicialmente siete temas. En la Sección 1 se describe a la yuca fresca como materia prima para la elaboración de los trozos secos. En la Sección 2 se trata el tema del procesamiento y de las diferentes etapas que lo componen. En la Sección 3 se toca el tema de las áreas e infraestructura que es necesaria en el establecimiento de una planta productora de trozos secos. La Sección 4 se dedica al tema del secado natural sobre pisos de cemento o concreto y la Sección 5 trata el tema del secado natural pero empleando bandejas inclinadas como una variante del secado sobre el piso.

En las secciones 6 y 7 se maneja el tema del control de calidad en las raíces, la supervisión del proceso productivo y la inspección final del producto terminado.

Este manual se encuentra en proceso de validación. Por tanto, su versión final para distribución amplia será posible una vez recogidas las sugerencias de los usuarios, durante los eventos de capacitación en los que se utilice. Esperamos que todos aquellos interesados en el tema y que tengan la oportunidad de revisarlo nos envíen sus sugerencias de cambios y ajustes a [l.alonso@cgiar.org](mailto:l.alonso@cgiar.org)

### **Objetivo del Manual**

En el presente manual se ofrece información básica para producir trozos secos de yuca para el uso como materia prima en la fabricación de alimentos balanceados para animales. Al finalizar el estudio de este manual y las prácticas de aplicación sugeridas en el mismo, el lector podrá planear, construir y operar una planta de secado natural de raíces de yuca, utilizando pisos de concreto y bandejas inclinadas como una técnica adicional. Los participantes en la capacitación estarán en capacidad de apoyar grupos de productores en el establecimiento de pequeñas empresas productoras de yuca seca.



## Usuarios del Manual

Este manual es una herramienta de trabajo para todos aquellos profesionales y técnicos dedicados a facilitar procesos de establecimiento de pequeñas empresas productoras de yuca seca. También es útil para profesores de ciencias agrícolas y estudiantes interesados en el tema y en general, para líderes comunitarios que promueven el desarrollo agro empresarial rural

## Objetivos generales de la Capacitación

- Diseñar, establecer y operar una planta de producción de trozos secos integrales a partir de raíces frescas de yuca, utilizando sistemas naturales de secado en piso de concreto o cemento y bandejas inclinadas como una técnica alterna de secado.
- Diseñar un evento de capacitación para grupos de agricultores de yuca con proyectos de montaje de plantas productoras de trozos secos de yuca integral

## Objetivos específicos

- Caracterizar física y químicamente las raíces de yuca
- Describir cada una de las operaciones, indicando su importancia o función dentro del proceso
- Elaborar un diagrama de flujo de las operaciones que contribuyen en el proceso de producción de trozos secos integrales a partir de raíces frescas.
- Realizar una lista de las zonas más importantes que componen una planta de secado con sus respectivas funciones.
- Elaborar el plano de una planta productora de yuca seca donde estén localizados las zonas más importantes de trabajo.
- Describir las diferentes actividades del proceso del secado natural de trozos frescos sobre un patio de cemento.
- Elaborar un cronograma detallado de las actividades que se ejecutan durante todo el proceso secado natural.
- Identificar las actividades que deben de realizarse durante el secado de trozos secos de yuca en bandejas mediante un esquema que las muestre de manera secuencial y ordenada.
- Establecer el plan de control de la calidad de las raíces de yuca fresca para cada lote que reciba la empresa productora de trozos secos de yuca.
- Establecer el plan de supervisión del proceso y las pautas para la inspección de calidad de los trozos secos.



## **Introducción**

La yuca es un cultivo con mucha importancia en las regiones tropicales, donde sus raíces constituyen un alimento básico para sus habitantes y en estas regiones la yuca tiene un gran potencial para el establecimiento de diversas agroindustrias. Uno de los potenciales que ofrece buenas perspectivas en el área agroindustriales es el uso en la fabricación de alimentos balanceados para animales, utilizando los trozos secos de yuca integral como sustitutos de los cereales; en este caso, para obtener los trozos secos es indispensable que las raíces se sometan a un proceso previo de secamiento.

El secado de los trozos frescos integrales de yuca se puede realizar mediante métodos naturales o artificiales, los cuales difieren no sólo en las técnicas empleadas sino también en sus costos de operación. Con el método de secado natural se aprovecha la energía solar y las condiciones ambientales, factores que restringen su uso a las épocas del año cuando no hay lluvias. En el secado artificial, para calentar el aire se utilizan otras fuentes de energía como son los combustibles fósiles (petróleo, carbón, propano, gas natural) y los residuos agrícolas (bagazo de caña y cáscara de arroz), con la ventaja de funcionar independientemente de las condiciones climáticas.

No obstante lo anterior, el secado que aprovecha la energía solar es generalmente un método con costos operacionales relativamente bajos y tiene la ventaja que puede establecerse en aquellos lugares donde las otras fuentes de energía son escasas o muy costosas.

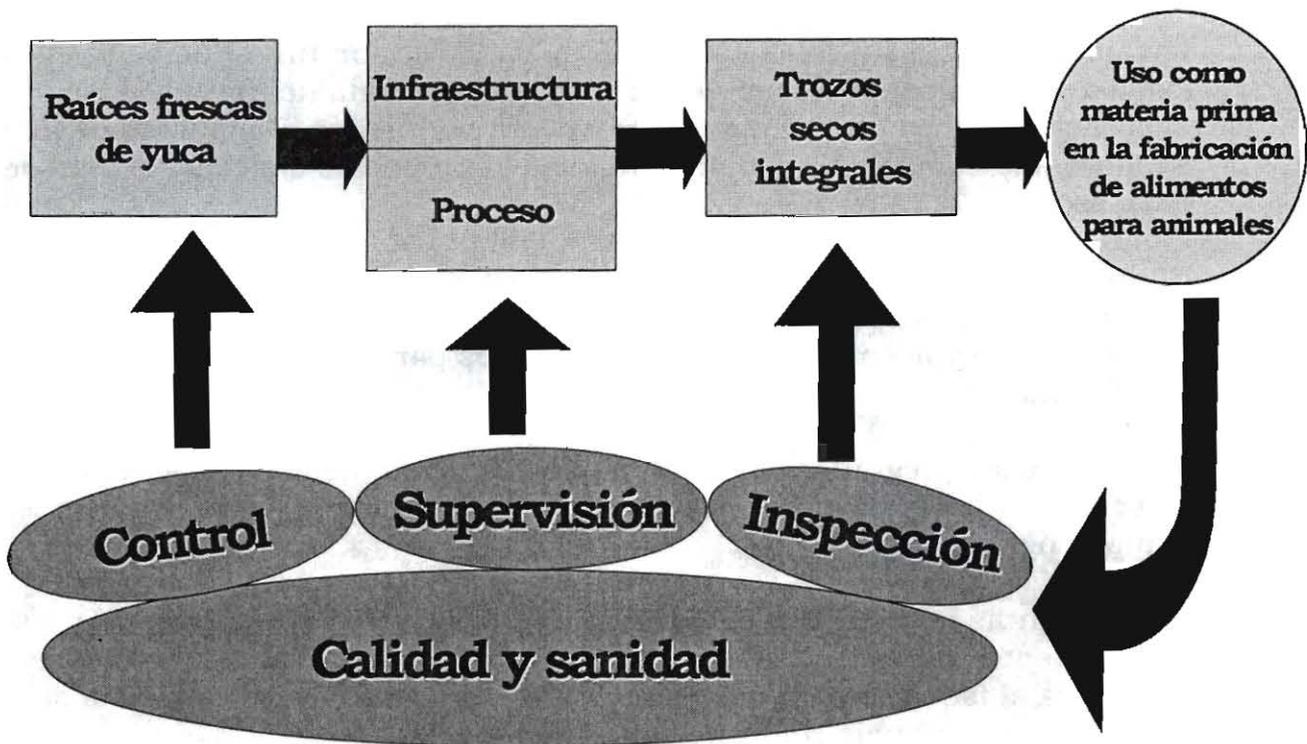
En el presente manual se ofrece información básica para producir trozos secos de yuca. El lector podrá planear, construir y operar una planta de secado natural de raíces de yuca, utilizando pisos de concreto y bandejas inclinadas como una técnica adicional. Esta información ha surgido no sólo de los estudios del Centro internacional de agricultura tropical, CIAT en sus propias instalaciones sino, principalmente, de las experiencias con grupos de agricultores en la costa norte de Colombia y en algunos países latinoamericanos.

El secado natural de la yuca es un proceso simple y fácil de realizar por los mismos agricultores, quienes encuentran en él la oportunidad de formar y consolidar grupos asociativos y cooperativos orientados hacia una explotación integral del cultivo de la yuca en las áreas de la producción, el procesamiento y la comercialización o mercadeo.



El establecimiento de una agroindustria de este tipo, que puede suministrar una nueva materia prima a la creciente industria de los alimentos balanceados para animales, constituye además una alternativa ante la inestabilidad del mercado fresco de las raíces de yuca y abre para los agricultores la posibilidad de comercializar mayores volúmenes de su producción.

### Estructura general de Manual de producción de trozos secos de yuca integral para la alimentación animal



El manual relaciona todas las grandes áreas que conforman la producción de trozos secos para uso como materia prima en la elaboración de alimentos concentrados para animales.

El uso en este mercado determina la calidad de las raíces que deben procesarse y las características de los trozos secos que los hacen aptos para el consumo animal. Lógicamente, para ligar estos dos aspectos, el proceso y la infraestructura deben adecuarse tanto a las raíces como al producto final. Para competir con un buen producto, se debe atender las exigencias del



mercado final para establecer un adecuado plan de control de las raíces, supervisión del proceso e inspección de los trozos finales.

### **Instrucciones de uso del manual**

El presente manual está diseñado con el fin de guiar de manera didáctica a los participantes para que logren diseñar, planear y ejecutar una planta de secado teniendo en cuenta un riguroso control de calidad que garantice la producción de trozos secos integrales de yuca aptos para la alimentación animal.

Los usuarios del manual encontrarán en cada sección un esquema que explica sus componentes, sirviendo como herramienta de ubicación y explicación gráfica de la temática tratada en su interior. De igual manera ayudará a la comprensión y desarrollo de la práctica o ejercicio (al final de cada sección).

El presente manual con cada una de sus herramientas facilita el proceso de aprendizaje mediante la experiencia, soportada en el conocimiento científico aquí expuesto y acompañada por mecanismos para la retroalimentación de la información.

Además de las preguntas orientadoras, el esquema, tiene los objetivos, que a su vez serán los indicadores hacia el final de la práctica, identificando si se cumplió o no.

Las preguntas orientadoras sirven como “rompe hielos” y para sondear los conocimientos previos que tienen los usuarios al respecto. Este sondeo le permitirá al facilitador un mayor acercamiento con ellos, pues facilita el empleo de un lenguaje común.

Los ejercicios prácticos serán realizados con el acompañamiento del facilitador. Inmediatamente este podrá ir evaluando el avance de cada uno de los participantes, retroalimentando y adaptando el conocimiento científico a las necesidades de cada tipo de usuarios a quienes va dirigido.

Este manual se convierte entonces en una experiencia enriquecedora tanto para el facilitador como para los agricultores en el campo de la producción de trozos secos integrales de yuca para la alimentación animal.



## Dinámica de presentación y exploración de expectativas

### Seis sombreros para pensar<sup>1</sup>

#### Dinámica grupal

#### Objetivos:

Al finalizar el ejercicio sobre los sombreros para pensar, los participantes estarán en capacidad de:

- Diferenciar el simbolismo que tiene cada sombrero
- Demostrar sensibilidad hacia la identificación de los comportamientos verbales y no verbales que corresponden a cada sombrero a lo largo de las diferentes situaciones de interacción durante el Encuentro.

#### Instrucciones:

1. Los participantes deben leer los “resúmenes” sobre el significado de los sombreros antes de iniciar el Encuentro. Además, antes de comenzar la dinámica se concederán 15 minutos para que los participantes los repasen.
2. El facilitador presenta el ejercicio con una breve explicación de su significado en el taller.
3. Del grupo total de participantes se seleccionan SEIS voluntarios para realizar una discusión sobre un tema de interés general. Estos se organizan sentados en un círculo cerrado en el que puedan verse cara a cara. Los demás participantes forman, sentados, un círculo alrededor del círculo interior.
4. Durante la discusión, los miembros del grupo interno llevan puestos sombreros que indican el papel que deben representar durante la discusión.
5. Los observadores (miembros del grupo externo) anotan sus comentarios acerca del cumplimiento del rol de cada uno de los que participa en la discusión, para luego presentarlos en la plenaria
6. Después de 20 minutos de iniciada la discusión el facilitador la suspende para solicitar reacciones del grupo de observadores y enfatizar la enseñanza del ejercicio con respecto al trabajo que se espera hacer en el Taller.
7. Algunos miembros del círculo externo pueden intercambiar sillas con miembros del círculo interno para practicar el uso de los sombreros
8. En la sesión plenaria que sigue, los participantes expresaran sus comentarios e ideas acerca de la forma de aplicar los principios subyacentes al ejercicio, durante el Taller.

<sup>1</sup> Este ejercicio fue diseñado por V. Zapata, con base en el Libro de Edward de Bono, Seis Sombreros para Pensar, Producciones Gráficas VERLAP S.A., 1994. Revisado Taller COFUPRO –Mexico, 2003



## Resúmenes

### **El Método de los Seis Sombreros para Pensar \***

El propósito de los seis sombreros para pensar es separar de manera un tanto artificial los distintos tipos de pensamiento, de modo que el pensador pueda analizar, por un lado y utilizar por el otro, un modo de pensar después de otro.

El método de los seis sombreros para pensar está diseñado para sacar el pensamiento del estilo argumentativo habitual y llevarlo a un estilo cartográfico. Esto hace del pensamiento un proceso de dos etapas. La primera es elaborar el mapa. La segunda es elegir la ruta en el mapa. Si el mapa es suficientemente bueno, la ruta mejor suele ser obvia. Tal como se vería en una impresión a color, cada uno de los seis sombreros pone un tipo de pensamiento (color) en el mapa.

La analogía de los seis sombreros no pretende abarcar todas las facetas o tipos de pensamiento; solo se presentan los modos principales o más evidentes. Tampoco se sugiere que una persona utiliza solo un tipo de pensamiento cuando esta interactuando con otras. A pesar de que, si prestamos atención, podemos distinguir personas con una tendencia evidente a usar un tipo de pensamiento más que otros.

El mayor valor de los sombreros es su misma artificialidad. Brindan una formalidad y una convención para requerir cierto tipo de pensamiento tanto de nosotros mismos como de los demás. Fijan las reglas del juego del pensamiento. Cualquiera que lo juegue va a conocer estas reglas.

Cuanto más se utilicen los sombreros, más se integrarán a la cultura del pensamiento. Todos los miembros de una organización deberían aprender el lenguaje básico que utilizan los distintos sombreros de modo que se pueda incorporar a la cultura.

Al principio, es posible que la gente se sienta un poco incómoda con el uso de los sombreros, pero esta incomodidad desaparece apenas se siente su utilidad en el desarrollo de las discusiones y en la construcción del pensamiento colectivo. El gran valor de los sombreros es que son imágenes de los papeles que juega el pensamiento. Un pensador habil puede enorgullecerse de representar cada uno de esos roles. Sin la reflexión acerca de los roles del pensamiento cada quien estaría dominado por una forma de usarlo, aquella preferida por el o ella, de acuerdo con la cultura y su formación.



**Sombrero blanco**, blanco, virgen, hechos puros, números e información.

**Sombrero rojo**, emociones y sentimientos, también presentimiento e intuición.

**Sombrero negro**, abogado del diablo, enjuiciamiento negativo, razón por la que no resultará.

**Sombrero amarillo**, luz del sol, brillo y optimismo, positivo, constructivo, oportunidad.

**Sombrero verde**, fertilidad, creatividad, plantas brotando de las semillas, movimiento, provocación.

**Sombrero azul**, moderación y control, director de orquesta, pensar en el pensamiento.

Mientras más personas aprendan el lenguaje, más útil resultará en cualquier organización. La verdad es que no contamos con un lenguaje sencillo como sistema de control de nuestro pensamiento.

### **Resumen del pensamiento de sombrero blanco**

Imagine una computadora que da los hechos y las cifras que se le piden. Es neutral y objetiva. No hace interpretaciones ni da opiniones. Cuando usa el sombrero blanco, el pensador debería imitar a la computadora.

La persona que pide información debe enmarcar y precisar las preguntas a fin de obtener información o para completar vacíos de información.

En la práctica existe un sistema doble de información. El primer nivel contiene hechos verificados y probados, hechos de primera clase: El segundo, hechos que se cree que son verdaderos, pero que todavía no han sido totalmente verificados, hechos de segunda clase.

La credibilidad varía desde “siempre verdadero” hasta “nunca verdadero”. En el medio hay niveles utilizables, tales como “en general”, “a veces”, y “en forma ocasional”. Se puede presentar esta clase de información con el sombrero blanco siempre que se use el “marco” apropiado para indicar su grado de probabilidad.

El pensamiento de sombrero blanco es una disciplina y una dirección. El pensador se esfuerza por ser más neutral y más objetivo al presentar la información. Te pueden pedir que te pongas el sombrero blanco o puedes pedirle a otro que lo haga. El blanco (ausencia de color) indica neutralidad.

### **Resumen del sombrero rojo**

El uso del sombrero rojo permite que el pensador diga: “Así me siento con respecto a este asunto”. Por otro lado, legitima las emociones y los sentimientos como una parte importante del pensamiento.



El sombrero rojo hace visibles los sentimientos para que puedan convertirse en parte del mapa y también del sistema de valores que elige la ruta en el mapa.

El sombrero rojo le proporciona al pensador un método conveniente para entrar y salir del modo emocional. El sombrero rojo permite que el pensador explore los sentimientos de los demás cuando les solicita un punto de vista de sombrero rojo.

Cuando un pensador está usando el sombrero rojo, nunca debería hacer el intento de justificar los sentimientos o de basarlos en la lógica.

El sombrero rojo cubre dos amplios tipos de sentimientos. En primer lugar, las emociones comunes, que varían desde las fuertes, tales como miedo y disgusto, hasta las más sutiles como la sospecha. En segundo lugar, los juicios complejos, clasificables en tipos tales como presentimientos, intuiciones, sensaciones, preferencias, sentimientos estéticos y otros tipos no justificables de modo perceptible. Cuando una opinión consta en gran medida de este tipo de sentimientos, también se la puede encajar bajo el sombrero rojo.

### ***Resumen de pensamiento de sombrero negro***

El pensar de sombrero negro se ocupa específicamente del juicio negativo. El pensador de sombrero negro señala lo que está mal, lo incorrecto y erróneo. El pensador de sombrero negro señala que algo no se acomoda a la experiencia o a conocimiento aceptado. El pensador de sombrero negro señala por qué algo no va a funcionar. Señala los riesgos y peligros y las imperfecciones que percibe en el diseño de algo.

El pensamiento de sombrero negro no es argumentativo y nunca se lo debería considerar como tal. Es un intento objetivo de poner en el mapa los elementos negativos.

El pensamiento de sombrero negro puede:

- señalar los errores en el proceso del pensamiento y en el método mismo.
- confrontar una idea con el pasado para verificar si encaja con lo ya sabido.
- proyectar una idea en el futuro para verificar qué podría fracasar o ir mal.
- hacer preguntas negativas.

El pensamiento de sombrero negro no debería utilizarse para encubrir complacencia negativa o sentimientos negativos, los que deberían utilizar el sombrero rojo. El juicio positivo queda para el sombrero amarillo.



### ***Resumen del pensamiento de sombrero amarillo***

El pensamiento de sombrero amarillo es positivo y constructivo. El color amarillo simboliza el brillo del sol, la luminosidad y el optimismo.

El pensamiento de sombrero amarillo se ocupa de la evaluación positiva del mismo modo que el pensamiento de sombrero negro se ocupa de la evaluación negativa. Este abarca un espectro positivo que va desde el aspecto lógico y práctico hasta los sueños, visiones y esperanzas.

El pensamiento de sombrero amarillo indaga y explora en busca de valor y beneficio. Después procura encontrar respaldo lógico para este valor y beneficio. Trata de manifestar un optimismo bien fundado, pero no se limita a esto.

El pensamiento de sombrero amarillo es constructivo y productivo. De él surgen propuestas concretas y sugerencias. Se ocupa de la operabilidad y de hacer que las cosas ocurran. La eficacia es el objetivo del pensamiento constructivo de sombrero amarillo.

El pensamiento de sombrero amarillo puede ser especulativo y buscador de oportunidades. Permite, además, visiones y sueños.

El sombrero de pensamiento amarillo no se ocupa de la mera euforia positiva (sombrero rojo) ni tampoco, directamente, de la creación de ideas nuevas (sombrero verde).

### ***Resumen de pensamiento de sombrero verde***

El sombrero verde es para el pensamiento creativo. La persona que se lo pone va a usar el lenguaje del pensamiento creativo. Quienes se hallen a su alrededor, tendrán evidencias de que sus productos son innovadores. En un proceso creador, idealmente, tanto el pensador como el oyente deberían usar sombreros verdes.

El color verde es símbolo de la fertilidad, el crecimiento y el valor de las semillas. La búsqueda de alternativas es un aspecto fundamental del pensamiento de sombrero verde. Hace falta ir más allá de lo conocido, lo obvio y lo satisfactorio.

Con la pausa creativa el pensador de sombrero verde se detiene en un punto dado para considerar la posibilidad de ideas alternativas. No hace falta razones para esta pausa.



En el pensamiento de sombrero verde el lenguaje del movimiento reemplaza al del juicio. El pensador procura avanzar desde una idea para alcanzar otra nueva.

La provocación es un elemento importante del pensamiento de sombrero verde. Se utilizan las provocaciones para salir de nuestras pautas habituales de pensamiento. El pensamiento lateral es una serie de actitudes, lenguajes y técnicas (que incluyen movimiento y vocación) para saltar de pautas en un sistema autoorganizado de pautas asimétricas. Se utiliza para generar conceptos y percepciones.

### ***Resumen del pensamiento de sombrero azul***

El sombrero azul es el sombrero del control. El pensador del sombrero azul organiza el pensamiento. Pensar con el sombrero azul es pensar acerca del pensamiento necesario para indagar el tema.

El pensador de sombrero azul es como el director de orquesta. Es quien propone o llama al uso de los otros sombreros.

El pensador de sombrero azul define los temas hacia los que debe dirigirse el pensamiento. Establece el foco, define los problemas y elabora las preguntas. El pensamiento de sombrero azul determina las tareas de pensamiento que se van a desarrollar.

El pensamiento de sombrero azul es responsable de la síntesis, la visión global y las conclusiones. Esto puede ocurrir tanto durante el curso del pensamiento como al final.

El pensamiento de sombrero azul monitorea el pensamiento y asegura el respeto de las reglas de juego. El pensamiento de sombrero azul detiene la discusión e insiste en el pensamiento cartográfico. El pensamiento de sombrero azul refuerza y aplica la disciplina.

Se puede usar el pensamiento de sombrero azul en interrupciones para pedir la intervención de otro sombrero. También puede utilizarse para establecer una secuencia gradual de operaciones de pensamiento que deben repetirse, de la misma forma en que en una danza se respeta la coreografía.

Aun cuando se asigne a una persona el rol específico del pensamiento de sombrero azul, este rol está abierto a cualquiera que desee proponer comentarios o sugerencias.



\* Adaptación de V.Zapata con base en el Libro de Edward de Bono, (1994) Seis Sombreros para Pensar. Ediciones Gránica

### Evaluación inicial de conocimientos

1. Cuales son los dos principales componentes químicos de una raíz de yuca fresca?
  - a) proteína y celulosa
  - b) almidón y ceniza
  - c) agua y almidón
  - d) tocón y agua
  
2. ¿Qué proporción del peso total de una raíz representa la cáscara?
  - a) 1-2%
  - b) 40-45%
  - c) 20-25%
  - d) 70-75%
  
3. ¿Qué actividades en el proceso de la yuca pueden aumentar el contenido de las cenizas en los trozos secos?  
R/
  
4. ¿Qué problemas pueden ocasionar a la picadora y la empresa el proceso de raíces frescas con tocones o pedúnculos muy grandes?  
R/
  
5. Enumere los componente básicos o espacios necesarios en la infraestructura de una planta de secado de yuca?  
R/
  
6. ¿Qué usos tienen el rastrillo de madera, la carpa plástica y el embudo metálico en el secado de las raíces de yuca?
  
7. ¿Cuál es la función del volteo de los trozos con el rastrillo de madera?
  - a) airear los trozos
  - b) calentar el aire
  - c) Calentar el piso
  - d) demorar el secado
  
8. ¿Cuánto tiempo total aproximadamente ( incluida la noche) podría durar el secado de yuca con una carga de 12 kilo/m<sup>2</sup> bajo condiciones de alta temperatura y tiempo seco?



- a) 5 horas
  - b) 36 horas
  - c) 60 horas
  - d) tres días
9. Para una misma situación climática, comparando con un metro cuadrado de piso, sobre un metro cuadrado de bandeja puedo colocar:
- a) mas trozos
  - b) menos trozos
  - c) igual cantidad
  - d) ninguna de las anteriores
10. La principal característica que debe tenerse en cuenta para comprar un lote de yuca es:
- a) el contenido de cenizas
  - b) la humedad inicial de las raíces
  - c) el valor promedio de la gravedad específica de tres muestras
  - d) la proteína
11. Si se detecta fluorescencia en varios trozos secos después de iluminarlos con luz ultravioleta, se podría decir que esto se debe a:
- a) la presencia de aflatoxinas por ataque de hongos y/o presencia de escopoletina
  - b) alta humedad en los trozos
  - c) presencia de mucho barro
  - d) ninguna de los anteriores.
12. Una mala distribución inicial de los trozos frescos sobre las áreas de secado es la causa de:
- a) un secado muy uniforme
  - b) trozos muy blancos
  - c) un tiempo corto de secado
  - d) ninguna de las anteriores
13. Si se empacan los trozos secos sin compactarlos dentro de la bolsa, un camión de 10 toneladas de capacidad podría transportar:
- a) 10 ton
  - b) 2 ton
  - c) 5 ton
  - d) 8.5 ton
14. En los trozos secos, un porcentaje de fibra de 15%:
- a) muy bajo
  - b) excesivamente bajo



- c) aceptable
- d) muy alto



# **SECCION 1**

**Raíces de yuca Fresca para la  
producción de trozos secos  
integrales**





# SECCION 1

## Raíces de yuca Fresca para la producción de trozos secos integrales

### Contenido

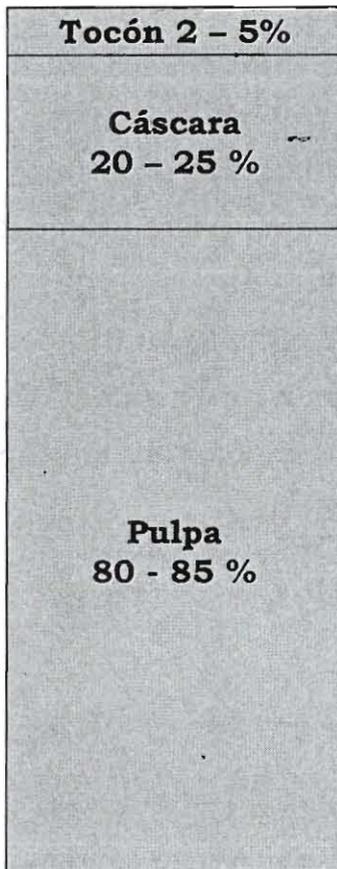
### Página

Estructura de la sección 1	1.3
Objetivos	1.4
Preguntas orientadoras	1.4
1.1 Introducción.	1.5
1.2 Descripción de las raíces frescas	1.5
1.2.1 Generalidades	1.5
1.2.2 Partes de la raíz de la yuca.	1.6
1.3 Deterioro post-cosecha de las raíces de yuca.	1.6
1.3.1 Deterioro fisiológico.	1.7
1.3.2 Deterioro microbiano.	1.8
1.4 Composición química	1.9
Ejercicio 1.1. Identificación de los componentes físicos y químicos de una raíz de yuca fresca.	1.10
Documentación Recomendada	1.10

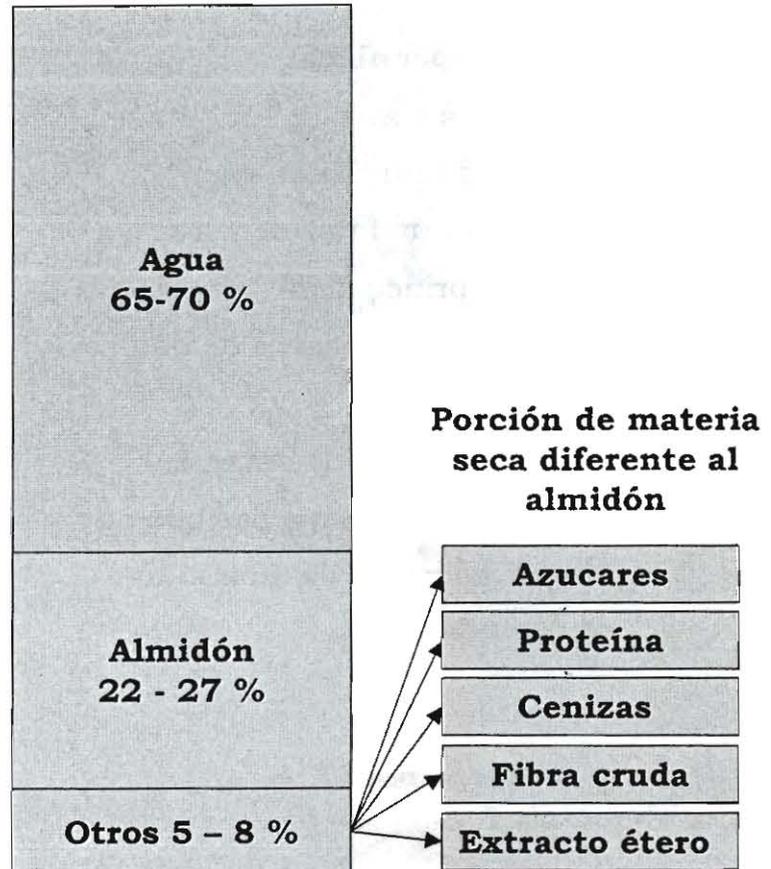


## Estructura de la Sección

### Partes de una raíz de yuca



### Componentes de los trozos integrales de yuca fresca



El esquema de la izquierda muestra las partes de una raíz de yuca. La cáscara representa una proporción importante, casi una cuarta parte de la raíz. Cuando se elimina en el proceso, se pierde una cantidad importante de elementos nutritivos. En el esquema de la derecha se muestran las proporciones de los

componentes fundamentales de una raíz convertida en trozos frescos integrales. La yuca fresca es un producto que aporta mucho agua (aproximadamente una tercera parte) y una apreciable cantidad de almidón (una tercera parte). La suma del resto de los componentes solo llega a un 10%.

### **Objetivo General**

- Caracterizar física y químicamente las raíces de yuca

### **Objetivos Específicos:**

- Describir a través de un dibujo, las partes principales que conforman una raíz de yuca.
- Citar los principales componentes químicos de una raíz
- En una muestra de raíces de yuca, identificar aquellas que no tengan evidencia de ningún tipo de deterioro.

### **Preguntas Orientadoras**

- ¿Qué partes reconocen ustedes en una planta de yuca?
- ¿Qué partes componen una raíz de yuca fresca?
- ¿Cuál es el principal componente químicos que contiene la pulpa de la raíz? Existe alguna diferencia de la cáscara?
- ¿Por qué algunas variedades de yuca tienen raíces amargas?
- ¿Por qué se deteriora tan rápido la yuca fresca?



## 1.1. Introducción

La yuca es uno de los cultivos de mayor importancia en las regiones tropicales. Tiene un gran potencial como materia prima en procesos agroindustriales, como la fabricación de raciones 'balanceadas' (equilibradas) para animales. Para que el almidón de la yuca sustituya el de los cereales, las raíces de yuca deben someterse primero a un proceso básico de secamiento.

La yuca es un cultivo importante, en todo el mundo tropical, para los pequeños agricultores con acceso a tierras marginales. Su alta tolerancia, en comparación con la de otros cultivos, a bajas a precipitaciones estacionales, altas temperaturas y suelos medianamente fértiles hacen de la yuca un cultivo importante tanto para seguridad alimentaria como para la generación de ingresos en regiones con pocas alternativas de producción.

## 1.2 Descripción de las raíces frescas

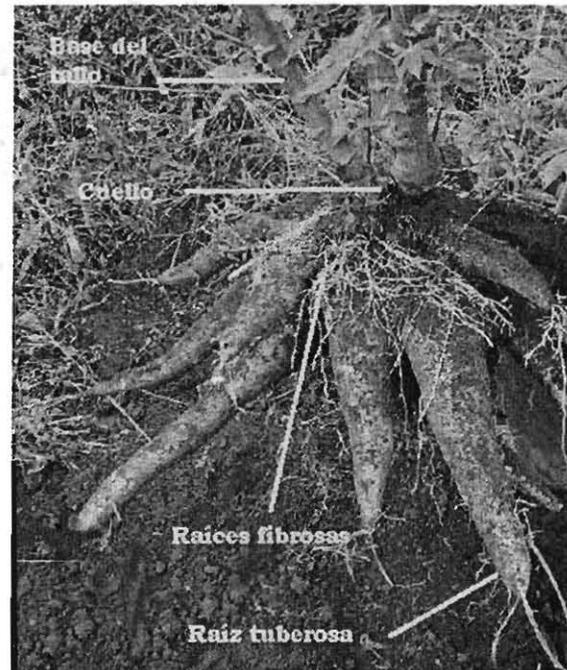
### 1.2.1 Generalidades

La yuca (*Manihot esculenta* crantz) es una de las principales plantas útiles tropicales difundidas en todos los continentes. botánicos y ecólogos consideran que la yuca es originaria de América Latina. El noroeste de Brasil figura como el más probable centro de origen.

La yuca es un raíz de crecimiento perenne, que se caracteriza por sus raíces amiláceas. Se encuentra entre los 30° de latitud norte y sur. En la zona tórrida crece hasta 2.300 msnm

Generalmente se cultiva en suelos pobres donde la precipitación es mayor de 750 m.m. por año. El ciclo de crecimiento (siembra a cosecha) depende de las condiciones ambientales, siendo más corto (9 a 12 meses) en áreas cálidas y más largo (hasta 24 meses) en regiones más frías o más altas.

La materia prima para el proceso de producción de trozos secos para el consumo animal son las raíces tuberosas de la planta de yuca (Figura 1.1)



**Figura 1.1.** Raíces tuberosas de yuca.



### 1.2.2 Partes de las Raíces de Yuca

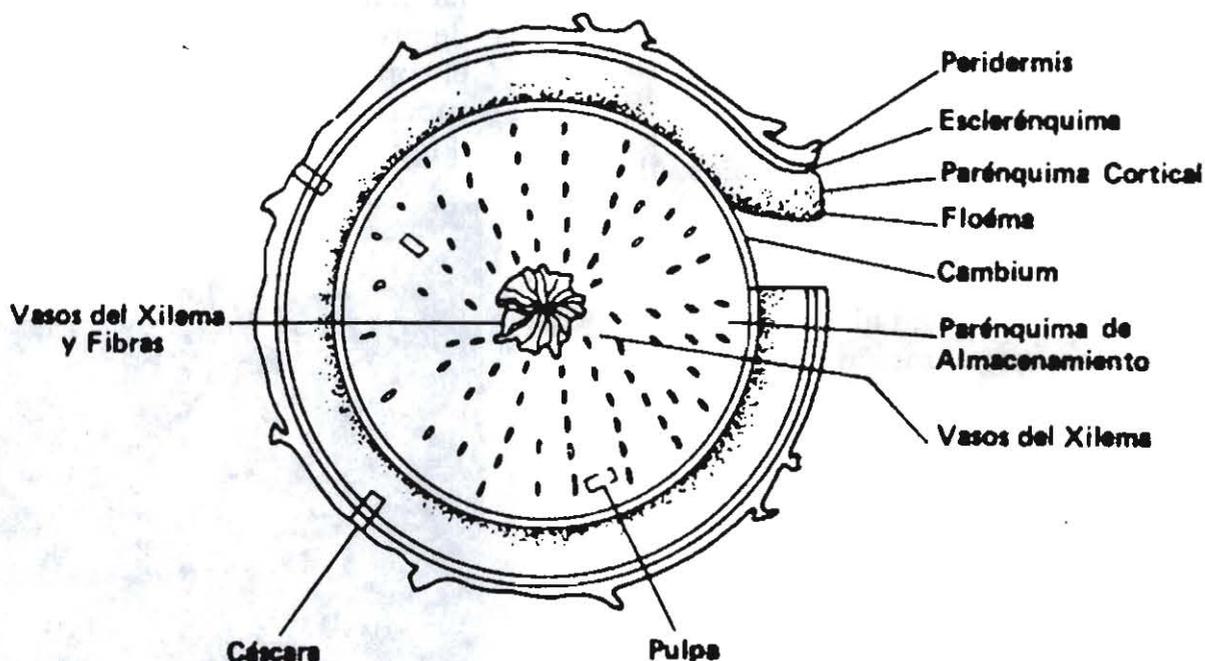
Externamente, la parte fundamental del sistema radical de una planta adulta son: las raíces tuberosas. En la parte superior de cada raíz tuberosa está el cuello, péndulo o tocón, que las une al tallo

El tamaño del péndulo varía entre 1 cm a 8 cm de longitud.

Los tejidos que componen una raíz tuberosa son: la cáscara, la pulpa o parénquima y las fibras centrales (Figura 1.2).

envuelven la superficie de la raíz. Sus colores básicos son crema oscuro, café claro y café oscuro, que es el más común y la textura puede ser rugosa o lisa; estos caracteres son los más comunes en las variedades.

Debajo del peridermo se encuentra la corteza o capa cortical, que tiene 1.2 mm de espesor, puede ser de color blanco, crema y rozado. Aquí se encuentran comprimidos los tejidos del floema que contienen mayores proporciones de glucósidos cianogénicos, responsables de la formación del



**Figura 1.2:** Corte transversal de una raíz de yuca con sus partes.

**a. La Cáscara.** Está formada por la unión del peridermo y la corteza. EL peridermo está compuesto por células muertas de corcho que

ácido cianhídrico.

**b. La Pulpa.** Es la parte utilizable de la raíz, llamada también parénquima. Es una masa sólida



compuesta principalmente por tejido secundario del xilema derivado del cambio, cuyas células contienen gran cantidad de almidón en forma de gránulos redondeados de tamaño variado.

**c. Fibras centrales.** En el centro de la raíz hay hileras de vasos duros de parénquima de xilema, que forman las fibras centrales de la raíz; su dureza, longitud y grosor son características variables dependiendo del clón, y de las condiciones en que la planta se desarrolle (Figura 1.2).

### 1.3 Deterioro Post-Cosecha De Las Raíces De Yuca.

Las raíces de yuca fresca se deterioran muy rápidamente después de la cosecha. Por esta razón, principalmente, las pérdidas poscosecha superan más del 30%.

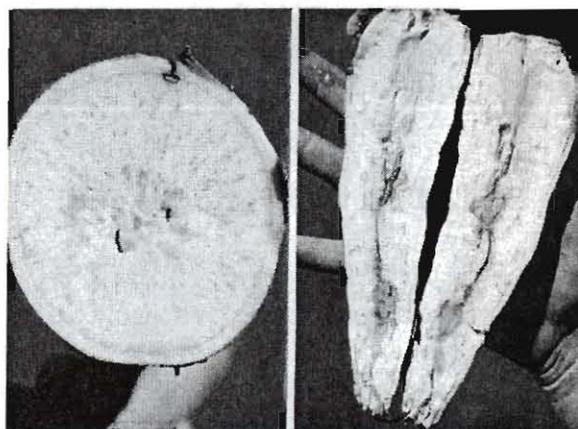


**Figura 1.3:** Raíces cosechadas con síntomas de deterioro fisiológico.

Los síntomas de deterioración de las raíces generalmente ocurren en los tejidos parenquimatosos y los haces xilógenos y se manifiestan por cambios en la coloración de los tejidos. Las investigaciones realizadas han permitido definir dos tipos de deterioración de las raíces de la yuca después de la cosecha: una deterioración fisiológica o primaria y una deterioración microbiana o secundaria.

#### 1.3.1 Deterioro fisiológico.

La deterioración fisiológica o primaria se inicia durante las primeras 48 horas después de la cosecha y su sintomatología consiste básicamente en una desecación de color blanco a café, que normalmente aparece en forma de anillo en la periferia de la pulpa (Figura 1.4). Además, se presentan zonas con estrías azul-negras, constituidas por vasos de xilema deteriorados, los cuales se pueden observar fácilmente en cortes longitudinales de las raíces afectadas..



**Figura 1.4:** Síntomas típicos de la deterioración fisiológica



Los cambios de la coloración se pueden extender a las células parenquimatosas, las cuales presentan un tinte azulado y a veces síntomas de desecación.

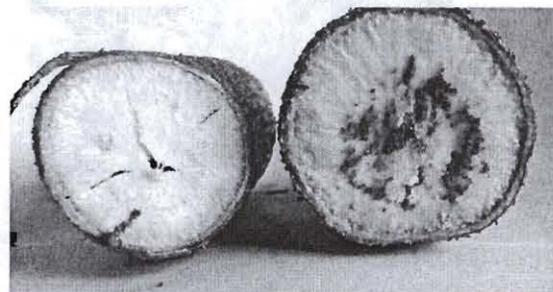
La coloración típica de deterioración fisiológica se debe a la presencia de pigmentos de taninos, cuya formación está relacionada con la presencia en los tejidos de un compuesto fenólico llamado *escopoletina*. Dicho compuesto generalmente no se encuentra en las raíces frescas o, si lo hay, está en muy bajas concentraciones; sin embargo, a las pocas horas de la cosecha, su concentración aumenta considerablemente.

La escopoletina se puede detectar en las raíces antes de que se presenten los síntomas típicos de la deterioración, exponiendo las raíces a luz ultravioleta; en presencia de esta luz, la escopoletina emite una fluorescencia de color azul intenso, lo cual indica que el proceso de deterioro ha comenzado. (Anexo 8.3. Método para diferenciar la escopoletina de la aflatoxina)

### 1.3.2 Deterioro microbiano.

La deterioración microbiana o secundaria ocurre después de la deterioración fisiológica y consiste en pudriciones causada por hongos y bacterias que actúan como patógenos de las heridas. Por lo general se presenta en cualquier

parte de la raíz después de 5 a 7 días de realizada la cosecha lo cual depende de la intensidad de los daños físicos ocasionados a las raíces en el momento de la cosecha y de la capacidad de la flora microbiana del suelo y del medio ambiente para metabolizar el almidón de las raíces. El síntoma inicial de la deterioración microbiana es un estriado vascular semejante al observado en los tejidos con deterioración fisiológica, pero posteriormente se transforma en una pudrición húmeda con fermentación y maceración de los tejidos. En la Figura 1.5 se observa la diferencia entre la deterioración primaria y la secundaria en lo que se refiere a la distribución de las estrías; en la secundaria, las estrías aparecen cerca de la región de la infección y no se distribuyen en la forma del anillo, lo cual si se observa en la deterioración primaria.



**Figura 1.5:** Diferencia entre deterioro primario y secundario

### 1.4.3 Composición Química.

La Cuadro 1.1 muestra la composición química de los raíces



de yuca fresca. La yuca fresca es un producto vegetal que presenta humedades con valores por encima del 60%.

**Cuadro 1.1; Composición química normal de trozos integrales de yuca fresca.**

Componente	Contenido (%)
Materia seca	35 - 40
Proteína	1 - 2
Extracto Etereo (Grasa)	0,2 - 0,5
Fibra cruda	1.5 - 2.0
Cenizas	1 - 2
Carbohidratos	30 - 36
Calcio	0.05
Fósforo	0.07
Cianuro total CN	120-180 ppm

Los resultados que se obtienen en análisis sobre la composición nutricional de las raíces generalmente son muy constantes, aunque presentan algunos cambios menores asociados con la variedad de yuca; estos cambios tienen que ver especialmente con los contenidos de proteína, fibra y humedad.

Es importante anotar que la cáscara o corteza representa entre el 20% y 25% del peso total de la raíz, y que la pulpa o cilindro central equivale a 80% - 85% aproximadamente. Las mayores proporciones de proteína, grasa, fibra y minerales (ceniza) están localizadas en la corteza, mientras

que los carbohidratos se localizan especialmente en la pulpa.<sup>1</sup>

La yuca contiene dos principios anti-nutricionales, dos glucósidos cianogénicos conocidos como lotaustralina y linamarina, que se hidrolizan en presencia de linamaraza para dar ácido cianhídrico o prúsico en cantidades que pueden llegar a ser mortales. El 90% aproximadamente del ion cianuro se encuentra en forma de glucósido (linamarina o cianuro ligado). El porcentaje restante, está constituido principalmente por el cianuro libre y lota australina. La reacción que libera el ácido cianhídrico ocurre comúnmente cuando la estructura celular de los tejidos de la base se rompen por acción mecánica al momento de la cosecha y trozamiento.

El límite máximo aceptado para consumo animal es 100 ppm, es decir, 100 mg cianuro por kilogramo de yuca seca. Las "yucas dulces" son variedades que presentan bajos contenidos de HCN, por eso son las más recomendables para el mercado fresco. Durante el procesamiento las raíces sufren transformaciones fisicoquímicas que reducen el contenido de CN hasta niveles inocuos.

<sup>1</sup> La yuca en la Alimentación Animal, Julián A. Buitrago,



**Ejercicio 1.1**  
**Identificación de los**  
**componentes físicos y químicos**  
**de una raíz de yuca fresca.**

**Objetivo**

Los participantes identificarán sobre un dibujo de una raíz de yuca, sus componentes físicos y su composición química.

**Orientaciones para el Facilitador**

Para realizar este ejercicio, siga los pasos que se describen a continuación:

1. Divida el grupo en pequeños equipos de trabajo para constituir grupos no mayores de 6 participantes.
2. Entregue a cada grupo una lámina de la planta de yuca, como la que aparece en la página siguiente. El facilitador puede pedirle a los participantes dibujar la raíz en una hoja de papelógrafo, en lugar de darles el dibujo ya hecho.
3. Pida a cada grupo que, con base en el contenido de esta sección, señalen en el dibujo los componentes físicos y la composición química normal de trozos frescos integrales (20 minutos).
4. Cada equipo presenta, en sesión plenaria los resultados del ejercicio (5 Minutos por equipo).
5. El facilitador, a medida que se desarrollan las presentaciones puede formularles preguntas que ayuden a profundizar el

conocimiento de la planta y sus componentes químicos.

**Documentación recomendada**

# **SECCION 2**

## **Proceso general de producción de trozos secos de yuca integral para alimentación animal**





# SECCION 2

## Proceso general de producción de trozos secos de yuca integral para alimentación animal

### Contenido

	Página
Estructura de la Sección 2	2.3
Objetivos	2.4
Preguntas Orientadoras	2.4
2.1 Introducción.	2.5
2.2 Etapas y Equipos del proceso de producción de trozos secos de yuca integral	2.5
2.2.1 Cosecha.	2.5
2.2.2 Pesaje	2.9
2.2.3 Lavado	2.10
2.2.4 Picado en trozos.	2.10
2.2.5 Secado	2.11
2.2.6 Premolienda	2.13
2.2.7 Molienda.	2.14
2.2.8 Almacenamiento.	2.14
Práctica 2.1 Proceso de producción de trozos secos de yuca integral.	2.15
Documentación Recomendada	2.16



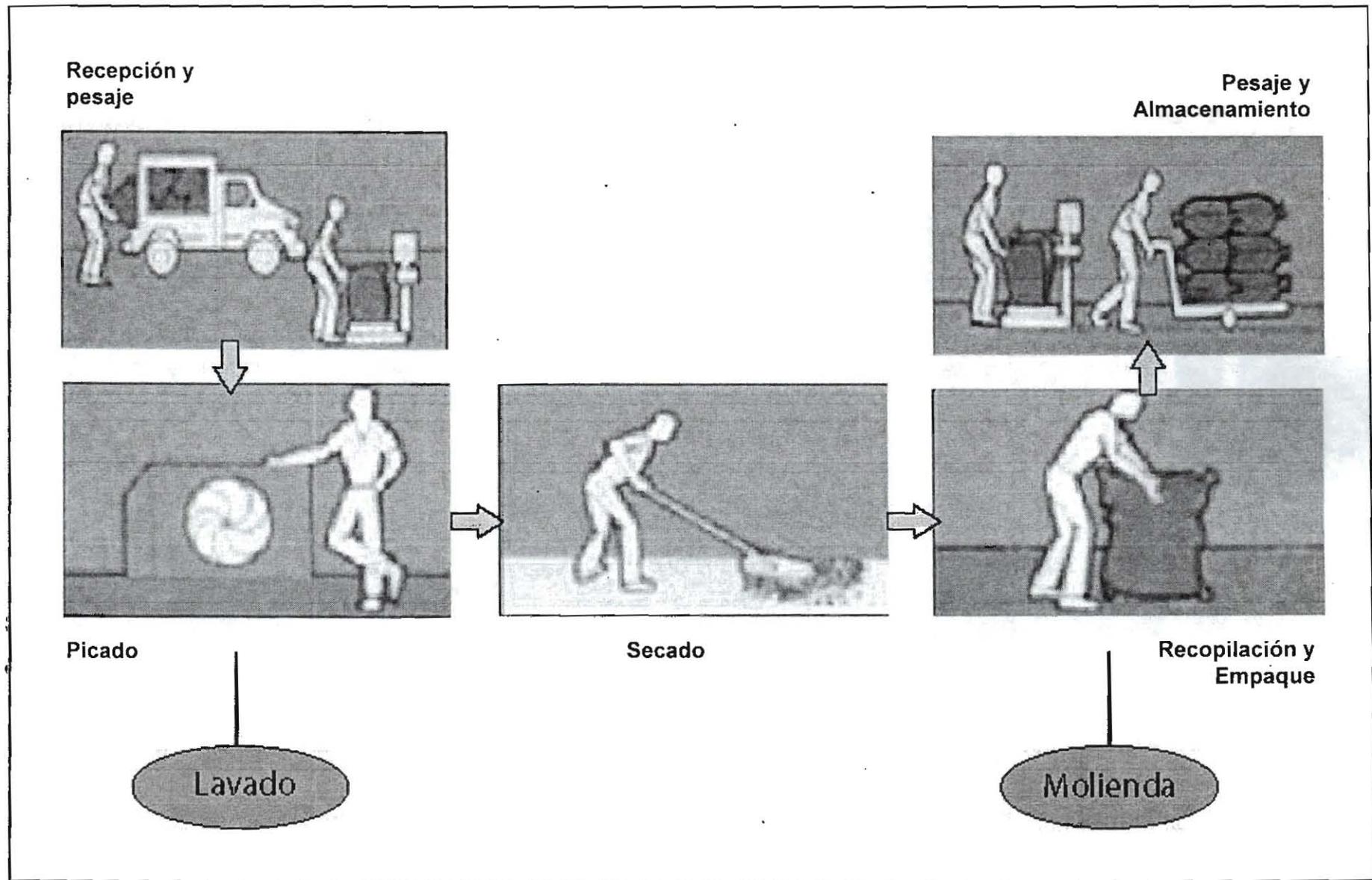
2000

2000  
Division of  
Biological Sciences

2000



# Estructura del Proceso de producción de trozos secos integrales de yuca





Se muestran las principales etapas que componen el proceso productivo de trozos secos de yuca integral para el consumo animal y algunas operaciones opcionales necesarias en ocasiones especiales.

### **Objetivos Generales**

- Describir cada una de las operaciones, indicando su importancia o función dentro del proceso
- Elaborar un diagrama de flujo de las operaciones que contribuyen en el proceso de producción de trozos secos integrales a partir de raíces frescas

### **Objetivos Específicos:**

- Describir la operación de cosecha y los equipos que se utilizan tanto en la cosecha manual como en la mecánica.
- Indicar dos aspectos importantes de la fase de pesaje.
- Describir las operaciones de lavado y picado de las raíces enumerando los equipos necesarios.

- Identificar las diferencias entre secado natural y secado artificial.
- Describir las operaciones de premolienda, molienda y los equipos requeridos..

### **Preguntas Orientadoras**

- ¿Cómo se realiza la cosecha manual de yuca, cuando vamos a producir trozos secos?
- ¿Qué equipos se utilizan en la cosecha mecánica?
- ¿Por qué es importante pesar las raíces antes de iniciar su procesamiento?
- ¿Por qué deben lavarse las Raíces?
- ¿Por qué es importante el picado de las raíces y con qué máquina se lleva a cabo?
- ¿Cuál es la diferencia más importante entre secado natural y secado artificial?

- ¿Para que se realiza una pre-molienda de los trozos secos?
- ¿Vale la pena convertir los trozos secos en harina?
- ¿Cómo puedo almacenar yuca seca por más de un año?



## 2.1 Introducción

La yuca es uno de los cultivos de mayor importancia en las regiones tropicales. Tiene un gran potencial para el desarrollo de procesos agroindustriales para la fabricación de raciones 'balanceadas' para animales.

Para que el almidón de la yuca sustituya a la harina el de los cereales, las raíces de yuca deben someterse primero a un proceso básico compuesto por varias etapas, pero la principal actividad es la deshidratación o secado de los trozos frescos. Sobre esta etapa recaen los mayores costos de mano de obra, combustible. En los siguientes párrafos se describen cada una de las etapas del proceso.

## 2.2 Etapas y equipos del proceso de producción de trozos secos de yuca integral.

El proceso básico consta de las siguientes etapas: cosecha, pesaje y trozado de las raíces; secamiento, empaque y almacenamiento del producto seco (los trozos de yuca). Hay operaciones opcionales, como lavar las raíces antes de picar, premoler y moler los trozos ya secos, pero estas operaciones dependen de las exigencias del mercado (Figura 2.1)

### 2.2.1 Cosecha de las raíces.

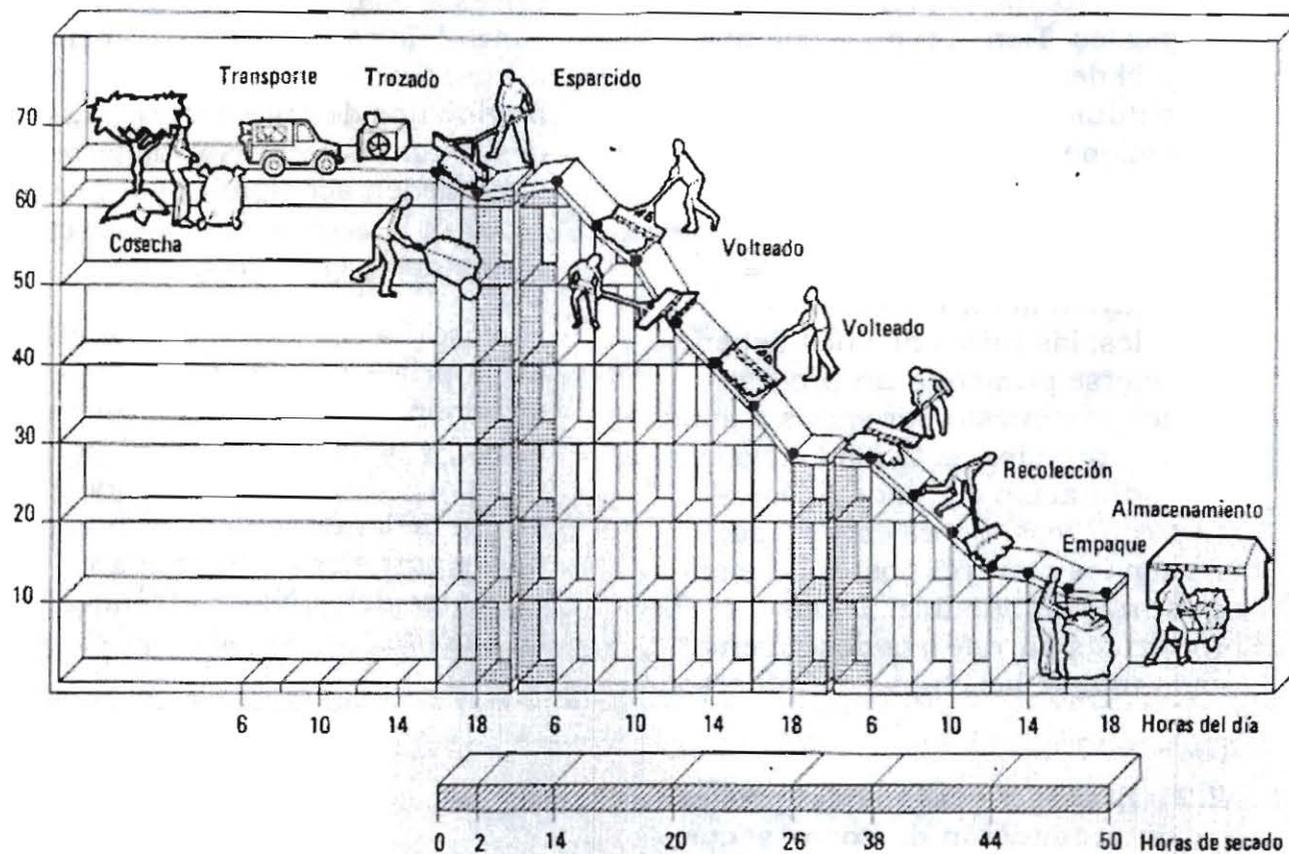
La yuca se puede cosechar manual o mecánicamente, y luego se

transporta hasta la planta de secado en empaques o a granel, en diversos vehículos. En cuanto sea posible, las raíces se someten a un primer control de calidad en el momento de la cosecha: se despojan de fragmentos de tallo adheridos, se desechan las piedras y los terrones que pueden acompañarlas, y se separan las raíces que parezcan infestadas o enfermas.

La cosecha se ejecuta en dos etapas. En la primera se hace el corte y la selección del forraje (hojas de yuca, follaje) y de la 'semilla'; se deja sólo una parte del tallo o tocón (de 20 a 40 cm de longitud) adherida a las raíces para que éstas puedan extraerse del suelo (el arranque) más fácilmente.



Contenido de  
humedad de  
la yuca



**Figura 2.1** Etapas y tiempos en el procesamiento natural de trozos de yuca. Curva de pérdida de humedad en el proceso de secado. Se indica además la duración de las etapas del proceso (y de la totalidad de este en condiciones normales)



**Figura 2.2:** Cosecha manual de la yuca

La segunda etapa comprende la extracción de las raíces y va acompañada del destocoado, la recolección, la limpieza y el empaque de las mismas. Esta segunda etapa es común a todos los métodos de cosecha de la yuca, tanto manuales como mecánicos.

En la cosecha manual se consideran cuatro modalidades. En los suelos livianos o arenosos, las raíces se pueden arrancar fácilmente con la mano, sin la ayuda de ninguna herramienta (Figura 2.2).

En los suelos cuya textura va de franca a arcillosa y que presenten problemas de compactación, es necesario utilizar la siguiente técnica, que facilita la extracción: se amarra el tallo con cadenas o cuerdas a un palo que tenga de 2.5 a 3 m de largo y sea suficientemente

recto y firme para que sirva de palanca contra el suelo.

La técnica con arrancador modifica la anterior. Se sujeta el tallo mediante un implemento de enganche a modo de tenaza que va unido a un palo de 2.5 m de largo o mayor (según la altura del operario); el enganche se sitúa a 30 cm del extremo del palo que se apoya en el suelo. Se engancha entonces el tallo por su parte inferior y se hace palanca hacia arriba como en la modalidad anterior. Este equipo se usa comúnmente en algunas regiones productoras de yuca de Tailandia (Figura 2.3).

Finalmente, en algunas zonas yuqueras de Colombia, donde los suelos son, generalmente, de textura mediana, se usa mucho una especie de correa que el agricultor se ata dándole vuelta por su espalda, pasándolo sobre su hombro y amarrándolo luego al tallo. El extremo de la correa que se amarra al tallo puede ser un lazo fuerte o una cadena. De esta manera, las manos sirven de agarre y dan vibración al tallo, y el cuerpo sirve de palanca.



**Figura 2.4** Arrancador de palanca del equipo tailandés para cosecha.



La cosecha semi-mecanizada de la yuca es más fácil si se ha plantado el cultivo en caballones o camas, y más difícil si está en plano. Asimismo, la extracción de las raíces es más fácil en un suelo arenoso y suelto que en otro arcilloso o pesado, sin que importen el método de cosecha o la distribución de las raíces en el suelo.

Como ocurre con la operación de plantación de las estacas de yuca, los implementos para la cosecha de las raíces que se ofrecen comercialmente requieren la acción humana en el momento de extraer las raíces. En otras palabras, la acción de esos implementos consiste en aflojar el suelo y, en algunos casos, en voltearlo.

Los implementos cosechadores se han desarrollado partiendo del uso —común entre los agricultores— de los implementos de remoción del suelo, como zanjadoras, cinceles y arados de vertedera, para facilitar la cosecha (Figura 2.5).



**Figura 2.5** Cosechador semi-mecánico acoplado al tractor.

Estos implementos trabajan a profundidades de 40 cm, en promedio, y son, por tanto, muy exigentes en potencia; pueden operar satisfactoriamente sólo si son movidos por tractores de 100 HP en adelante. De lo contrario, habrá mayores pérdidas porque la operación dejará raíces cortadas o enterradas.



Cuando el suelo está seco es más difícil cosechar la yuca que cuando está húmedo. Sin embargo, la humedad debe ser tal que permita introducir la maquinaria en el lote y que impida una adhesión muy grande del suelo al implemento.

Estos implementos pueden aflojar el suelo de dos surcos simultáneamente, pues la envergadura de las "alas" de la cuchilla es de 1.2 m. Ahora bien, si los surcos están separados menos de 90 cm, es probable que se presenten pérdidas porque habrá raíces enterradas y cortadas; si es mayor que 1.2 m, las raíces no se aflojarán de manera satisfactoria.

La velocidad debe ser constante durante toda la operación de cosecha porque un cambio brusco en ella, cuando el implemento esté enterrado, hace variar la profundidad de trabajo del implemento, lo que aumenta las pérdidas por raíces cortadas o enterradas.

La velocidad de operación que más se usa es 4 km/hora; puede aumentar, sin embargo, lo que depende de la humedad y de la textura del suelo. Por consiguiente, el rendimiento diario del implemento es de 6.4 ha, en promedio.

En Tailandia, la cosecha semi-mecanizada de yuca es una práctica común; en el mercado tailandés se dispone de otros modelos de cosechadoras (Figuras 2.6).



**Figura 2.6** Otro modelo de cosechadora tailandesa de yuca.



**Figura 2.7.** Raíces extraídas con cosechadora.

En la Figura 2.7, se muestra el aspecto de las raíces aflojadas después del paso del cosechador.



### 2.2.2 Pesaje.

En la planta de secado, la yuca se pesa en una báscula con capacidad para varios bultos a la vez; así se agiliza esta operación (Figura 2-8).

La báscula con una capacidad de 500 kg es aceptable para las plantas de secado natural

Pesar la yuca antes y después del secado permite definir el parámetro de rendimiento, factor de conversión, tanto para evaluar las variedades de yuca que se utilizan como para el proceso mismo.

Las variedades de yuca no tienen todas el mismo rendimiento de trozos secos; por tanto, es muy importante identificar las de mejor rendimiento para impulsar la siembra en la zona de influencia de la planta o del proyecto.

Así mismo, una variedad puede presentar un rendimiento en un proceso de secado y uno diferente en otro proceso cualquiera; para verificar estas diferencias, es necesario llevar el control estricto de cada lote de yuca a pesar que sea la misma variedad.

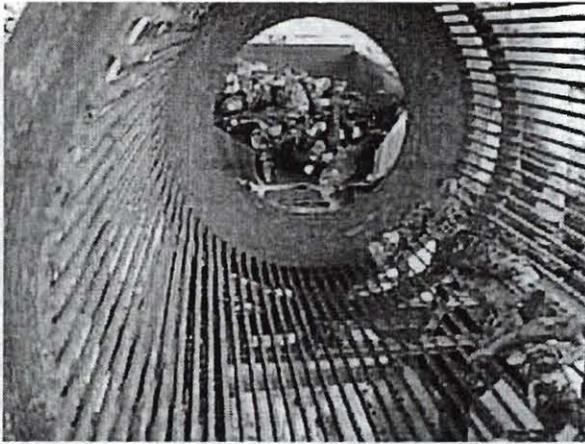


**Figura 2.8.** Pesaje de las raíces de yuca.

### 2.2.3 Lavado.

Cuando las raíces frescas se procesan con tierra adherida, el producto seco puede tener un alto contenido de cenizas, especialmente de sílice, lo que reduce su calidad.

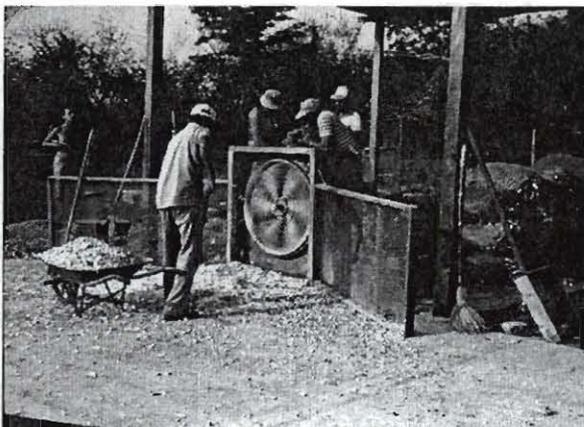
La tierra se adhiere a las raíces cuando la yuca se ha cosechado en una época lluviosa y en un suelo pesado; por consiguiente, hay que lavar las raíces en pequeñas piletas o en máquinas lavadoras como la que muestra la Figura 2-9. Estas máquinas constan de un tambor rotatorio que sacude las raíces mientras las lava con un chorro de agua a presión aplicado por dentro o por fuera del tambor.



**Figura 2.8** Máquina lavadora de yuca con tambor cilíndrico rotatorio

#### 2.2.4 Picado en trozos.

Para que las raíces se sequen más rápidamente es necesario exponer al aire una mayor superficie de las mismas; Ésto se logra cortándolas en trozos pequeños y uniformes, labor que se puede realizar utilizando una máquina picadora como la que aparece en la Figura 2-9



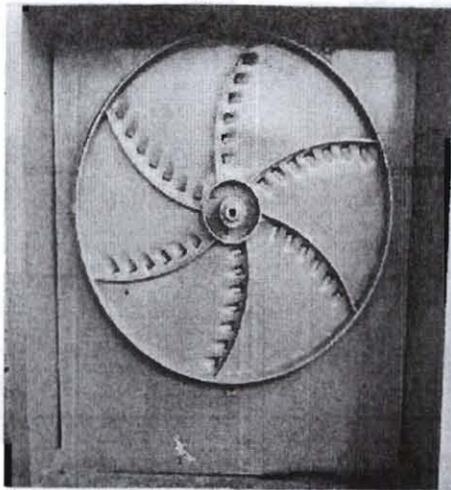
**Figura 2.10:** Picando yuca

- **Partes fundamentales de la máquina.**

El modelo que se utiliza comúnmente se llama tipo Colombia. La máquina consiste, básicamente, en una estructura metálica y un disco trozador. La primera soporta las poleas, el eje del disco y la tolva de alimentación. El soporte del motor también se acopla al estructura principal de la máquina.

La máquina puede ser movida por un motor eléctrico o uno de combustión interna (gasolina o ACPM). La potencia del motor de gasolina debe ser de 8 a 10 HP; la de motor eléctrico puede ser de 5 HP. Este motor es el componente más importante del equipo de la planta, ya que cualquier falla de su funcionamiento alterara el proceso normal de la planta. Es necesario por tanto, que los operarios estén debidamente capacitados para hacerlo funcionar y para darle un mantenimiento riguroso.

Existen otros modelos de máquinas que reciben movimiento en forma manual o por medio de pedales como los de bicicleta). La capacidad puede variar entre 200 a 300kg/h dependiendo del modelo del equipo y de la fortaleza del operario (Figura 2.10).



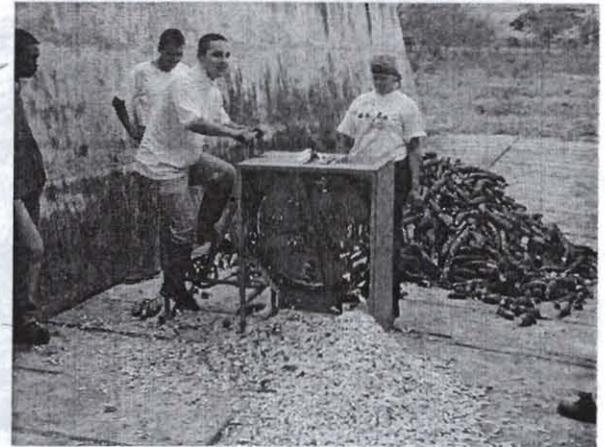
**Foto 2.11:** Máquina picadora clásica

- **Cuidados en el mantenimiento y operación**

Para que la máquina opere eficientemente es necesario prestar atención a varios aspectos que pueden afectar su rendimiento.

La máquina debe anclarse correctamente, ya que durante su operación se producen algunas vibraciones. El giro del disco no debe sobrepasar los 600 rpm revoluciones; si se sobrepasa los trozos producidos quedan muy delgados y finos, trayendo como consecuencia problemas en el secado posterior.

El aro que rodea el disco evita que porciones grandes de raíces pasen sin ser picadas. Este debe acoplarse muy cerca al borde del disco



**Figura 2.12:** Máquina picadora de pedal

El disco debe girar muy cerca de los tubos de la tolva. La máquina tiene acoplado en el extremo del eje un extractor que ayuda para sacar el disco sin necesidad de golpearlo cuando se quiere hacer mantenimiento.

Las cuchillas deben permanecer bien afiladas, ya que puede afectar el rendimiento de la máquina y contribuye a producir trozos más delgados y mayor cantidad de partículas finas. Las piedras y los grandes tocones de las raíces pueden ocasionar daños serios a las cuchillas. En ocasiones no se cuentan con los repuestos adecuados, y en regiones alejadas de las grandes ciudades, estos inconvenientes generan parálisis en las empresas.



### 2.2.5 Secado

En la etapa de secado de yuca se elimina la mayor parte de la humedad que contienen los trozos cuando están frescos; se obtiene así un producto que se puede almacenar durante períodos largos, sin que se deteriore.

Dentro de los sistemas de secado de productos agrícolas, el secado natural o solar tradicional es el más utilizado en el mundo. Este proceso toma la energía del medio ambiente: la entalpía del aire y la radiación solar. Este secado se realiza en la misma espiga del grano, patios de cemento, bandejas y carpas plásticas por ejemplo. A pesar de lo rudimentario, el secado natural tradicional sigue siendo el único medio económicamente viable para muchos productos agrícolas.

La capacidad del sistema natural, los tiempos de secado y la calidad del producto final dependen de las condiciones climáticas. Esas condiciones cambian de lugar en lugar y de tiempo en tiempo. Esto hace que esta técnica sea riesgosa sobre todo en épocas climáticas de transición donde la posibilidad de perder el producto es alta. La utilización de mano de obra es relativamente alta y las áreas ocupadas son grandes. A veces no es posible programar las actividades. A pesar de todo esto, sigue siendo el método más sencillo y con costos bajos (Figura 2.13)



**Figura 2.13:** Sistema de secado natural de yuca.

Con relación al secado artificial, la mayor parte de los actuales secadores mecánicos artificiales comerciales, las necesidades energéticas para el proceso se suministran por convección a través del aire caliente. El calentamiento se logra con energía eléctrica, y energía que proviene de fuentes como: leña, carbón, acpm, gas propano, gas natural, etc. El aire aplicado puede tener temperaturas que oscilan entre los 60 y 200 grados centígrados. El consumo de energía puede ser grande porque hay que tener en cuenta las pérdidas térmicas en los elementos del sistema sobre todo cuando el calentamiento es indirecto en productos como el carbón donde no se puede permitir el contacto del producto con los gases de combustión.



En el proceso con secadores artificiales, el producto se mueve o se mezcla continuamente para garantizar un proceso uniforme. Estos equipos son diseñados para procesar grandes cantidades de producto en poco tiempo, exigen grandes inversiones iniciales y la vida útil es corta con relación al piso de concreto.

El ácido sulfúrico y el ácido sulfhídrico formados en las combustiones corroen los elementos del equipo. Cuando no se utilizan intercambiadores de calor, se operan inadecuadamente puede someter los productos a condiciones severas que comprometen la calidad final del producto y bajan la eficiencia de operación del equipo a valores menores del 40%, llegándose a presentar el hecho que el combustible gastado valga más que la propia materia seca producida.

La elección del método depende, en gran parte, de la cantidad de yuca que se secará, de la disponibilidad de capital, del costo de la mano de obra, y de la disponibilidad en la zona del proyecto de fuentes de energía relativamente baratas.

Particularmente, en el caso de Haití, se amplían en las secciones 5, 6, y 7: Métodos de secado natural, en patios, en bandejas inclinadas y en capa fija

### 2.2.6 Premolienda

El transporte de los trozos secos de yuca a lugares distantes es costoso en algunas regiones debido al poco peso por unidad de volumen. Por lo tanto, a veces resulta conveniente PREMOLER y empacar luego en costales o empaques de polipropileno o papel.

La premolienda se realiza en una máquina que se denomina PREMOLEDORA y que consta básicamente de dos cilindros que giran en sentido contrario y que en su acción quiebran los trozos suavemente produciendo trozos mucho más pequeños (trozo premolido o trocitos).

Esta es una máquina de tecnología barata, simple y versátil que sirve a pequeños y medianos empresarios. Funciona con reducidos costos de operación, fácil montaje y mantenimiento.

La práctica de compactar los trozos dentro de los empaques de fique hasta llegar a 155kg da buenos resultados: sin embargo, la premolienda es mejor alternativa en términos de reducir efectivamente los volúmenes en el transporte.

Con la premolienda se puede manejar la alternativa del anudado de los empaques para efectuar el cierre éstos se conservarían por más tiempo. Los costos por reposición serían más bajos.



La conformación de altos arrumes exige bultos más planos que puedan acomodarse fácilmente entre sí. Con harina o trozos no habrían problemas de inestabilidad. El peso más conveniente sería igual o menor a 45 Kg. por empaque.

### 2.2.7 Molienda.

Al igual que en la premolienda, transportar yuca a lugares distantes es costoso a causa del poco peso por unidad de volumen que tienen los trozos secos. Por tanto, a veces conviene moler los trozos secos y obtener harina para empacarla en bolsas de polipropileno, papel o tela.

La molienda se hace en un molino de martillos, al cual se le adaptan filtros de tela en que se recoge el polvo fino que resulta en la operación (Figura 2.14)



**Figura 2.14** Molienda de trozos secos de yuca con un molino de martillos.

La presentación en harina puede tener problemas. La yuca seca se suele mercadear como trozos porque no es fácil hacer el control de calidad de la harina en las empresas que la consumen o en las fábricas de alimentos concentrados para animales.

La molienda puede encubrir en problemas de ataques de hongos, insectos, mal secamiento, etc.

### 2.2.8 Almacenamiento.

La planta de secado debe disponer de una bodega para almacenar los trozos de yuca seca mientras llega el momento de enviarlos a las empresas compradoras. Los bultos se deben apilar sobre bases de madera o en estibas (Figura 2-15).

Cuando las condiciones del sitio de almacenamiento se controlan adecuadamente, la yuca seca (10% a 12% de humedad) se conserva almacenada durante períodos prolongados (6 a 12 meses) sin que se deteriore su calidad. Las condiciones óptimas se logran si la bodega se mantiene muy limpia, y se instalan en ella los mecanismos de aireación necesarios para manejar el movimiento de humedad entre la bodega y el exterior.

Si hay alta humedad en el ambiente, la yuca seca absorbe esa humedad que, junto con el alto contenido de almidón de la yuca, estimula en los

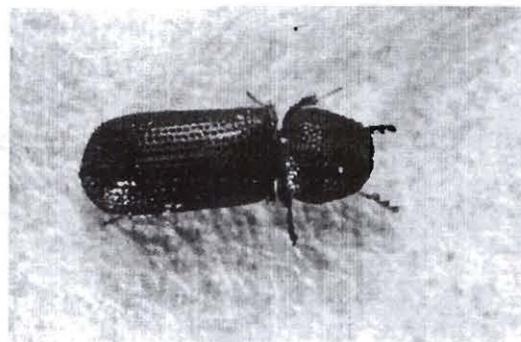


trozos de raíz el crecimiento de varios hongos; éstos producen toxinas que impiden, finalmente, el uso de la yuca para la alimentación animal.

La yuca seca almacenada también puede ser atacada por insectos plaga. En los trozos de yuca seca se han encontrado alrededor de 38 especies de insectos, principalmente del orden Coleoptera, aunque sólo se consideran importantes los que pueden reproducirse en ella. Estudios realizados en el CIAT indican que *Araecerus fasciculatus* y *Lasioderma senicorne* pueden causar grandes pérdidas a la yuca seca (Figura 2.16)



**Figura 2.15:** En la bodega, los bultos con trozos secos de yuca se deben apilar sobre estibas o bases de madera



**Figura 2.16:** Insectos *Araecerus fasciculatus*, puede causar grandes pérdidas a la yuca almacenada

### Practica 2.1

#### Diseño del proceso de producción de trozos secos integrales de yuca para consumo animal

Objetivo:

Los participantes demostraran la habilidad para diseñar el proceso de los trozos empleando el secado natural sobre pisos de concreto, describiendo las etapas y haciendo la lista de los equipos con sus respectivas capacidades.

Orientaciones para el facilitador:

1. Para realizar una adecuada práctica de los diferentes aspectos descritos en esta sección, siga las siguientes instrucciones:
  - 1.1 Asuma que existe una plantación de yuca con un área determinada y que debe cosecharse en un periodo de tiempo determinado.
  - 1.2 Adelante instrucciones sobre el secado natural y fije algunos



parámetros sobre cargas y tiempos de secado.

1.3 Definir el tiempo de presentación del producto seco y periodicidad de renta.

1.4 Definir el tiempo disponible por semanas para procesar el producto.

## 2. Práctica.

2.1 Una vez se haya distribuido la información sobre el caso hipotético del proyecto, cite a los participantes para un día de trabajo en una sala. Tenga cuidado con todos los aspectos logísticos para ese día: alquiler de la sala, papelógrafo, tablero, refrigerios, etc)

### 2.2 Trabajo en la sala

- Los participantes dividen en grupos de personas o en parejas con herramientas de trabajo. Recibirán el caso hipotético de una planta cosechadora de yuca. El caso sería general, pero cada grupo tendrá algunas variantes en capacidad, etc.
- Durante 2 horas cada equipo resolverá cada caso y preparará una cita de presentación.

2.3 Presentaciones de 10 minutos por cada grupo.

2.4 Discusión general de las exposiciones y aclaración de los asuntos más importantes.

## 3. Evaluación Final.

Al finalizar la práctica, en plenaria, los participantes responden al siguiente cuestionario, compartiendo

sus respuestas frente a los demás compañeros.

3.1 ¿Qué información hizo falta para realizar el diseño del proceso

3.2 ¿Qué infraestructura y tipo de servicios públicos se requieren para el funcionamiento de la planta sea posible?

3.3 ¿Que tipo de preparación se requiere en las operaciones varias?

## Documentación Recomendada



# **SECCION 3**

## **Infraestructura de una planta productora de trozos secos de yuca integral**





# SECCION 3

## Infraestructura de una planta procesadora de trozos secos de yuca

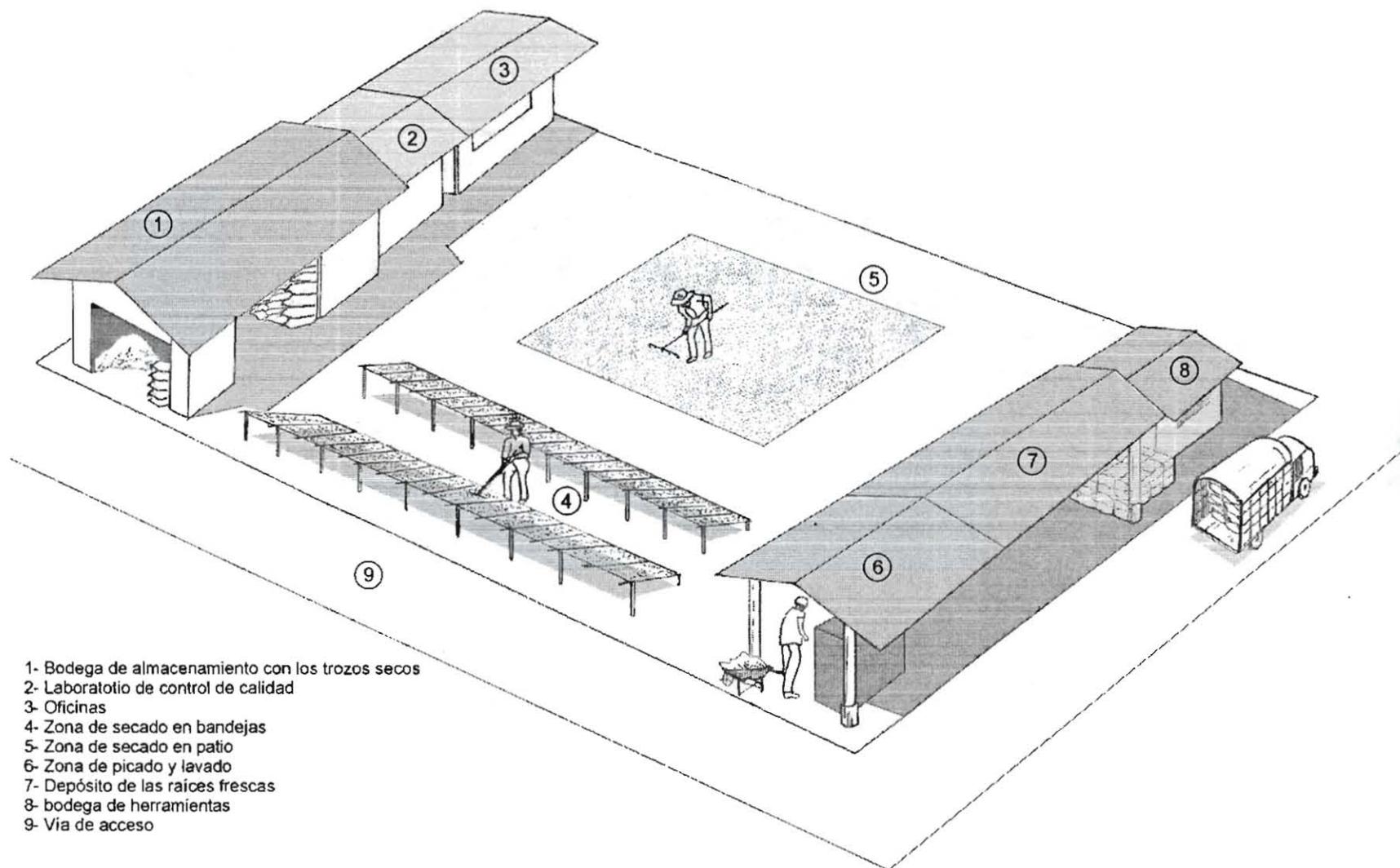
### Contenido

### Página

Estructura de la Sección	3.4
Objetivos	3.4
Preguntas Orientadoras	3.4
3.1 Introducción.	3.5
3.2 Zona de picado.	3.5
3.3 Zona de secado.	3.6
3.3.1 Piso.de concreto o cemento	3.7
3.3.2 Bandejas.	3.9
3.4 Bodega de almacenamiento.	3.10
3.5 Laboratorio de Control de calidad.	3.11
3.6 Oficinas.	3.12
Ejercicio 3.1 Planeación de una Planta de Yuca: Procesamiento, Secado, Almacenamiento y Control de Calidad	3.12
Documentación Recomendada.	3.12



### Estructura de la Sección 3



Se muestran los espacios mas importantes que componen una planta de producción de trozos secos de yuca integral para el uso en la alimentación animal.:



### **Objetivo General:**

- Realizar una lista de las zonas más importantes que componen una planta de secado con sus respectivas funciones.
- Elaborar el plano de una planta productora de yuca seca donde estén localizados las zonas más importantes de trabajo.

### **Objetivos específicos:**

- Enumerar las partes fundamentales de la infraestructura de una planta de secado de yuca.
- Describir el área de picado con sus respectivas funciones.
- Identificar las principales características de un patio de secado de yuca.
- Enumerar los materiales y los pasos para la construcción de un piso de cemento.
- Definir los elementos que conforman un sistema de secado en bandejas inclinadas.
- Describir la bodega de almacenamiento con sus respectivas funciones.
- Enumerar los usos del laboratorio de control de calidad y las oficinas administrativas

### **Preguntas orientadoras**

- ¿Podrían describir como es una planta de secado de yuca?
- Si ustedes tuvieran que construir un sistema de secado en bandejas, ¿con qué materiales y en qué forma se llevaría a cabo esta construcción?
- ¿Qué funciones tiene una bodega de almacenamiento?
- ¿Qué usos tiene un laboratorio de control de calidad, en el caso de producción de trozos de yuca?
- Sería necesario contar un espacio para la oficina?
- ¿Cuántas vías de acceso se requieren para una planta de secado?





## 1 Introducción

Antes de instalar una planta productora de trozos secos de yuca, debe escogerse cuidadosamente su ubicación respecto a la distancia de los sitios de suministro de la materia prima y a las buenas vías de acceso. Conviene que disponga, en lo posible, además, de fuentes de agua y de energía eléctrica.

La infraestructura mínima de una planta productora de trozos secos de yuca se compone de un área de secado, un área de picado, área de recepción de las raíces y una bodega de almacenamiento.

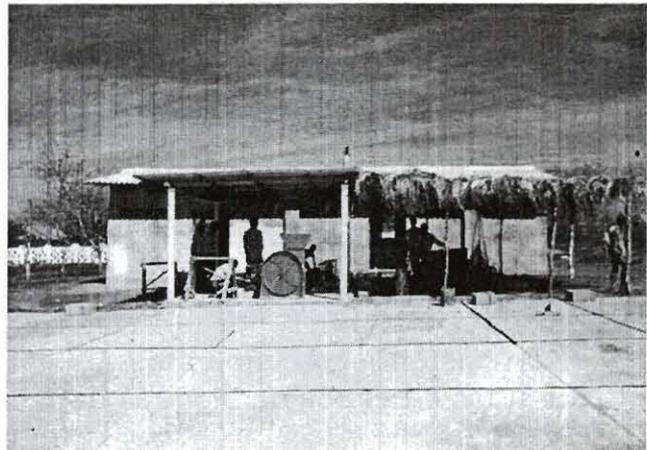
### 3.2 Zona de picado

El área donde se instala la máquina picadora debe ser suficiente para que los operarios se muevan con facilidad y para que los bultos de yuca fresca puedan ubicarse cerca de la máquina picadora. Un área de 16 m<sup>2</sup> (p. ej., 4 x 4 m) es adecuada para picar trozos en las plantas que tienen una capacidad máxima de 5 toneladas de yuca fresca por día.

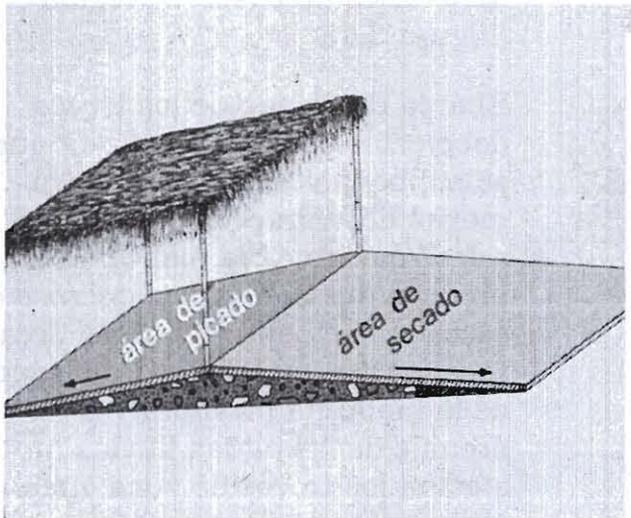
Esta área debe tener techo que dé sombra a los operarios y evite el deterioro de la máquina picadora por la acción del sol y la lluvia. Es aconsejable construir, además, contiguo a esta área, un techo que cubra el sitio de recepción de las raíces, para que las proteja de la lluvia y del sol y evite así que su calidad se deteriore. Este techo

adicional se puede construir con materiales típicos de la región (Figura 3.1).

El área de picado de los trozos debe estar cerca del lugar en que se recibe la yuca para evitar el movimiento innecesario de las raíces dentro de la planta. Se procura que el desnivel del piso de esta área sea opuesto al del área de secado para que el agua de lavado de la máquina picadora y el drenaje de las aguas lluvias no afecten los trozos de yuca que se estén secando (Figura 3.2).



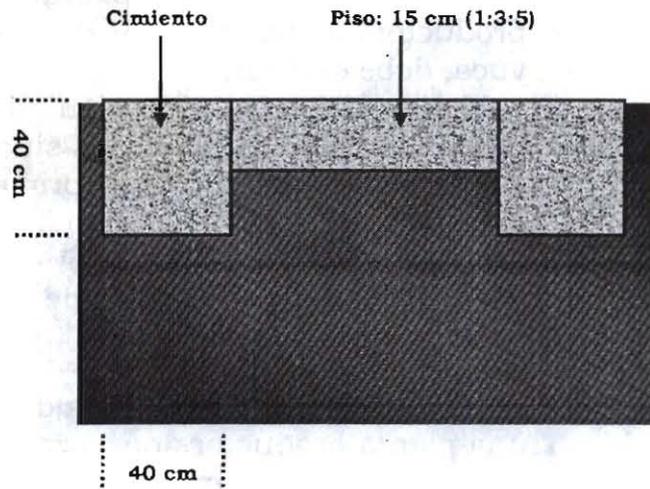
**Figura 3.1:** Vista del techo que cubre la máquina picadora de trozos secos de yuca y del techo adicional que protegerá la yuca fresca recibida para su procesamiento.



**Figura 3.2:** El desnivel del área en el que se pican los trozos de yuca debe oponerse al desnivel del piso donde se secan los trozos

El área de picado de los trozos estará sometida a vibraciones y debe soportar un peso por unidad de área mayor que el del área de secado. Debe tener, por tanto, un piso resistente con cimientos fundidos o hechos de bloques de concreto.

Se considera que los cimientos de 40 cm de profundidad y 40 cm de ancho son adecuados, y que el piso debe tener 15 cm de espesor y debe fundirse en concreto de mezcla 1:3:5 (Figura 3.3).



**Figura 3.3:** El área de picar trozos de yuca debe de tener un piso resistente.

El techo de esta área se construye con marco de madera y con láminas de zinc, tejas de asbesto-cemento o materiales típicos de la región (hojas de palma, entre otros). En cada  $m^3$  de volumen se podrían almacenar entre 700 y 800 Kg. de raíces frescas.

### 3.3 Zona de secado

A continuación se describen las zonas de secado para cada uno de los sistemas de secado que se han considerado adecuados para el caso de Haití. Por ende, se han tenido en cuenta dos sistemas de secado natural al sol (piso de concreto y bandejas) que se describirán en las secciones 4 y 5 respectivamente.



### 3.3.1 Piso de concreto o cemento

Los trozos de yuca se exponen a la radiación solar en una superficie diseñada para este propósito: es un patio de secado cuyo piso debe ser resistente (que no se agriete) y liso, para que permita el deslizamiento fácil de los rastrillos y palas que se usan para esparcir, voltear y recoger los trozos de yuca.

En el área de secado no debe haber árboles, edificaciones u obstáculos similares que disminuyan la ventilación natural o que den sombra al área. Asimismo, se debe tener en cuenta la pendiente natural del terreno para que el patio quede con un declive que permita el drenaje de las aguas de lluvia.

La construcción del piso de secado es específica de cada región y es muy conveniente que en ella participen los agricultores; el procedimiento de construcción dependerá del tipo de organización que ellos tengan. Se recomienda siempre que se contrate a un técnico experto para que dirija los trabajos. Los pasos del procedimiento es el siguientes:

- El paso inicial es **demarcar el área** que ocupará el patio. Se retira la capa vegetal del terreno, y se nivela y compacta la superficie expuesta. Una buena compactación garantiza la calidad de la obra. Durante la compactación, la parte central del patio debe quedar a un nivel

más alto que las partes laterales; así se obtiene un desnivel a dos aguas que facilita la evacuación rápida de las aguas de lluvia.

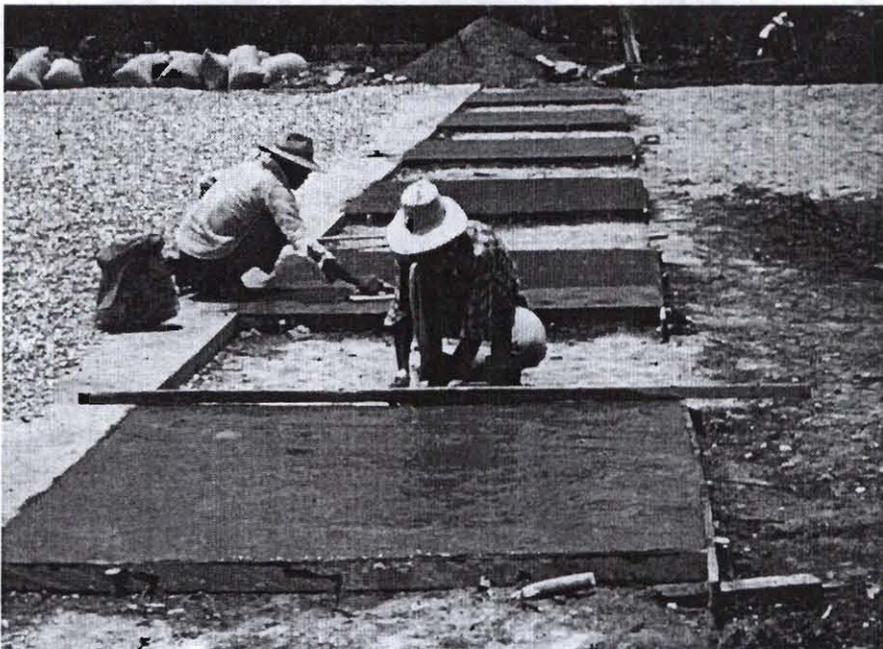
- Luego se hace el **cimiento o soporte del piso** en el perímetro del área del patio. El cimiento debe tener de 20 a 30 cm de espesor y de 30 a 40 cm de profundidad; se construye en concreto fundido o con bloques de concreto. El piso se hace también de concreto o en hormigón simple y su espesor más adecuado sería 10 cm si sólo se permite el paso de personas por su área. Si se cree que debe permitirse la circulación de vehículos automotores pesados en el piso, el espesor de éste debe ser mayor que 15 ó 20 cm y hay que reforzarlo con hierro. En el concreto debe dosificarse la mezcla de cemento, arena limpia, grava libre de materias terrosas y agua según las características del suelo. En general, los suelos arcillosos requieren la mezcla 1:2:3 (cemento:arena:grava) y los suelos arenosos la 1:3:4; sin embargo, la dosis adecuada de estos componentes proviene de la experiencia del albañil experto o del constructor.

- El tercer paso es **vaciar el piso** de secado. Se recomienda dividir el área de construcción en zonas o placas de 2 m x 2 m, dejando entre las placas una separación angosta en la que se coloca una



“junta de dilatación” que es, simplemente, una tira de madera que se retira al final de la obra (Figura 3.4). Para disminuir el riesgo de agrietamiento del piso, se deben colocar, entre placa y placa, trozos de varilla de hierro que, al fundirse con las placas, servirán como elementos de unión (Figura 3.4).

- El cuarto paso, una vez fundido



**Figura 3.4:** Entre placas de cemento se colocan juntas de dilatación (A) y las varillas de hierro

el piso, es **pulir y resanar** el piso para corregir las grietas que hayan quedado. Enseguida se retiran los listones de madera que sirvieron como juntas de dilatación y se rellenan las separaciones entre las placas con un mortero de cemento y arena o con brea. En la Figura

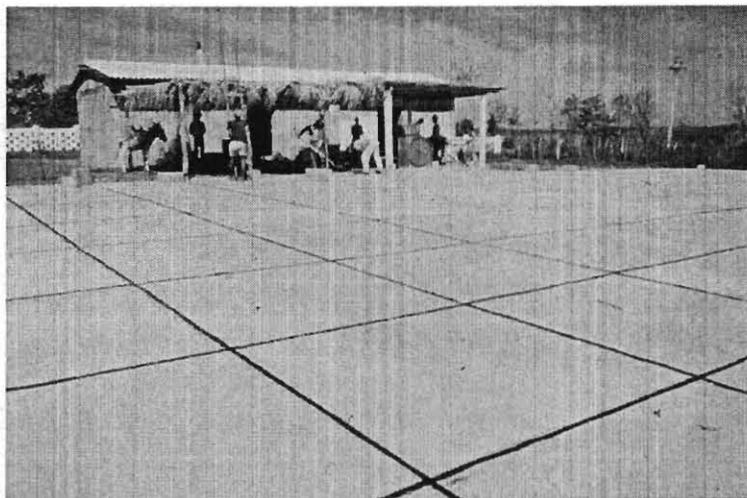
3.5 se observa el aspecto final del área de secado.

Para las zonas donde la carga de 12.5 kg/m<sup>2</sup> es adecuada, la división del área de secado en placas de 2 x 2 m tiene una ventaja: facilitará a los operarios la distribución de la cantidad adecuada de trozos de yuca por unidad de área. Aplicando la carga recomendada de trozos de yuca fresca (12.5 kg/m<sup>2</sup> de piso), la

placa de 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m) debería recibir 50 kg; esta cantidad equivale, aproximadamente, a la capacidad de una carreta comúnmente usada en el proceso de secamiento. En términos sencillos, una carretada por placa daría la carga óptima del área de secado. Su necesidad de supervisar permanentemente a los operarios.

### 3.3.2 Bandejas inclinadas

Las bandejas tienen como estructura un marco de madera y como base una malla de anejo plástico que evita la pérdida del material durante el proceso.



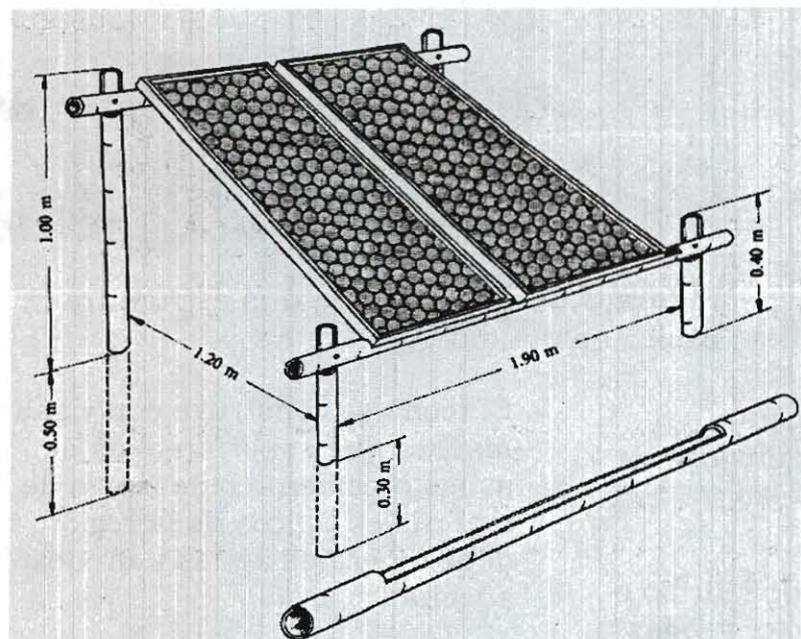
**Figura 3.5:** Aspecto final del patio de secado.

Se fortalece el anejo plástico añadiéndole una malla de gallinero en alambre con agujeros de una pulgada de diámetro (Figura 3.6). Las dimensiones que muestran la figura permiten que la bandeja sea manejada por dos operarios; sin

embargo, el tamaño de la bandeja puede variar según el material de yuca disponible en la región. Nótese que la sustitución de un anejo plástico de 35 perforaciones por  $\text{cm}^2$ , por otro con aberturas más grandes, daría como resultado mayores pérdidas de yuca. Las pérdidas debidas a un anejo adecuado equivalen a menos del 3% de la yuca seca.

Para aprovechar la acción del viento durante la noche, las bandejas se pueden colocar en soportes de bambú o de guadua cubiertas con una lona o plástico hasta el día siguiente

### 3.4 Bodega de almacenamiento



**Figura 3.7:** (A) Bandeja con sus dimensiones. (B) Colocación de la bandeja sobre sus soportes de guadua o bambú. Fuente: Best, R. 1979

La bodega es el lugar donde se almacenan los bultos de trozos de yuca seca. El tamaño de la bodega depende de la capacidad de la planta de secado, de la periodicidad de los despachos de yuca seca, y también de las futuras ampliaciones de la capacidad de secado, que se tengan previstas a largo plazo.

En  $1 \text{ m}^3$  de bodega se pueden almacenar, aproximadamente, 350



kg de yuca seca. Una bodega de  $140 \text{ m}^3$  ( $10 \times 4 \times 3.5 \text{ m}$ ) puede almacenar alrededor de 30 t de yuca seca, o sea, la producción de un patio de secado de  $1000 \text{ m}^2$  en 18 días.

Si se hacen despachos de yuca seca fuera de la planta cada 2 semanas, la bodega no tendrá problemas de congestión ni de aireación. Se recomienda dejar 1 m de espacio entre la superficie del arrume de yuca seca y el cielo raso de la bodega, por eso es la altura de 3.5 m

Los cimientos de la bodega deben tener de 30 a 50 cm de profundidad por 40 cm de espesor. Cuando las paredes son muy largas, es necesario construir columnas cada 3 ó 4 m de pared y un cimiento de 60 a 70 cm para cada columna.

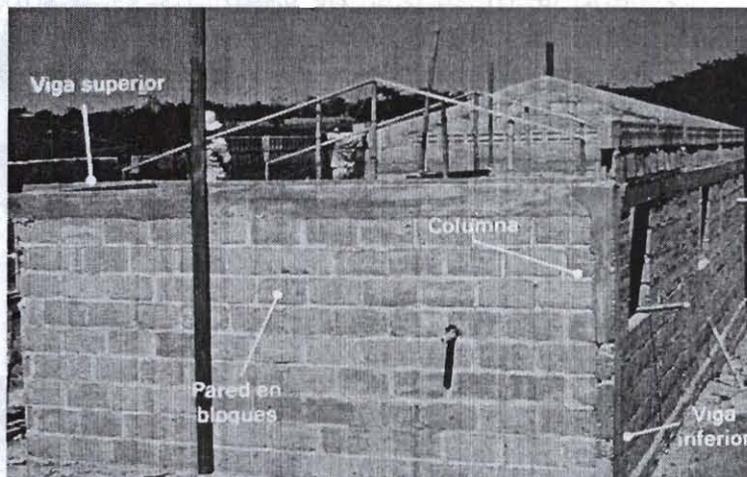
La estructura básica de la bodega consta de los siguientes elementos:

- Vigas de amarre en la parte inferior e inmediatamente encima de los cimientos, perfectamente unidas entre sí para dar un soporte más sólido a las paredes;
- Columnas; paredes de ladrillo o de bloques de cemento; y vigas superiores de amarre, que sirven para unir sólidamente

las columnas y como soporte de la estructura del techo (Figura 3.6)

La bodega debe tener mecanismos para controlar la aireación o el cambio del aire.

La apertura total de todas las puertas por corto tiempo es un buen recurso. Los 'calados' de cemento colocados a lo largo de la parte superior de las paredes son un buen sistema de ventilación de la bodega, útiles cuando se hagan aplicaciones de insecticidas; no son recomendables, sin embargo, cuando el almacenamiento es de larga duración.



**Figura 3.6:** Elementos de una estructura básica de una bodega.

El techo se construye con vigas de madera que soportan tejas de asbesto-cemento o de zinc o de materiales típicos de la región; debe tener dos aguas y un desnivel adecuado.

Antes de construir el piso de la bodega, se fragua una base de



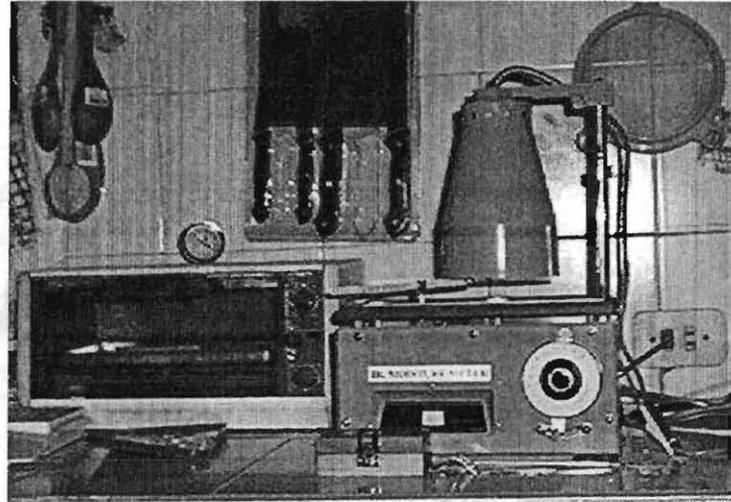
cemento que sirve como un piso inicial que ayuda a evitar que la humedad aflore a la superficie del piso real. Sobre esta base se funde una placa de concreto reforzado de poco espesor que es el piso final; se procura que quede tan lisa como sea posible. Es importante que los bultos de yuca seca no queden en contacto directo con el piso; por tanto, se deben instalar tarimas de madera o estibas que tengan de 10 a 15 cm de altura sobre el piso, en las cuales se colocarán los bultos.

Un andén alrededor de la bodega y un buen drenaje son estructuras externas de la bodega que impiden la acumulación del agua proveniente de las lluvias en el exterior de la bodega y la formación de áreas pantanosas.

### 3.5 Laboratorio de Control de calidad.

Generalmente cualquier empresa que maneje un proceso y lleve a cabo usualmente controles sobre la materia prima, el proceso, y los productos terminados, debe contar con un espacio adecuado para guardar y/o instalar los equipos que se requieren para efectuar los controles necesarios (Figura 3.7).

Las mediciones de gravedad específica determinaciones de



**Figura 3.7:** Instalaciones de un laboratorio de control de calidad.

humedad de los trozos secos, pesajes de muestras, su procedimientos que exigen balanzas, recipientes para agua, horarios y otros equipos necesarios para el control de calidad. Estos equipos son delicados y deben manejarse con mucho cuidado. En el laboratorio se debe disponer lo necesario para realizar las pruebas de control e inspección de calidad y guardar los equipos en forma segura.

### 3.6 Oficinas

Como se verá más adelante, la empresa debe contar con un espacio donde se puedan realizar todas las actividades de control contable del movimiento comercial de la empresa.

La oficina es lugar de trabajo de un gerente o administrador de la empresa y una secretaria,



personas que por lo menos deben encargarse de todas las actividades contables, pagos, pedidos, etc.

### **Práctica 3.1**

#### **Planeación de una Planta de Yuca: Procesamiento, Secado, Almacenamiento y Control de Calidad.**

**Objetivo:** Realizar “a mano alzada” un plano de una planta completa de procesamiento de yuca que incluya facilidades de almacenamiento, control de calidad y administración.

#### **Orientaciones para el Facilitador:**

1. Organice grupos de trabajo no mayores de 6 personas.
2. Entregue a los participantes un listado con los requerimientos de la planta de procesamiento de yuca, (pequeño caso adjuntos) Estos requerimientos pueden ampliarse o reducirse de acuerdo con las posibilidades económicas de distintos grupos en diferentes localidades.
3. Entregue hojas de papelógrafo (idealmente con cuadrícula) para que los participantes diseñen el plano de la planta.
4. Conceda una hora para (a) realizar el plano y (b) preparar la presentación y justificación del plano. La propuesta de cada

grupo debe estar acompañada de un estimativo presupuestal.

5. En sesión plenaria se examinan los diferentes planos, sus ventajas y limitaciones.
6. En la plenaria el facilitador aprovecha las presentaciones para formular preguntas acerca de las propuestas de los participantes y profundizar en el tema.

#### **Documentos para Consulta adicional**

# **SECCION 4**

## **Secado natural en patios de cemento**





# SECCION 4

## Secado natural en patios de cemento

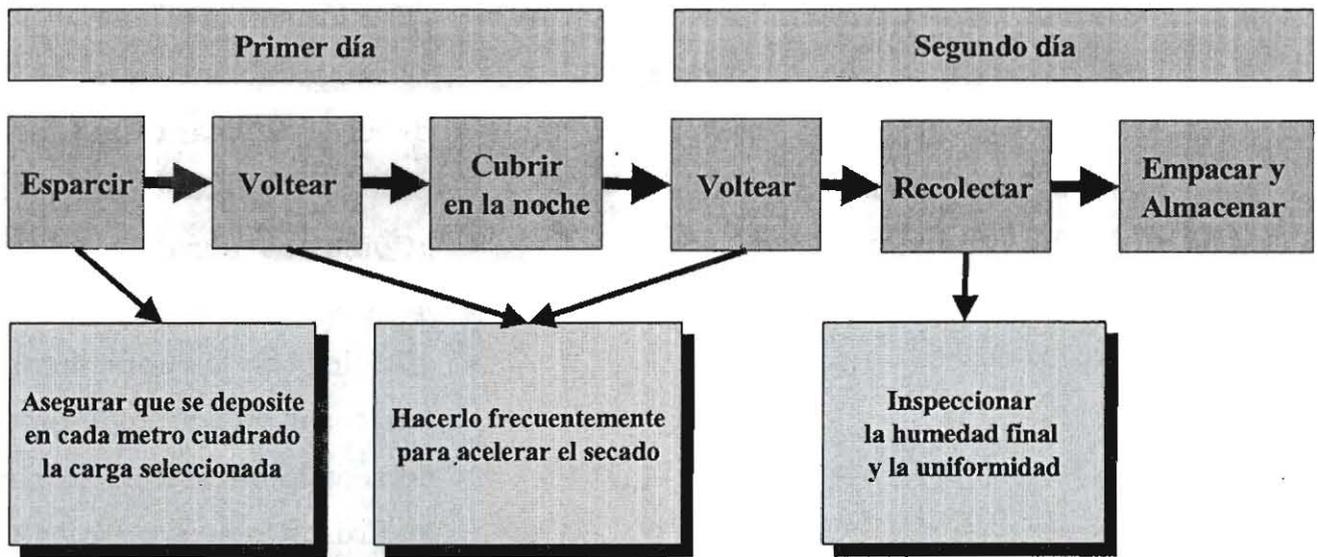
### Contenido

### Página

Estructura de la Sección 4	4.3
Objetivos	4.3
Preguntas orientadoras	4.4
4.1 Introducción.	4.5
4.2 Esparcir los trozos.	4.5
4.3 Voltear los trozos.	4.5
4.4 Recolección y empaque.	4.6
4.5 Implementos para secado en pisos	4.7
Ejercicio 4.1. Practica de secado natural de trozos de yuca sobre patios de cemento.	4.8
Documentación recomendada.	4.8



## Actividades del secado natural de trozos frescos de yuca sobre patios de cemento



Principales actividades que deben ejecutarse durante el secado de una tanda de trozos frescos sobre un piso de concreto o cemento durante dos días de proceso, tiempo normal de duración para la deshidratación.

### Objetivos Generales:

- Describir las diferentes actividades del proceso del secado natural de trozos frescos sobre un patio de cemento.

- Elaborar un cronograma detallado de las actividades que se ejecutan durante todo el proceso secado natural.

### Objetivos Específicos:

- Explicar la importancia de conseguir una buena distribución de los trozos sobre el patio de secado.

- Describir la operación de volteo de los trozos sobre el patio y las herramientas que se requieren para hacerlo.
- Mencionar la importancia de la etapa de recolección de los trozos secos y describir las características de un trozo de yuca seca con una humedad.
- Enumerar los implementos y las herramientas básicas usadas en la recolección de los trozos secos.

### **Preguntas orientadoras**

- ¿Cuáles actividades básicas se pueden distinguir en el proceso de secado natural sobre patios de cemento de la yuca?
- ¿Cuáles son algunas recomendaciones que se deberían aplicar durante el proceso de secado de la yuca?
- ¿Cómo se realiza el rayado de la yuca?
- ¿Cuáles son los implementos básicos a utilizar en el proceso de secado natural sobre patios los trozos frescos de yuca?



#### 4.1 Introducción

El secado natural aprovecha la energía solar y la acción de las corrientes de aire para evaporar la humedad contenida en los trozos de yuca. Se esparcen los trozos de yuca sobre pisos o patios de concreto, de tal manera que queden expuestos a la acción directa de la radiación solar y del calor latente de las corrientes del aire circundante. Esta etapa comprende dos operaciones básicas: el esparcimiento de los trozos en el área de secado y el volteo frecuente de los trozos hasta cuando estén completamente secos.

El proceso finaliza con la inspección de la humedad final y con la recolección y empacado de los trozos secos.

#### 4.2 Esparcir los trozos

Los trozos de yuca se esparcen sobre el piso de concreto formando una capa uniforme. Con la ayuda de una carretilla de mano se depositan los trozos de yuca en montones pequeños; luego, con un rastrillo de diente se dispersan uniformemente los trozos sobre la superficie del patio (Figura 4.1); para garantizar que la carga por cada  $m^2$  del patio se la misma sobre toda el área, y al final, los trozos alcancen la misma humedad.

En cada  $m^2$  de piso se deben esparcir de 8 a 12 kg de trozos de yuca fresca. Esta carga debe secarse

en 2 días si las condiciones climáticas son normales. Una cantidad mayor de yuca por  $m^2$  retarda el secado, causa una pérdida en la eficiencia de la planta y deteriora la calidad final de la yuca seca; una cantidad menor, por su parte, no permite aprovechar toda la capacidad instalada para el secado.



**Figura 4.1:** Esparcimiento de los trozos secos de yuca sobre el patio de cemento

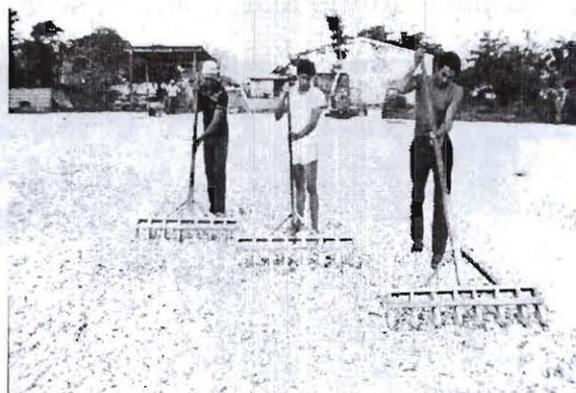
#### 4.3 Voltar los trozos.

Toda la yuca picada debe secarse uniformemente para que el producto final sea de buena calidad. Para lograr un secado uniforme, los trozos se deben voltear cada 2 horas (o sea, 6 a 8 veces por día), en especial durante las horas iniciales de secado, tiempo durante el cual se pierde la mayor cantidad de humedad (Figura 4.2).

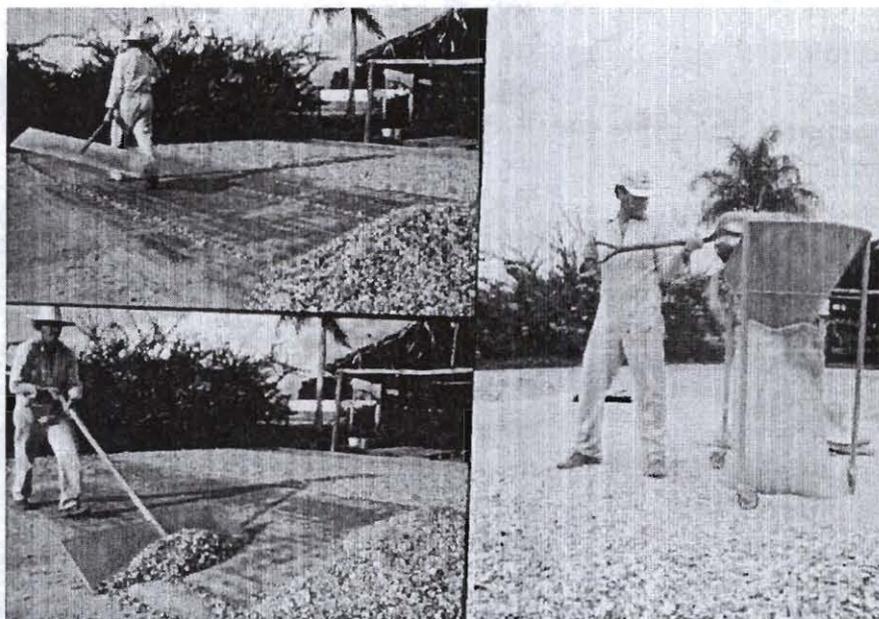
Durante la noche, los trozos pueden quedar esparcidos sobre el piso de concreto, a menos que haya posibilidad de lluvias; en este caso,



se recomienda apilarlos en la parte más alta del patio y cubrirlos con un plástico o con una lona, para esparcirlos de nuevo a la mañana siguiente. El volteo debe continuar hasta que los trozos se sequen.



**Figura 4.2:** Esparcimiento de los trozos secos con rastrillo,



**Figura 4.3:** Recolección de los trozos secos de yuca

Los trozos se voltean con un rastrillo de madera; éste forma surcos dejando así áreas húmedas del piso expuestas a la radiación solar directa (Figura 4.2). Esta porción de piso se seca y se calienta irradiando el calor a los trozos frescos cercanos. Este es el principal mecanismo de secado.

#### 4.4 Recolección y Empaque

Bajo las condiciones normales de una época seca de cualquier región (28° C y 65% de humedad relativa), los trozos alcanzan entre 10 – 12% de humedad al final de dos días.

Cuando los trozos llegan a estos valores de humedad, se recogen y empaican. En las plantas de secado, este nivel de humedad se determina

al tacto: cuando los trozos están suficientemente secos, se quiebran con facilidad al presionarlos entre los dedos y es posible escribir con ellos como si fueran tizas. En el Anexo 8.4 se describe el método para medir la humedad

La recolección de los trozos se hace con dos palas: una ancha de madera, con la cual se amontonan los trozos secos y otra corta y metálica, con la cual



se empacan luego los montones en bolsas o sacos de fique (cabuya) o de polipropileno. Para esta última labor se necesitan, generalmente, dos personas; una mantiene abierta la boca del costal y otra deposita en él los trozos secos. Se puede utilizar también un embudo de metal en cuya salida se suspende un saco abierto (Figura 4.3).

Una bolsa de fique puede contener de 40 a 50 kg, pero si se apisonan los trozos secos a medida que llenan el saco, éste tendrá al final mayor peso, alrededor de los 55 kg (Figura 4.4).



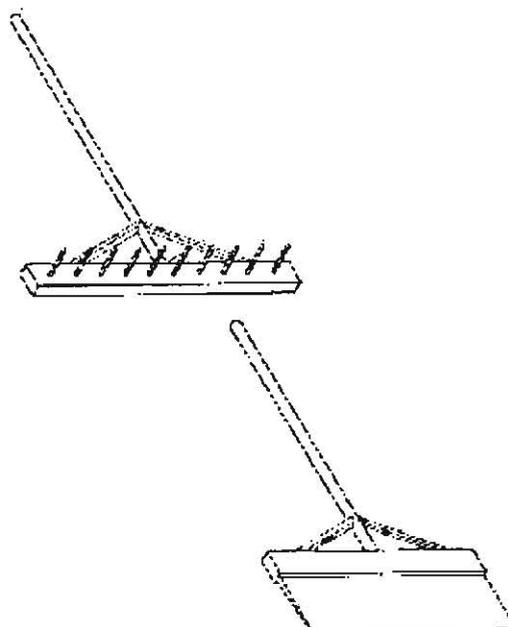
**Figura 4.4.** Empaque de los trozos secos de yuca

#### 4.5 Implementos para secado en pisos

- o Una **carreta** común con una capacidad de 50 kg, aproximadamente; se usa para distribuir los trozos de yuca en montones sobre el patio de

secado (una carretada en cada área de 2 x 2 m).

- o Varios **rastrillos** de madera para esparcir y voltear los trozos de yuca; su forma y sus dimensiones se indican en la Figura 4.5.



**Figura 4.5:** herramientas para secado en piso: rastrillos y pala

- o **Palas** de dos tipos para manejar la yuca seca: unas de madera con la parte ancha plana, rectangular y terminada en filo, que sirven para amontonar los trozos, otras metálicas, comunes y corrientes, que sirven para recoger y empacar los trozos.
- o **Empaques** en cantidad suficiente, tanto para la compra de yuca fresca como para el almacenamiento y



comercialización de los trozos secos. Los mejores son los de fique o yute, que tienen mayor capacidad y pueden usarse varias veces. Los empaques de polipropileno son de menor capacidad y duran menos, pero su costo es menor.

Una **carpa de plástico** para proteger, en el patio de secado, los trozos de yuca de las lluvias imprevistas. También durante el invierno la carpa permite secar yuca, así sea a pequeña escala. Para una planta de 500 m<sup>2</sup>, con piso de concreto, es suficiente una carpa plástica de 250 m<sup>2</sup>

#### **Práctica 4.1**

#### **Practica de secado natural de trozos de yuca sobre patios de cemento.**

#### **Objetivo**

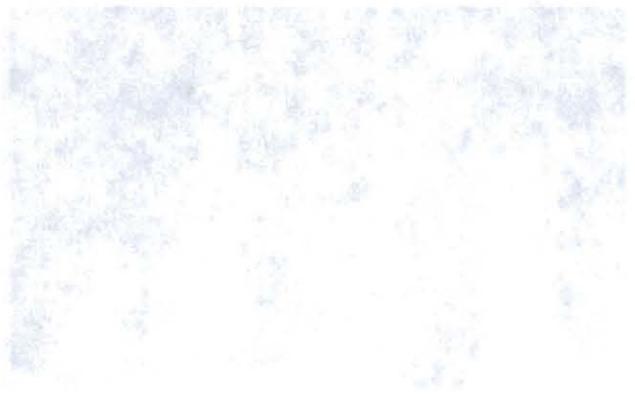
Los participantes demostrarán la capacidad para realizar las operaciones de secado natural de trozos de yuca en patio.

#### **Orientaciones para el Facilitador**

1. Para la organización de esta practica tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:
  - 1.1 Tenga disponible unos 500 Kg de trozos de yuca listos para entrar al proceso de secado.
  - 1.2 Disponga de una plancha de cemento especialmente acondicionada para el secado al aire libre

- 1.3 Distribuya a los participantes en 10 grupos para que realicen la práctica. Los trozos de yuca deben estar disponibles en montones, uno por cada grupo.
- 1.4 Oriente a los participantes para las operaciones de “esparcir”, “voltear”, “recolectar” y “empacar”.
- 1.5 Supervise el proceso para dar orientaciones durante el mismo.
- 1.6 Realice el control de calidad de los trozos secos.

#### **Documentación recomendada.**



# **SECCION 5**

## **Secado natural en bandejas inclinadas**





# SECCION 5

## Secado natural en bandejas inclinadas

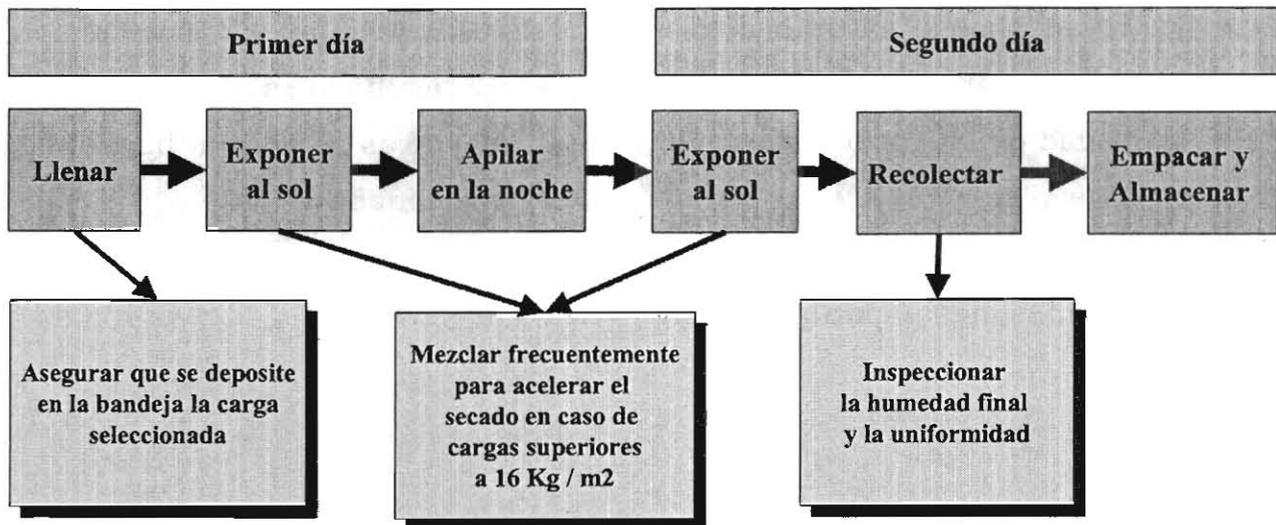
### Contenido

	Página
Estructura de la Sección 5	5.3
Objetivos	5.3
Preguntas Orientadoras	5.4
5.1 Introducción.	5.5
5.2 Llenado de bandejas	5.5
5.3 Densidad de carga en las bandejas	5.6
5.4 Etapas del secado en bandejas	5.7
5.4.1 Etapa inicial	5.7
5.4.2 Etapa final	5.7
5.5 Recolección de los trozos secos	5.7
Práctica 5.1. Secado natural de Trozos frescos de Yuca en Bandejas	5.8
Documentación recomendada.	5.8



## Estructura de la Sección 5

### Actividades del secado natural de trozos frescos de yuca sobre bandejas inclinadas



Principales actividades que deben ejecutarse durante el secado de una tanda de trozos frescos sobre las bandejas inclinadas durante dos días de proceso, tiempo normal de duración para la deshidratación en este sistema de secado

#### Objetivo General:

- Identificar las actividades que deben de realizarse durante el secado de trozos secos de yuca en bandejas mediante un esquema que las muestre de

manera secuencial y ordenada.

#### Objetivos específicos:

- Explicar el procedimiento para el llenado de bandejas y las actividades a realizar durante todo el tiempo de secado.
- Identificar las etapas de eliminación de humedad durante el secado y las diferencias con el secado en pisos.

- Describir el procedimiento más utilizado para la recolección de los trozos secos.

### **Preguntas orientadoras**

- ¿Qué mecanismo natural se aprovecha para eliminar la humedad de los trozos de yuca en Bandejas?
- ¿Cuáles son algunas de las actividades mas importantes del

procedimiento de secado en bandejas?

- ¿Qué diferencias se pueden encontrar entre el secado en bandejas y el secado en pisos?
- ¿Cómo se hace la recolección de los trozos una vez secados?
- El resultado es igual si las bandejas se colocan horizontales o inclinadas?



## 5.1 Introducción

Esta opción de secado permite establecer el sistema en lugares donde no se puede contar con una superficie plana para un patio de cemento. Este sistema tiene más ventajas, en términos de manejo, que el patio. En el momento de elegir entre uno y otro, debe tenerse en cuenta la vida útil de la infraestructura para la evaluación económica.

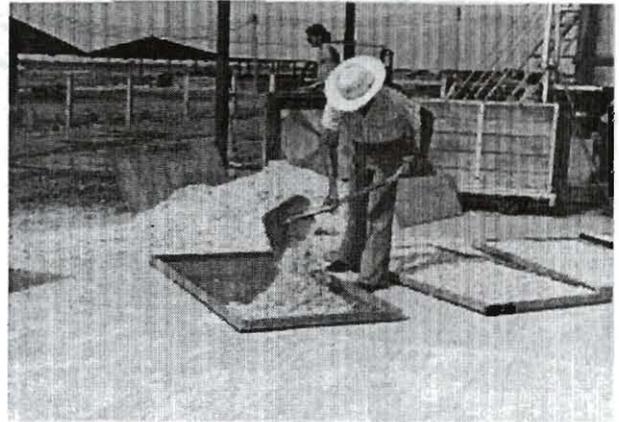
El proceso de secado en bandejas aprovecha al máximo la capacidad de secamiento del viento haciéndolo circular a través de los trozos de yuca colocados sobre las bandejas. Por esta razón se puede colocar una cubierta sobre el área de secado, puesto que el efecto de sol es poco comparado con el efecto del aire ambiental.

## 5.2 Llenado de bandejas

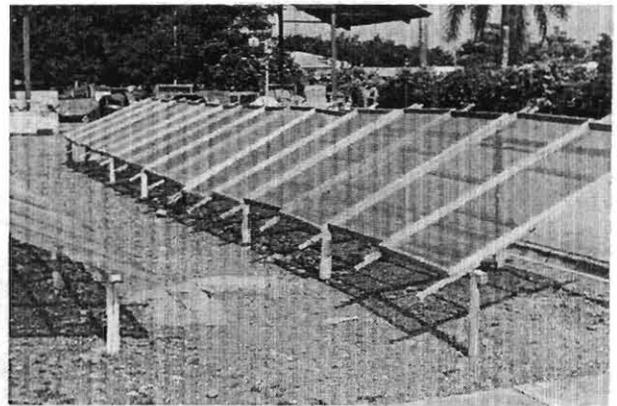
Después de la operación de picado, los trozos frescos de yuca se esparcen sobre las bandejas (Figura 5.1). Posteriormente estas se llevan al área de secado y se colocan sobre los travesaños de bambú o de guadua soportados por dos hileras de postes (la anterior más baja). Las bandejas quedan así inclinadas formando un ángulo de  $20^\circ$  a  $25^\circ$  que permite aprovechar al máximo la dirección y la fuerza del viento.

Otra opción es colocar primero las bandejas vacías sobre los soportes

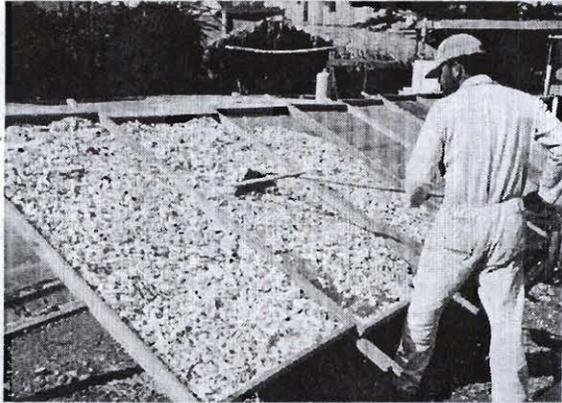
(Figura 5.2) y llenarlas luego con los trozos frescos. Con una carreta se llevan los trozos hasta el lugar donde se encuentran las bandejas dispuestas. Una vez se coloca la cantidad convenida de trozos sobre cada bandeja, se procede a esparcir los trozos sobre la superficie (Figura 5.3).



**Figura 5.1:** Llenado de las bandejas junto a la picadora.



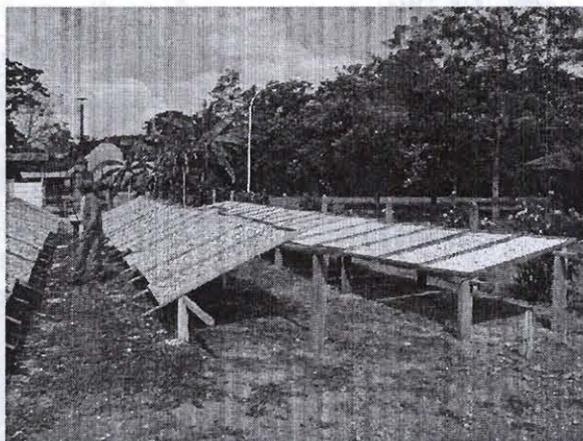
**Figura 5.2:** Las bandejas vacías se colocan sobre sus soportes



**Figura 5.3:** Un operario esparce los trozos sobre las bandejas

Es fácil lograr un peso promedio en todas las bandejas llenándolas primero un recipiente con la cantidad adecuada de trozos por bandeja y luego se esparcen en ella.

Cuando se emplean palas para cargar directamente las bandejas (Figura 5.3), la cantidad de yuca varía en muchas. Si las bandejas tienen dimensiones diferentes, su carga de trozos se obtiene multiplicando el área de la bandeja



**Figura 5.4.** Depositando los trozos húmedos en las bandejas mediante una pala metálica

por la cifra apropiada de la columna 3 del Cuadro 5.1 (carga de las bandejas en  $\text{kg}/\text{m}^2$ ).

### **Cuadro 5.1. Relación entre la carga de las bandejas y la velocidad del viento**

Condiciones	Viento (M/Seg)	Carga $\text{Kg}/\text{M}^2$
Calma sueave	brisa <1	10
Brisa Constante	1-2	10-13
Viento constante	>2	13-16

Las bandejas se pueden dejar sobre los soportes durante la noche para aprovechar la acción del viento; si se pronostican lluvias, se deben apilar horizontalmente (una encima de la otra) bajo techo o afuera, pero cubiertas con una lona o un plástico, hasta el día siguiente. La bandeja inferior de la pila se debe colocar sobre dos postes de bambú o de guadua para mantener todas las bandejas por encima del nivel del terreno. A la mañana siguiente se deben colocar de nuevo las bandejas sobre sus soportes. Una vez que los trozos hayan alcanzado el nivel de humedad apropiado, se deben recoger y empacar.

### **5.3 Densidad de Carga en las bandejas**

La cantidad de trozos que se coloca en las bandejas depende, en buena parte, de la velocidad del viento (Cuadro 5.1). A mayor velocidad del

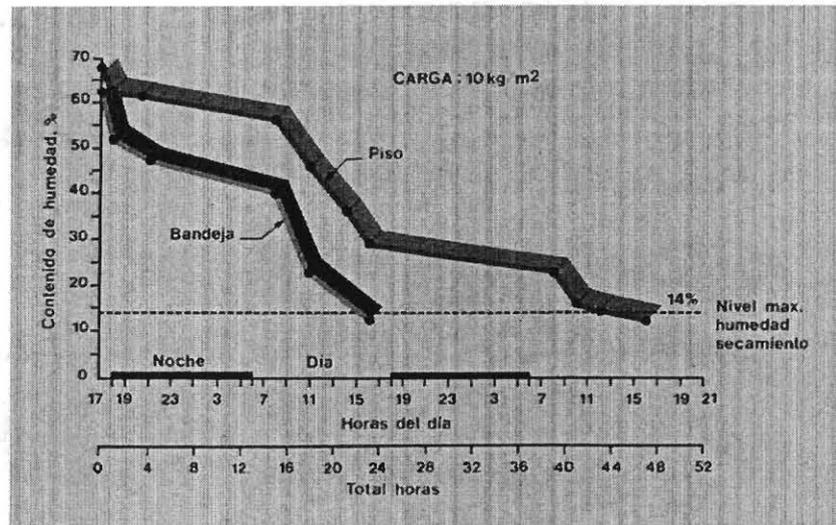


viento, mayor será la cantidad de trozos de yuca que se puede secar sin necesidad de voltear los trozos; sin embargo, si la carga es mayor que  $16 \text{ kg/m}^2$ , hay necesidad de hacerlo.

El secado en bandejas es más rápido que el secado en pisos, dada una misma carga de trozos.

Una de las razones de esta diferencia es que durante la noche continúa la pérdida de humedad de los trozos en las bandejas, porque la circulación del aire no se detiene. En contraste, cuando el secado se realiza sobre pisos de concreto, los trozos pierden sólo una cantidad pequeña de humedad durante la noche, ya que la velocidad del viento a nivel del piso es baja.

lo tanto, durante las épocas de poca precipitación pluvial, la yuca puede perder una cantidad apreciable de humedad si se dejan las bandejas sobre los soportes durante la noche. Para aprovechar mejor este período, la yuca se podría trozar en las horas de la tarde (Figura 5.5).



**Figura 5.5:** Comparación de las velocidades de secado entre los sistemas de piso y bandejas.

## 5.4 Etapas durante el secado en bandejas.

### 5.4.1 Etapa inicial.

En esta etapa, los trozos frescos pierden humedad rápidamente y la circulación del aire (viento) es más importante que la temperatura y la humedad del aire. Si la velocidad del viento es suficiente, esta etapa se puede completar aun cuando el cielo esté nublado; además, el secado se puede llevar a cabo por la noche. Por

### 5.4.2 Etapa final

En la etapa final de secamiento, cuando el contenido de humedad está alrededor del 30%, la pérdida de humedad es muy lenta y se requiere la temperatura alta del medio día para completar el proceso. Durante esta etapa, la humedad del aire debe ser inferior a 65% para que el contenido de humedad final de los trozos sea el adecuado para el almacenamiento. Algunas veces, particularmente en la época lluviosa, la humedad relativa es alta y el



secado debe prolongarse hasta que el tiempo mejore.

El secamiento casi siempre toma más de 10 horas (1 día), pero menos de 20 horas (2 días). Únicamente bajo condiciones ambientales excepcionales los trozos de yuca se secarán en menos de un día. En los lugares donde la velocidad del viento y la radiación solar son bajas, el secamiento puede prolongarse casi 3 días.

Se requiere, aproximadamente, el mismo número de horas para secar, por m<sup>2</sup>, casi el doble del peso de trozos en las bandejas que en el piso de concreto.

### **5.5 Recolección de los trozos secos.**

El jefe de zona de secado realiza un recorrido revisando los trozos de cada una de las bandejas para verificar si tienen la humedad final deseada. El chequeo es idéntico al que se efectúa para el secado sobre piso de concreto.

Para la recolección y el empaquete se emplea una carreta donde se vierten los trozos de cada bandeja, o se empléale mismo método de secado sobre pisos para depositar los trozos inmediatamente en el empaque.

### **Practica 5.1**

#### **Secado natural de Trozos frescos de Yuca en Bandejas.**

##### **Objetivo:**

Los participantes demostraran la habilidad para realizar el secado de trozos de yuca en bandeja.

##### **Orientaciones para el Facilitador**

Para la conducción de esta practica, tenga en cuenta las siguientes orientaciones:

1. Tenga listos todos unos 200 Kg de trozos de yuca para secar.
2. Prepare el sitio de la practica y las bandejas para el secado
3. Tenga listos los implementos para el manejo de la yuca ( equipo para recoger la yuca, )
4. Organice los participantes de manera que todos tengan la oportunidad de practicar.
5. Conceda suficiente tiempo para la practica
6. A medida que se realiza la practica proporcione orientaciones y formule preguntas que ayuden a los participantes a recordar los aspectos a tener en cuenta para un buen secado en bandeja.

##### **Documentación recomendada**

# **SECCION 6**

## **Control de calidad de un lote de raíces frescas de yuca**





# SECCION 6

## Control de calidad de un lote de raíces frescas de yuca

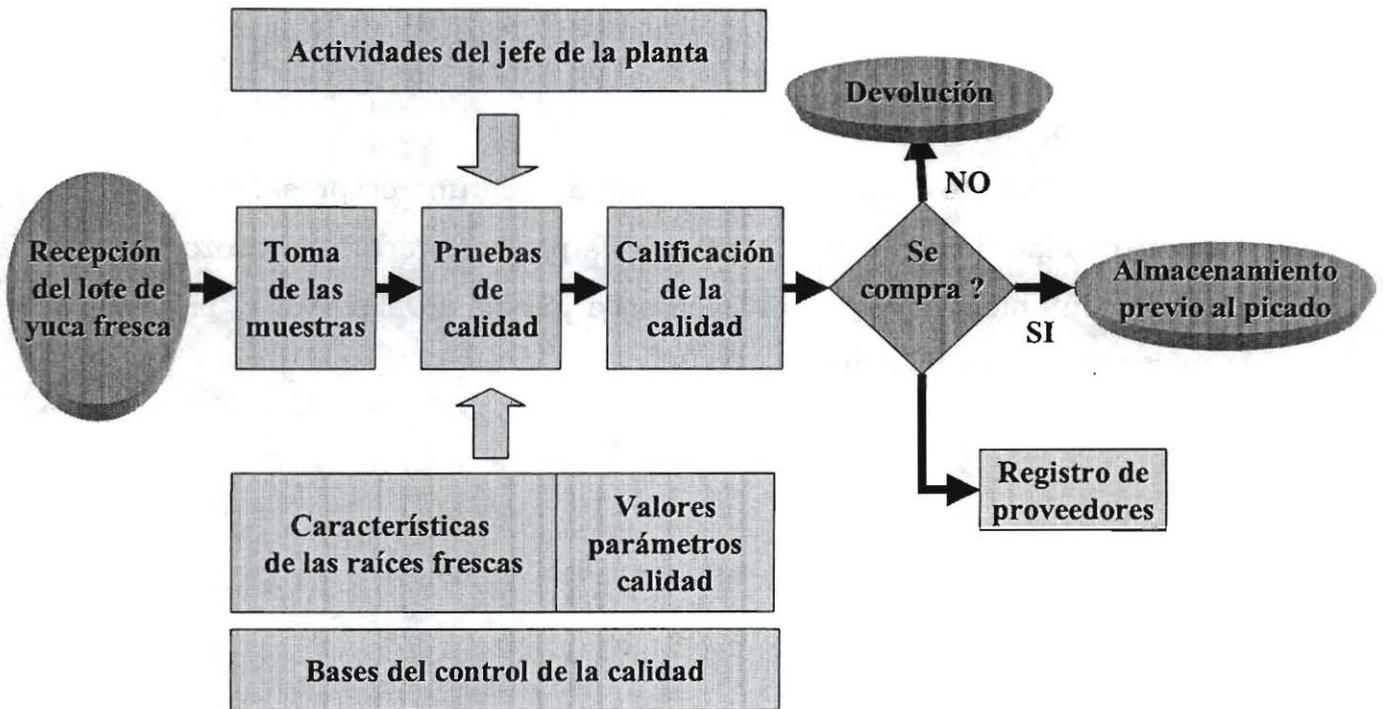
### Contenido

	Página
Estructura de la Sección 6	6.3
Objetivos	6.3
Preguntas Orientadoras	6.4
6.1 Introducción.	6.5
6.2 Integración de la Empresa para un control total de calidad exitoso	6.6
6.2.1 El mercadeo	6.6
6.2.2 Los recursos humanos	6.6
6.2.3 Los recursos financieros	6.7
6.2.4 La administración	6.7
6.3 Control de calidad	6.7
6.3.1 Características relacionadas con la calidad química de las raíces o su composición.	6.8
6.3.2 Características físicas	6.9
6.4 Procedimiento de control de calidad	6.12
6.4.1 Valores límites de los parámetros de calidad	6.12
6.4.2 Inspección y toma de muestras	6.13
6.5 Control de proveedores	6.15
6.6 Empaques	6.16
Ejercicio 6.1 Control de calidad de un lote de raíces frescas	6.16
Documentación Recomendada	6.16



## Estructura de la Sección 6

### Esquema de control de calidad de las raíces frescas



Secuencia de las actividades del control de la calidad de las raíces frescas que se realizan para determinar la compra o no de un lote de yuca.

#### Objetivo General

- Establecer el plan de control de la calidad de las raíces de yuca fresca para cada lote que reciba la empresa productora de trozos secos de yuca.

#### Objetivos Específicos:

- Enumerar las funciones de la empresa que deben integrarse al plan de control de calidad.

- Identificar las características de la variedad de yuca que deben tenerse en cuenta para calificar la calidad de las raíces frescas.
- Elaborar el procedimiento del control de calidad de las raíces al momento de la recepción y negociación.
- Calificar la calidad de una muestra de raíces frescas y decidir si se acepta o no el lote.

### **Preguntas orientadoras**

- ¿En qué consiste el control total de calidad en una empresa?
- ¿Qué calidad debe tener una raíz fresca para convertirla en trozos secos?
- ¿Qué contenido químico del trozo seco puede elevarse por el proceso de las raíces con tierra y barro?



## 6.1 Introducción.

La calidad de un producto se mide por la forma en que sus características cumplen entre otros aspectos con:

- Las disposiciones legales de sanidad.
- Composición física o química
- El gusto o aceptabilidad por parte del consumidor.

Un producto puede cumplir con las disposiciones legales y sin embargo, puede ser rechazado por el consumidor debido a su color, olor, sabor, composición química alterada, etc. Por eso el control de calidad no sólo debe ocuparse del cumplimiento de las normas legales, sino también de los aspectos que determinan la aceptación del mismo por parte de los consumidores.

En el control de calidad esta integrado por los siguientes aspectos:

- El control de calidad de las raíces frescas de la yuca
- La supervisión del proceso de producción.
- La inspección de los trozos secos o producto terminado y
- El control sanitario de la empresa.

Con el examen y el análisis del producto final no podemos mejorar la calidad del mismo, sino verificar su aceptabilidad de acuerdo con cierto patrón establecido. Esta actividad, por lo tanto, es una inspección y no un control. Si el control de la materia prima y el procesamiento fueran perfectos, la inspección del producto final no

sería necesaria. La dificultad de esto en la práctica hace necesaria la inspección permanente y sistemática de los productos terminados.

Mediante la aplicación del control total de calidad, el empresario logra unir los esfuerzos que se desarrollan en las diferentes actividades de la empresa, con el fin de hacer posible la fabricación del producto a satisfacción del consumidor.

En síntesis, para que esto último sea posible, el producto que recibe el consumidor debe ser el resultado de:

- Una selección adecuada de materia prima.
- La definición de un modelo de producto que interprete las necesidades de consumidor
- Un proceso de elaboración que reproduzca el modelo del producto, manteniendo ciertas normas de calidad como el color, forma, tamaño, sabor, etc.
- Un sistema de información que permita conocer permanentemente las opiniones de los clientes con relación al producto.

Por último, el control sanitario en las industrias de alimentos es el control sistemático de las condiciones ambientales durante el transporte, almacenamiento y procesamiento del producto de tal forma que, se pueda prevenir la contaminación por microorganismos, insectos, roedores y otros seres vivos nocivos, y



también por sustancias químicas extrañas o de dudosa procedencia.

La finalidad del control sanitario, va más allá de satisfacer las normas legales, ya que debe estar ligado al control de calidad del producto para complementar la tarea de obtener un producto terminado de excelente calidad.

El control sanitario de aguas y desechos incluye el examen y tratamiento del agua que se emplea en la fábrica. Asimismo, se ocupa de la conducción de aguas residuales y del manejo de otros desechos. El control sanitario del personal y del equipo de la fábrica, abarca la salud e higiene de los empleados, así como la limpieza y desinfección del equipo y de los locales en donde se efectúa la elaboración.

## **6.2 Integración de la Empresa para un control total de calidad exitoso**

El control de calidad tiene éxito si todas las funciones de la empresa se integran con el fin de ofrecer un producto de excelente calidad.

### **6.2.1 Mercadeo**

Es la función orientada a proporcionar al consumidor los productos que satisfacen sus necesidades. Por lo tanto, un buen control sobre el mercadeo permite el mantenimiento del producto dentro del mercado al que se está llegando. Factores tales como el precio, la presentación, la publicidad y la distribución, contribuyen

significativamente a la supervivencia del producto en el mercado. Además debe llevarse un registro apropiado de las ventas y entregas de pedidos; mantener un contacto permanente con el cliente para que sea éste el encargado de detectar las posibles fallas del producto y establecer las garantías necesarias en el caso de productos defectuosos o inservibles.

### **6.2.2 Los recursos humanos.**

El recurso humano es quien hacen la empresa. Son los que con sus ideas y habilidades logran que todas las funciones de la empresa, incluyendo la función de control de calidad, se realicen efectiva y eficazmente.

De acuerdo con las actitudes frente al control de calidad, el personal se puede clasificar de la siguiente forma:

- Opositores: para ellos el control de calidad es solo para resaltar los defectos.
- Indiferentes: piensan que el control de calidad disminuye su libertad.
- Colaboradores: son quienes prestan atención a las sugerencias realizadas sobre el control de calidad, ayudan a efectuar eficazmente el control, además de difundirlo y comunicarlo a todos.

Para la realización de un buen control de calidad es necesario capacitar a todo el personal sobre la naturaleza del plan y motivarlos para que sean ellos sus promotores,



es decir, hacerles notar que el objetivo del control de calidad es mejorar su trabajo y aprender de los errores para evitar futuras fallas.

### **6.2.3 Los recursos financieros.**

Es el capital con el que cuenta la empresa. Deben ser optimizados y manejados eficientemente, siendo cuidadoso en la selección acertada de sus fuentes de financiamiento. Es necesario exigir un control riguroso de todos los gastos de la empresa. La información financiera debe de ser precisa, clara y veraz para con base en ella tomar decisiones acertadas. Un excelente y detallado control de las finanzas permite el cumplimiento en pagos a los proveedores y al recurso humano de la empresa, además de entregar a tiempo los productos a los puntos de distribución.

### **6.2.4 Administración.**

La adecuada coordinación e interacción de todas las actividades que se desarrollan en la empresa, debe garantizar la ejecución de un plan de control total de calidad.

## **6.3 Control de calidad de las raíces frescas de yuca**

En el negocio de la yuca seca, la materia prima es el renglón que tiene la mayor incidencia dentro de los costos totales del producto final. Por lo tanto, es importante definir

algunas pautas orientadas a regular su calidad.

El control de calidad en las raíces frescas puede definirse como el proceso mediante el cual éstas se seleccionan y se manejan adecuadamente, con el fin de obtener un trozo seco que responda a los patrones de calidad establecidos por los consumidores finales.

En el mundo existen alrededor de 6000 clones de yuca (especie *Manihot Esculenta Crantz*) que se adaptan desde el nivel del mar hasta alturas de 2000 msnm y que pueden prosperar muy bien tanto en regiones de trópico húmedo como en regiones desérticas. Cada variedad presenta características propias que tienen que ver con su cáscara, color del parénquima, contenido de cianuro, tamaño del gránulo de almidón, etc. Estas características de la raíz fresca le imprimen al producto final unas cualidades que determinan su comportamiento específico dependiendo de la categoría de alimento donde se quiera incluir.

El mercado para el cual se ofrece el producto debe dar las directrices que permitan elegir el clon o variedad que mejor se ajuste a los requerimientos del consumidor. Para el mercado de la yuca seca para la alimentación animal, las características se pueden dividir, en forma un poco arbitraria, en dos grandes grupos: el primero tiene que



ver con el clon o variedad y la época de cosecha (*calidad química*) y el segundo tiene que ver con algunos aspectos físicos y de sanidad al momento de la transacción o compra-venta (*calidad física*).

Las características que se consideran en la calidad química son Contenido de materia seca o humedad, el Contenido de cianuro CN (en pulpa y en la cáscara).

Por otro lado, en la calidad física se tienen en cuenta las porciones o cantidades de raíces con deterioros fisiológicos o microbianos, raíces pequeñas o raicillas, pedúnculos, materiales extraños (tierra, piedras, hojas, tallos, etc.), raíces con ataques de plagas y enfermedades y raíces con presencia de residuos tóxicos.

A continuación se detalla cada una de las características anteriores con el fin de orientar su utilización para fijar los criterios de compra de las raíces frescas.

### **6.3.1 Características relacionadas con la calidad química de las raíces o su composición.**

Para el mercado de los trozos secos para consumo animal, importan la variedad y la edad de la especie, pues estas variables determinan el contenido de materia seca y los niveles de cianuro que puedan presentarse en la etapa de madurez y cosecha. Estos dos aspectos

químicos son los más importantes al momento de hacer el control de calidad a las raíces frescas.

#### **▪ Contenido de Ácido**

**Cianhídrico.** La yuca contiene dos glucósidos cianogénicos llamados lotaustralina y linamaria, que se hidrolizan en presencia de linamaraza para dar ácido cianhídrico o prúsico en cantidades que pueden ser mortales. El límite máximo aceptado en yuca seca para consumo animal es 100 ppm, es decir, 100 mg de cianuro por kilogramo de producto seco. El secado natural al aprovechar el sol y el viento permiten una reducción eficiente del cianuro porque es un proceso lento, a baja temperatura. Cuando se utiliza el secado natural se pueden procesar raíces amargas con contenido de cianuro por encima de 1000 ppm. Cuando se emplea secamiento artificial con temperaturas superiores 60°C se debe tener mayor precaución pues las altas temperaturas detienen el proceso de eliminación del cianuro.

Cuando se tiene conocimiento de las variedades en la zona del negocio no hay inconvenientes pues ya se tienen establecidos los valores normales de cianuro, pero cuando se procesan variedades de muchas zonas, y sobre todo con secamiento artificial, es necesario determinar el contenido de cianuro de la materia prima



con el fin de excluir aquellas con elevados contenidos de este. Existe un método enzimático que debe realizarse en laboratorios especializados con los equipos adecuados para ello. Sin embargo, también existe un método colorimétrico muy práctico que permite determinar el contenido de Cianuro de manera muy fácil en el mismo terreno del cultivo (ver Anexo 8.1)

- **Humedad inicial de las raíces frescas.** La humedad inicial de las raíces es una de las variables que determinan la cantidad de raíces frescas (materia prima) que se necesita para producir cierta cantidad de trozos secos. En el caso de la yuca seca los modelos financieros han demostrado que la humedad inicial es un aspecto determinante que se debe manejar cuidadosamente para obtener una buena rentabilidad de la empresa. El factor de conversión que da la relación entre la yuca fresca requerida y la cantidad de producto seco final incluye las pérdidas que se originan en las etapas del procesamiento, además del agua que se pierde en el secamiento. Si se fijan los valores de la humedad final de los trozos y las pérdidas en la adecuación, podemos fijar los valores de contenidos de humedad aceptables para la compra de acuerdo con la rentabilidad deseada.

Es conveniente recordar que en el caso más común, es necesario evaporar 1.5 toneladas de agua de 2.5 toneladas de yuca fresca para obtener una sola tonelada de trozos de yuca seca. Esta cantidad de agua requiere un alto consumo de combustible en el caso de secado artificial. Lo anterior refuerza la hipótesis de la importancia de procesar raíces con bajo contenido de humedad inicial, o con alto contenido de materia seca.

En estos momentos se dispone de un método de sencillo para determinar la humedad inicial de las raíces al momento del recibo de los lotes en la empresa por medio de la medición de la Gravedad Específica de las mismas raíces frescas. (Ver Anexo 8.2 Método de Gravedad Específica)

### 6.3.2 Características físicas de las raíces (calidad física)

- **Raíces con presencia de deterioros fisiológico y microbiano.** Inmediatamente después de la cosecha, las raíces de yuca pueden sufrir dos tipos de deterioros: uno fisiológico y el otro de origen microbiano

En el **deterioro fisiológico** las raíces muestran una fluorescencia azul brillante bajo la luz ultravioleta, debido a la acumulación de un fenol

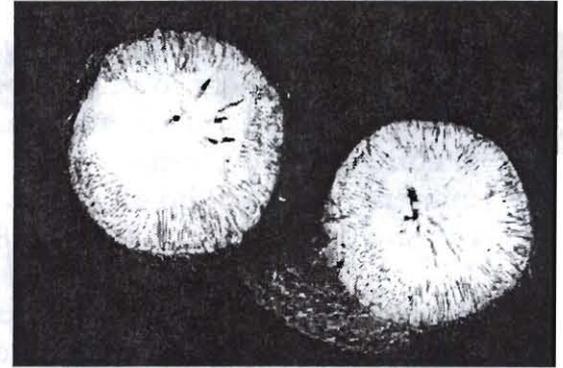


denominado Escopoletina, que es una indicación del inicio del deterioro (ver Anexo 8.3).

El deterioro fisiológico comienza con las heridas que casi siempre se causan en los extremos distal y proximal de la raíz durante el proceso de cosecha y este deterioro necesita oxígeno para su desarrollo e involucra reacciones enzimáticas. Esta misma fluorescencia se presenta cuando los trozos están contaminados con aflatoxinas.

La **descomposición microbiana** empieza del quinto al séptimo día después de la cosecha. Esta deterioración se manifiesta inicialmente por un estriado vascular, semejante al observado en tejidos con deterioro fisiológico; posteriormente se convierte en una pudrición húmeda, con fermentación y maceración de los tejidos. El deterioro microbiano está asociado a la actividad de microorganismos patógenos, y es propiciado por ambientes húmedos y altas temperaturas, especialmente en raíces con daños físicos, afectando el olor, el aroma, el sabor y la textura de la pulpa de las raíces. Para la producción de yuca seca solo deben aceptarse raíces con un ligero deterioro (Figura 6.1) porque si el tiempo de secado se prolonga por más de tres días, los trozos secos finales pueden

presentar conteos microbianos altos.



**Foto 6.1:** Raíces un ligero deterioro aceptable para el secado

- **Raíces pequeñas o raicillas.** Las raicillas tienen diámetros menores a 2 cm y en ellas la proporción de tocón y cáscara es mucho mayor que la proporción en las raíces normales. Además, el contenido de materia seca es menor en 5 o 7 % que el valor de las raíces más gruesas. El empleo de este material para yuca seca implica factores de conversión mayores de 2.8 y trozos secos con contenidos altos de fibra por la cantidad de cáscara. Es por esto que el valor de una tonelada de raicillas no debe ser mayor que el 70% (aproximadamente) del valor de una tonelada de raíces frescas normales. Cuando las raicillas son muy delgadas deben eliminarse del proceso porque traban la máquina picadora y su secado es muy demorado porque la



picadora no alcanza a reducirlas de tamaño.

- **Tocón o pedúnculo.** Hay otro material que influye sobre la cantidad de fibra del producto final: el Tocón, que es la parte leñosa que une la raíz al tallo. Es muy importante que el proveedor de las raíces frescas, entregue el material desprovisto de esta parte. En zonas donde es difícil llegar a este acuerdo, se podría pagar un sobre precio para estimular esta práctica. Los tocones muy grandes podrían dañar las cuchillas de las máquinas picadoras. Este percance, en regiones alejadas de talleres mecánicos podría paralizar la empresa por muchos días. (Figura 6.2)

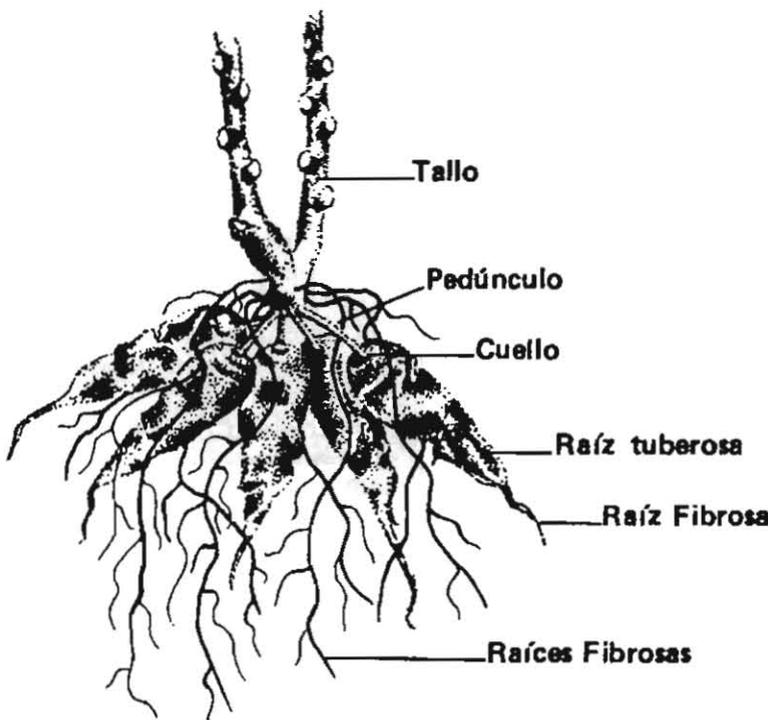
- **Materiales extraños.** Cuando se habla de materiales extraños se refiere a la presencia de tierra, piedras, material leñoso, hojas y cualquier material que no sea una raíz de yuca. La aceptación de un porcentaje alto de este material trae consigo la elevación del factor de conversión. Este factor no solo depende de la humedad inicial de las raíces, sino de cualquier materia que se elimine durante el procesamiento.

- **Raíces con ataques de plagas, enfermedades y presencia residuos tóxicos.**

Durante el período vegetativo de la planta, las raíces permanecen expuestas al ataque de diversos agentes. Un ejemplo de esto es la nodulación y manchado de las raíces debido al ataque de nematodos que ocasionan la aparición de nódulos o protuberancias en la superficie de las raíces.

Otro ejemplo es el ataque de bacteriosis que genera manchas parduscas en el parénquima.

Al remover la cutícula de las raíces que han sido



**Figura 6.2:** Partes de una raíz de yuca. El tocón o pedúnculo es la parte leñosa de la planta.



atacadas por el chinche subterráneo de la viruela, se ven puntos de color marrón – negro que corresponden a los sitios donde el insecto inserta su estilete, convirtiéndose en puntos de entrada de microorganismos

#### 6.4 Procedimiento de control de calidad de cada lote de yuca fresca.

En los siguientes párrafos de esta parte del manual se enumerarán los valores límites máximos permitidos en los parámetros de calidad para la aceptación o rechazo de las raíces frescas consideradas como materia prima para la producción de trozos secos para el consumo animal. Además se describirá el procedimiento que debe llevarse a cabo para el muestreo del lote al momento de la recepción y se harán algunos comentarios sobre la sanidad de los empaques en los cuales se transportan las raíces frescas.

##### 6.4.1 Valores límites de los parámetros de calidad.

En el Cuadro 6.5 se registran los límites máximos de los parámetros de calidad que se pueden permitir, en términos de porcentaje del peso inicial de las raíces, para aceptar un lote de yuca fresca. Al final cada empresa determina estos valores de acuerdo a su experiencia y ejercicio económico

#### Cuadro 6.1 Valores límites de los parámetros de calidad para decidir la aceptación o el rechazo de un lote de yuca fresca con destino a la producción de trozos secos.

Parámetro de calidad	Límite Máximo
Contenido de Humedad <sup>1</sup>	65%
Contenido de cianuro total <sup>2</sup>	800 ppm
Raíces pequeñas (raicillas) <sup>3</sup>	15%
Materiales extraños <sup>4</sup>	3%
Raíces con ataque de plagas <sup>5</sup>	10%
Tolerancia máxima <sup>5</sup>	7.5%

1. Contenidos de humedad mayores al 65% reducen la utilidad porque el factor de conversión se incrementa por encima de 2.6 Se debe renegociar el precio inicial de la yuca fresca.

2. Para el caso de secado natural sobre patios de cemento o en bandejas, se pueden trabajar incluso variedades muy amargas que tengan niveles de cianuro por encima de las 1000 ppm pero después de comprobar prácticamente mediante varios ensayos de secamiento. Con el secamiento artificial, las variedades apropiadas no deben tener niveles de cianuro superiores a 300 ppm en sus raíces frescas.

3. Se encuentra en las raíces que pueden tener un deterioro, donde además de mostrar el aro periférico oscurecido se aprecian algunas manchas en la parte interna del parénquima. Si el porcentaje sobrepasa el valor de la tabla, el peso de las raíces deterioradas debe descontarse del peso total del lote.

4. Si el valor excede al 15% se debe negociar nuevamente el precio del lote, pues las raicillas deben costar como máximo un 50% del precio de las raíces normales

5. Se ha dado un valor independiente para materiales extraños, raíces con ataques y raíces con deterioro pero en todo caso, la sumatoria no debe exceder al 75%. Si la sumatoria alcanza el 16%, el lote se rechaza,



Para el caso de la humedad, se prefieren raíces con humedades por debajo del 65%, con las cuales se consiguen factores de conversión menores a 2.5. Por ejemplo, si se paga yuca fresca a \$100,000 por tonelada, se estaría manejando un costo de materia prima por valor de \$250,000.

Si se decide comprar raíces con humedades superiores y se quiere seguir conservando ese costo de materia prima surge la obligación de rebajar el precio de compra de acuerdo con el contenido de humedad inicial. Para el caso de raíces con 68% de humedad inicial se tendría un factor de conversión de 2.75 lo que quiere decir que se estaría manejando un costo de materia prima \$275,000. Este costo sería superior en \$25,000 al costo de las raíces con 65% de humedad. Si se quiere conservar el costo de los \$250,000 habría que pagar las raíces a \$90,000 por tonelada. Lo mismo sucedería con la aceptación de los materiales extraños si se aceptan porcentajes superiores al 3%, porque al final éstos deben excluirse de los trozos secos. En el Anexo 8.5 se explican los pasos para calcular los factores de conversión.

En el ejercicio de esta sección se calcula el precio real de un lote de yuca considerando todos los descuentos, etc

#### **6.4.2 Inspección y toma de muestras.**

##### **• Puntos de inspección.**

La inspección debe realizarse en los siguientes momentos: 1). Recepción de las raíces, haciendo inspección en presencia del proveedor. Esto permite hacer reclamos oportunos, antes de iniciar el proceso de secamiento y 2). Una inspección adicional se ejecuta durante el picado de las raíces frescas bulto por bulto.

El control de calidad que se hace al momento de la recepción de las raíces en la empresa es quizás el más importante, pues se realiza en presencia del propio proveedor o representante; y de acuerdo con los valores que arroje los análisis de la calidad, se decide si se acepta o no la compra y las condiciones del negocio (precio, etc).

El control se hace a las muestras que se toman del lote de acuerdo al procedimiento que se detalla en los siguientes párrafos de esta misma sección. En este control se examinan aspectos físicos tales como: el contenido de materiales extraños, tocones, grados de deterioro y se verifica la variedad de yuca. En este mismo control, se determina el contenido de materia seca de las raíces por medio del método de gravedad específica (Ver anexo 8.2 sobre Gravedad específica).

Durante el picado de las raíces, el jefe de planta o el responsable del secado tiene la oportunidad de verificar bulto por bulto en forma



visual la calidad que se calificó en la recepción de las raíces.

• **Toma de muestras al momento de la recepción de las raíces frescas de yuca.**

El muestreo fundamental se efectúa al momento de la recepción del lote en presencia del proveedor para determinar si el lote se acepta o no. Sin embargo, durante el procesamiento bulto por bulto, se sigue efectuando de cierta manera un control de calidad continuo que en algún momento de las actividades permitirá detener el proceso en el caso que se noten algunos defectos que no aparecieron el primer muestreo básico.

El muestreo se efectúa al azar cuando se trata de un lote muy uniforme de raíces frescas de yuca. Cuando se presume que el lote no es muy uniforme porque está compuesto de variedades diferentes o alguna parte de él tiene inconvenientes, debe hacerse un muestreo selectivo, en cuyo caso, el muestreo no debe ser al azar.

El muestreo debe efectuarse de tal manera que las muestras básicas sean representativas de las características de todo lote. Los excedentes de la muestra deberán devolverse al propietario del lote. Las recomendaciones que deben seguirse en el procedimiento son las siguientes:

- a. El lote deberá prepararse de tal forma que las muestras básicas

puedan tornarse sin obstáculos ni demora. El operario encargado del muestreo deberá estar debidamente autorizado y si es necesario, deberá tomar las muestras en presencia de las partes interesadas.

- b. Sobre cada lote deberá tomarse las muestras por separado, aislando las proporciones dañadas para tomarles las muestras por aparte. Si se considera que el producto o la remesa no son uniformes, se dividirá en lotes uniformes y cada uno se le tomarán las muestras por individualmente.
- c. Las muestras básicas deberán tomarse de diferentes sitios y niveles de cada lote.
- d. Generalmente las raíces de yuca llegan empacadas en costales de polipropileno o fique (cabuya). Por lo tanto, el número de las muestras básicas o el número de sacos que debe elegirse para tomar las muestras respectivas está indicado en la Cuadro 6.2. Los bultos deben elegirse al azar sobre el lote.

**Cuadro 6.2. Determinación del número de muestras básicas para productos empacados.**

Numero de empaques similares que constituyen el lote	Numero de muestras básicas (cada una se toma como un empaque o saco)
1 a 10	1
11 a 50	3
51 a 100	5



Numero de empaques similares que constituyen el lote	Numero de muestras básicas (cada una se toma como un empaque o saco)
101 a 300	7
301 a 500	9
501 a 1000	10
Mas de 1000	15 (mínimo)

- e. Para productos a granel deberán tomarse como mínimo cinco muestras básicas por lote, teniendo en cuenta la masa total de acuerdo con lo indicado en el Cuadro 6.3

**Cuadro 6.3. Determinación del tamaño de muestra para productos granel.**

Peso del lote. Kg.	Peso total de las unidades básicas Kg.
Hasta 200	10
201 a 500	20
501 a 1000	30
1001 a 5000	60
Mayor de 5000	100 (mínimo)

- f. La muestra global se obtiene reuniendo o mezclando las muestras básicas: la muestra reducida se obtiene a partir de la muestra global, por reducción.
- g. El tamaño de la muestra reducida en el caso de la yuca fresca raíces se ha fijado en 10 Kg. Sobre esta muestra reducida se determinan los valores de todos los parámetros de calidad que se tienen en cuenta para

decidir si el lote de raíces frescas es conveniente o debe ser rechazado por el jefe de la planta.

## 6.5 Control de proveedores

La empresa debe fijar políticas claras y precisas con relación a los proveedores, para garantizar que ellos dispongan de las cantidades requeridas de la variedad para mantener la calidad ofrecida inicialmente.

Por otra parte, debe efectuar permanentemente un análisis de las características de los proveedores y sus productos, para utilizarlo como referencia para próximos pedidos. El uso del formato de control de calidad de materias primas estudiado antes, proporciona la información necesaria para tal fin

## 6.6. Empaques

Las raíces de yuca podrán empacarse en sacos de fique, polipropileno con cualquier dimensión, sin embargo el peso del material no debe sobrepasar los 50 kilogramos.

El empaque con su contenido deberá permitir su cierre juntando las dos orillas que forman su boca, es decir =, no debe permitirse que el producto sobre pase la parte superior del empaque y no debe permitirse la utilización de ningún tipo de relleno.



Algo importante es la prohibición de usar sacos que hayan contenido alimentos para animales, cemento, fertilizantes, plaguicidas u otros productos que puedan ofrecer la posibilidad de cualquier contaminación e influir en la alteración de los trozos secos de yuca.

### **Ejercicio 6.1. Control de calidad de un lote de raíces frescas que llega a la empresa YUCA SECA DE HAITI**

#### **Objetivo**

Tomar la decisión de recibir o rechazar el lote de yuca. En el caso de la aceptación, calcular el precio que se pagaría finalmente por kilo de yuca fresca. En el caso del rechazo, explicar las razones de acuerdo con las normas de calidad expuestas en la sección.

#### **Orientaciones para el facilitador.**

1. La práctica se realizará en las instalaciones de la empresa YUCA SECA DE HAITI observando todas las actividades de rutina que ejecuta el jefe de la planta durante la recepción y el control de calidad de un lote de yuca fresca.
2. Organice grupos no mayores de cinco personas.
3. Cada grupo se encargará de realizar el control de la calidad del lote escogiendo un bulto de las raíces al azar. El contenido del bulto servirá para cuantificar

todos los parámetros de calidad de acuerdo a lo establecido en la presente sección.

4. De acuerdo a los resultados deben tomar la decisión de aceptar o no el lote, explicando las razones.
5. Calcular el precio final que se pagaría por cada kilo de yuca fresca.
6. Calcular el precio que habría pagado la empresa si se hubiera recibido el lote sin hacerle control de calidad.
7. En la sesión plenaria, se harán las presentaciones de los resultados de cada grupo y al final, el grupo se encargará de elaborar el documento final sobre las preguntas que fueron resueltas por cada grupo pero tomando en cuenta el promedio de todos los muestreos (bultos)
8. En la plenaria, el facilitador aprovecha las presentaciones para formular preguntas acerca de las observaciones de los grupos y profundizar en el tema.

#### **Documentación recomendada**

# **SECCION 7**

**Supervisión del proceso productivo  
e inspección de los trozos secos de  
yuca integral**





# SECCION 7

## Supervisión del proceso productivo e inspección de los trozos secos de yuca integral

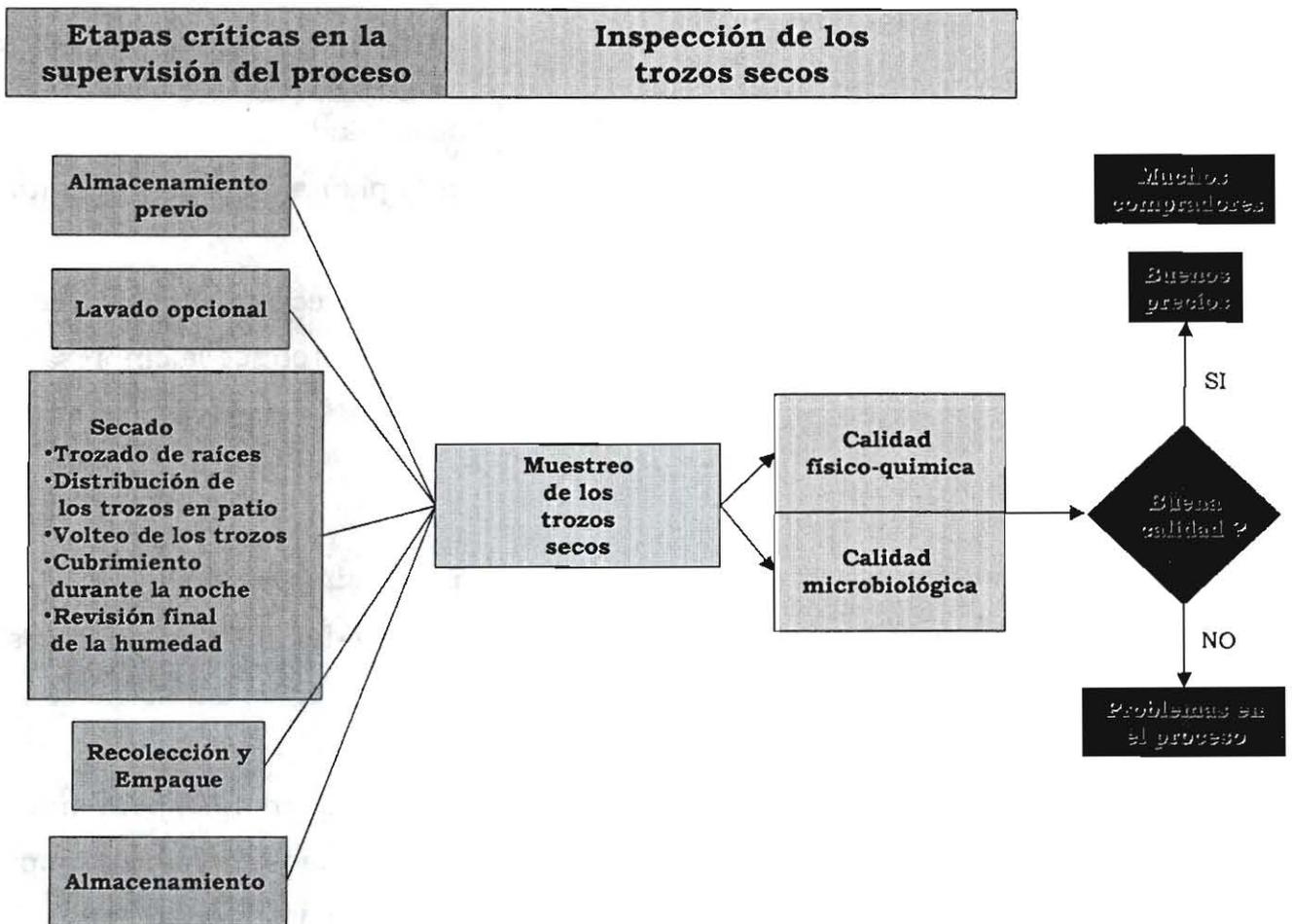
### Contenido

### Página

Estructura de la Sección 7	7.3
Objetivos	7.4
Preguntas orientadoras	7.4
7.1 Introducción.	7.5
7.2 Supervisión del proceso de producción	7.5
7.2.1 Almacenamiento previo de las raíces	7.7
7.2.2 Lavado opcional de las raíces de yuca.	7.7
7.2.3 Cubrimiento de los trozos en la noche.	7.7
7.2.4 Revisión de la humedad final	7.8
7.2.5 Recolección de los trozos secos	7.8
7.2.6 Almacenamiento	7.8
7.3 Inspección de la calidad	7.9
7.3.1 Calidad nutricional de la yuca seca	
7.3.2 Comentarios sobre los principios nutricionales	7.9
Normas de calidad del mercado para consumo animal	7.11
7.3.3 Calidad microbiológica	7.15
7.4 Procedimiento de muestreo de los trozos secos	7.16
7.4.1 Definiciones	7.16
7.4.2 Numero de muestras parciales	7.16
7.4.3 Preparación de la muestra global y reducida	7.17
Ejercicio 7.1: Diagnóstico de la calidad final durante el proceso	7.17
Documentación Recomendada	7.18



## Estructura del Sección 7



No solo la recepción de las raíces de yuca de buena calidad garantizan la obtención de trozos secos aptos para el consumo. El esquema muestra las etapas del proceso sobre las cuales debe colocarse mucha atención. La rectificación final de la calidad de los trozos secos con un óptimo muestreo y los análisis necesarios

### Objetivo General

- Establecer el plan de supervisión del proceso y las pautas para la inspección de calidad de los trozos secos.

### **Objetivos Específicos:**

- Realizar un diagrama de flujo sobre el proceso, mostrando los puntos críticos donde se lleva a cabo el control de calidad.
- Indicar las medidas que deben tomarse en la planta de procesamiento para conservar el control sanitario.
- Establecer el valor de los parámetros de calidad necesarios para la calificación de la calidad de los trozos secos que produce la empresa

### **Preguntas Orientadoras**

- Si se muelen los trozos, se podrían eliminar las impurezas?
- El proceso de las raíces sin lavar, afectará la calidad final de los trozos?
- Se pueden almacenar los trozos por largo tiempo, si los almaceno con humedades por encima del 15%?
- Se deben tomar muestras de los trozos secos en la empresa para apreciar la calidad o sería mejor esperar el examen de calidad que hace la empresa de concentrados al momento de comprar el lote de yuca seca?



### 7.1 Introducción.

Es muy importante contar con una buena materia prima porque con ello se tendría más de una 50% de posibilidades de obtener un buen trozo seco al final del proceso productivo. Sin embargo, todos los esfuerzos que se puedan hacer en el control de la materia prima podrían perderse por errores, descuidos y faltan de precaución durante todo el procesamiento.

Con relación a la calidad final de los trozos secos, como se mencionó anteriormente, con el examen y el análisis de los trozos secos no podemos mejorar la calidad de los mismos, sino verificar su aceptabilidad de acuerdo con cierto patrón establecido por el consumidor final o comprador. Por lo tanto, esta fase de la revisión de la calidad, es una inspección y no un control. Si el control de la materia prima y la supervisión del procesamiento fueran perfectos, la inspección del producto final no sería necesaria. La dificultad de esto en la práctica hace necesaria la revisión permanente y sistemática de los productos terminados y de los trozos secos para el caso de la yuca seca.

Esto es muy importante hacerlo en la empresa porque se evitarían sorpresas cuando el producto llegue a la empresa consumidora. Las empresas productoras de alimentos balanceados son muy cuidadosas con las materias primas que compran y podrían

haber serios problemas con lotes devueltos por estar fuera de norma de calidad. Estas devoluciones no sólo ocasionan gastos extras por transporte sino que pueden ocasionar la pérdida total del producto.

### 7.2 Supervisión del proceso de producción de los trozos secos de yuca.

En los siguientes párrafos se formulan varias recomendaciones para que cada actividad que compone el procesamiento (Figura 7.1) se lleve a cabo de la mejor manera para que al final se continúe conservando la calidad de las raíces de yuca y se consiga un producto seco de excelente calidad.



**Figura 7.1.** Actividades que deben controlarse durante el secado de los trozos frescos de yuca. (antes figura 44xx)



### 7.2.1 Almacenamiento previo de las raíces antes del picado

Generalmente los bultos de raíces frescas deben permanecer por lo menos un día arrumados junto a la máquina o en algún otro lugar antes de iniciar su proceso.

Si los arrumes son muy altos y el lugar muy cerrado es posible que dentro de estos arrumes se manifiesten zonas con mucha temperatura debido a la propia respiración de los tejidos de las raíces. Si el tiempo previo al procesamiento se alarga es muy posible que muchas raíces se deterioren muy rápidamente y lleguen en mal estado a la etapa de picado.

Estas recomendaciones deben tenerse muy en cuenta, sobre todo cuando han ocurrido daños en algunos de los equipos como la picadora que obligan a para la planta por algunos días.

La negligencia en acatar estas normas o recomendaciones de almacenamiento puede traer grandes pérdidas en la materia prima, lesionando la situación financiera de la empresa.

### 7.2.2 Lavado opcional de las raíces de yuca.

Si la cosecha de la yuca fresca coincide con las épocas secas en las zonas de producción, será muy poco el barro que puedan tener adherido las raíces en su superficie. El secado se podría llevar a cabo sin necesidad de lavar

las raíces antes del picado. Ese poco barro no alcanzaría a elevar el valor final de las cenizas en los trozos secos. Sin embargo, si las cosechas se realizan en épocas lluviosas y/o suelos muy arcillosos, es muy probable que las raíces lleguen con mucho barro adherido a la cáscara. Esta situación obliga a reforzar la limpieza de las raíces en la cosecha y empacado en el campo, pero aún así, debe evaluarse la necesidad de un lavado previo a la operación de picado. Es por esto, que debe considerarse la posibilidad de contar con agua de buena calidad cuando se piense en montar proyectos de secado de yuca.

### 7.2.3 Cubrimiento de los trozos en la noche.

Al final del primer día, si se sospecha que podría llover, los trozos semi-secos deben cubrirse con una lona o carpa plástica para evitar el re-humedecimiento. Si los trozos no se apilan en la parte más alta del patio y si hay fallas en el manejo de la carpa, los trozos se rehumedecerán y con esto se alargaría el tiempo de secado. Este re-humedecimiento produce la fermentación de la superficie de los trozos y afecta la calidad final de los trozos secos.

### 7.2.4 Revisión de la humedad final de los trozos secos.

La revisión de la humedad final de los trozos antes de ordenar la recolección y empacado es la



actividad más importante y de mayor responsabilidad del jefe del patio o responsable del secado. El empacado de trozos con humedades superiores al 12% puede ocasionar problemas de crecimiento de hongos en el almacenamiento, sobre todo si éste se prolonga mucho tiempo. Humedades por encima del 14% ocasionan problemas en términos de horas después de introducirse en la bodega o lugar de almacenamiento .

### **7.2.5 Recolección de los trozos secos.**

La recolección de los trozos sobre el patio se cemento se lleva a cabo con palas de madera y algunas veces se emplean escobas para recoger los trozos más pequeños. Una acción muy fuerte de las escobas en el barrido de la superficie propicia la recolección de muchas partículas de arena que se van desprendiendo de la superficie del piso. Si no se controla esta actividad, al final, los trozos secos llegarán al consumidor final con porcentajes de ceniza superiores al 8%, por fuera de las normas de calidad.

### **7.2.6 Almacenamiento.**

A la bodega de almacenamiento o a las instalaciones o infraestructuras que se tengan destinadas para guardar la yuca seca, deben llegar los trozos empacados con el 12% de humedad. Si la bodega cuenta sólo con las puertas necesarias para la entrada y la salida del producto se puede decir que

podremos tener el producto almacenado en buenas condiciones por más de 8 meses. Si la bodega cuenta con muchas ventanas y espacios abiertos en las paredes y el techo se corre el peligro que la humedad de la noche altere el contenido de humedad de los empaques que están en la superficie de los arrumes. Las puertas de la bodega sólo deben abrirse para el movimiento del producto o cuando se quiera airear el ambiente después de una aplicación de algún químico para controlar insectos. Con relación a éste último, la bodega debe mantenerse en un buen estado sanitario. Los trozos de yuca sufren ataques de los mismos insectos que atacan al resto de los granos y éstos ataques se controlan con los mismos productos. El fosforo de aluminio es el agente químico que más se emplea para el control de insectos.

## **7.3 Inspección de la calidad de los trozos integrales de yuca seca.**

### **7.3.1 Calidad nutricional de la yuca seca**

Una composición química promedio de los trozos secos de yuca se consigna en el Cuadro 7.1, donde se manejan rangos de valores, ya que las cifras finales dependen en gran parte del tipo de variedad, calidad sanitaria, tipo del proceso, valor de la humedad del trozo seco, etc.



**Cuadro 7.1. Composición química promedia de los trozos secos de yuca integral para su uso en la alimentación animal.**

Parámetros	Rango de los valores
Humedad (% bh)	10 - 13
Proteína (Nx 6.25, %)	2 - 3
Extracto etéreo (%)	1 - 2
Fibra cruda (%)	1 - 8
Almidón (%)	60 - 85
Azúcares totales (%)	2 - 5
Cenizas (%)	1.5 - 10
Cianuro total, CN (ppm)	30 - 100
Cianuro libre HCN(ppm)	40 - 70
Calcio (%)	0.30
Fósforo (%)	0.40

En general, la yuca seca se caracteriza por sus bajos contenidos de proteína y extracto etéreo (grasa), pero tiene niveles altos de carbohidratos constituidos principalmente por almidón y una pequeña cantidad de azúcares. Por lo tanto, la yuca seca, aporta básicamente calorías en forma de almidón altamente digerible.

**7.3.2 Comentarios sobre los principios nutricionales de la yuca seca**

• **Humedad de los trozos secos**

El contenido de la humedad determina la posibilidad de almacenar por largo o corto tiempo la yuca seca. En granos como el maíz, trigo, por ejemplo, se manejan contenidos de 13 y 14% al recibo de los lotes en las empresas porque se disponen de sistemas de secado para bajar mas aún los niveles de humedad pero

lógicamente, el costo del secado se descuenta del precio final pactado. En yuca seca se maneja un contenido del 12% para obligar a los procesadores a tener mas cuidado en el proceso y porque las empresas no disponen de sistemas de secado adecuados para reducir mas humedad a los trozos que llegan a sus plantas.

• **Proteína.**

Los trozos secos integrales se caracterizan por su bajo contenido de proteína cruda y de aminoácidos. Es notable, por ejemplo, la deficiencia de los aminoácidos esenciales metionina, cistina y triptofano. En cambio, contienen, en exceso, arginina, ácido aspártico y ácido glutámico, en comparación con los aminoácidos restantes.

Aproximadamente, 50% de la proteína cruda de la raíz corresponde a proteína verdadera (o sea, nitrógeno proteico), mientras que el otro 50%, está constituido por aminoácidos libres (ácidos aspártico y glutámico) y por componentes no proteicos, principalmente nitritos, nitratos y compuestos cianogénicos.

Se observan, además, diferencias notables en la concentración de los principios nitrogenados de una u otra variedad analizada. La mayoría de las variedades comerciales muestran contenidos de proteína en sus raíces que fluctúan entre el 2% y el 4% (en base seca)



- **Extracto no nitrogenado.**

El extracto no nitrogenado constituye, en promedio, un 75% de la materia seca de un trozo seco integral de yuca. Este extracto no nitrogenado está constituido por almidones y azúcares que son carbohidratos solubles. El almidón constituye aproximadamente el 80% de dicho extracto. Por lo anterior se ha catalogado a la yuca seca como un producto energético y no proteico.

- **Fibra.**

El nivel de fibra cruda en la yuca presente pequeñas variaciones según la variedad de yuca y la edad de la raíz. Normalmente su valor no pasa de 1.5% en la raíz fresca pero en los trozos secos el valor puede llegar a valores superiores al 8% cuando se permite procesar raíces con demasiadas cantidades de tocones y leña.

- **Extracto etéreo.**

Los nutrientes grasos se encuentran en concentración mínima en la raíz de yuca y por ende en los trozos secos. El extracto etéreo está constituido, principalmente, por galactosil-diglicéridos y ácidos grasos saturados. Este extracto es mayor en la corteza que en la pulpa.

**Cenizas**

El contenido de materias minerales o cenizas de una materia prima es el residuo de las sustancias obtenido después de una

incineración a  $550 \pm 10^\circ\text{C}$  durante 3 horas. Este contenido no tiene significado para la alimentación mineral de los animales, para esto sería necesario realizar análisis específicos de su contenido en diferentes elementos minerales.

- **Calcio y fósforo.**

Normalmente, la contracción de fósforo es mayor en la raíz de la yuca y la de calcio es mayor en el follaje. En la raíz, el nivel de calcio presenta mayor variación y su concentración es mayor en la corteza que en la pulpa; el nivel de fósforo (entre 0.10% y 0.15%) es más constante, pero su disponibilidad nutricional fluctúa. En las hojas, la disponibilidad del fósforo también fluctúa (entre 30% y 50%)

Los valores de la concentración de calcio, fósforo y demás minerales en la raíz pueden alterarse porque ésta se contamina con el suelo y con materiales extraños durante la recolección y el procesamiento.

- **Iones cianuro (CN)**

Como se mencionó ya en la sección de control de calidad de las raíces frescas, son compuestos responsables de los efectos tóxicos causados tanto por las raíces como por los trozos secos principalmente en las variedades amargas de yuca. Los principales son los glucósidos cianogénicos (linamarina y lotaustralina)

El límite máximo aceptado en yuca seca para consumo animal es 100



ppm, es decir, 100 mg de cianuro por kilogramo de producto seco. El secado natural al aprovechar el sol y el viento permiten una reducción eficiente del cianuro porque es un proceso lento, a baja temperatura. Cuando se utiliza el secado natural se pueden procesar raíces amargas con contenido de cianuro por encima de 1000ppm. Cuando se emplea secamiento artificial con temperaturas superiores 60°C se debe tener mayor precaución pues las altas temperaturas detienen el proceso de eliminación del cianuro.

Cuando se tiene conocimiento de las variedades en la zona del negocio no hay inconvenientes pues ya se tienen establecidos los valores normales de cianuro, pero cuando se procesan variedades de muchas zonas, y sobre todo con secamiento artificial, es necesario determinar el contenido de cianuro de la materia prima con el fin de excluir aquellas con elevados contenidos de este

La raíz y el follaje de la yuca contienen cantidades variables de estos glucósidos los cuales, al hidrolizarse por acción de la enzima linamarasa, liberan el radical CN- que en medio ácido (jugo gástrico del animal), genera el ácido cianhídrico (HCN) Este ácido es tóxico para el organismo animal en concentraciones que superen el nivel de seguridad.

### 7.3.3 Normas de calidad que rigen el mercado de la yuca seca para consumo animal.

A escala de Latinoamérica, la yuca seca es un mercado relativamente nuevo. Para el caso de Colombia que comenzó a impulsar este mercado desde el año 1981, las compras, por parte de las empresas de concentrados se hacían con muy pocas normas o exigencias porque eran muy pequeñas las cantidades de yuca seca que se comercializaban y también porque no querían desmotivar al pequeño agricultor-procesador. Cuando el tamaño del mercado creció, se hizo necesario considerar normas de calidad para regular las negociaciones y prevenir abusos por parte y parte. Realmente, las empresas de concentrados fueron las primeras en organizar sus normas para prevenir problemas de calidad y contaminación en sus formulaciones y equipos. Después el ministerio de agricultura ha venido legislando sobre este tema.

Como un ejemplo del futuro del mercado de la yuca seca en Haití en cuanto a normas de calidad se refiere, en el Cuadro 7.2 aparecen los valores de los parámetros de calidad del instituto colombiano de normas técnicas( ICONTEC) y la norma de una empresa (Proinsa) que compra yuca seca en forma continua en algunas regiones del país.



- **Proteína, grasa y almidón.**

Los contenidos de proteína, extracto etéreo (grasa) y almidón no tiene importancia en la calidad pues como se mencionó anteriormente, la yuca seca es un producto que tiene por naturaleza un alto contenido de almidón y baja presencia de proteína y grasa.

- **Humedad y cianuro.**

La humedad de los trozos no debe ser mayor del 12% pues esto garantiza periodos largos de almacenamiento sin que se puedan aparecer daños por hongos, etc. El contenido de cianuro es básico por que es necesario cumplir con las normas internacionales que exigen un nivel máximo de 100 ppm de CN total en los trozos para prevenir problemas de intoxicación en los consumos prolongados del producto en animales, sobre todo de porte pequeño. Este nivel del cianuro depende mucho de la variedad y del manejo del sistema de secado elegido para el proceso. Se puede decir que es un parámetro manejable y que no depende mucho del cuidado del operario sino de la planeación de la empresa en términos de la selección de la variedad y del sistema de secado, incluyendo el tipo de trozo que puede producir la máquina picadora

- **La fibra.**

Las empresas productoras de concentrados exigen niveles bajos de fibra en los trozos. Un 3% debe provenir sólo de las fibras internas de las raíces y de algunas

pequeñas porciones de tocones que escapan a selección inicial. Niveles mas altos en los trozos provienen de procesos en los que no se ha controlado la cantidad de tocones de las raíces y se ha permitido la inclusión de basura y material leñoso del propio cultivo. Niveles altos de fibra pueden afectar la salud de animales como los cerdos y las aves.

La norma colombiana es menos exigente y ha considerado 2 categorías o clases de yuca seca. En la primera, el nivel máximo es 5 % En la segunda, se ha considerado a 7.5% como máximo nivel para uso en la alimentación de bovinos, especialmente



**Cuadro 7.2. Normas de calidad que rigen en Colombia para la compra y venta de yuca seca para consumo animal (ICONTEC 2002).**

Parámetros	Icontec 3528 cat 1	Icontec 3528 cat 2	PROINSA (Fedeyuca)
Calidad fisico-química			
Proteína % min. (6.26 X N)	2.0	2.0	3
Fibra Cruda % max.	5.0	7.5	3
Ceniza % max.	3.5	7.0	3
Humedad % b.h. (65 °C +/- 2 °C- 95%)	12.0	12.0	12
CN Total ppm max. (*1)	100	100	100
Olores	típico	típico	típico
Impurezas %	Libre	libre	libre
presentación	trozos	trozos	trozos
color	Blanco o crema		blanco
Empaque	Polipropileno o fique		
Calida microbiológica			
Infestación (insectos vivos por Kg.)	0	0	2
Ocratoxina	0	0	50 ppb
Aflatoxinas B1(ppb máx.) *4	50	50	20 ppb
Salmonellas / 25 gramos	no	no	
Clostridium UFC / gramo (*2)			
Hongos y levaduras UFC / gramo	1000	1000	100000
Coliformes totales NMP / gramo	100	100	
E. Coli NMP / gramo	no	no	
Bacterias Mesófilas UFC / gramo (*3)	200,000	200,000	

(\*1) Método enzimático de ESSERS

(\*2) Clostridios reductores de sulfitos a 44 °C

(\*3) Recuento Total.

(\*4) Tener en cuenta que cuando se realiza un ensayo cualitativo utilizando luz ultravioleta para la detección de aflatoxinas, puede confundirse con la escopoletina (metabolito endógeno de la raíz de la yuca) que también presenta fluorescencia a la luz ultravioleta (ver Anexo 8.3 sobre la técnica para diferenciar la escopoletina de la aflatoxina)



- **Cenizas.**

En la parte de las cenizas, la norma colombiana también consideró dos categorías: 3.5 y 7%. La empresa privada exige niveles bajos porque con esto, obligan al procesador a tener mucho más cuidado y evitar el proceso de raíces con mucho barro adherido. Además, en los patios que han perdido su superficie lisa, durante la recolección de los trozos se puede recoger mucha arena y polvo que afectan al final el contenido de las cenizas, elevando los niveles finales por encima del 10%

Al final, a pesar que el gobierno del país respectivo legisle sobre la calidad en este mercado, la calidad de los trozos secos se debe ajustar a las normas específicas o parámetros exigidos por los consumidores finales o las empresas que los utilizan para la fabricación de los alimentos concentrados.

Algunas empresas compradoras han incluido otros factores de calidad como olor típico, impurezas(1-2% máximo), color(blanco o blanco-crema)

- **Olor típico**

Cuando ha habido problemas en el secado por tiempos prolongados sobre el piso o la superficie del secado, alcanzan a ocurrir fermentaciones y deterioros que generan olores desagradables en los trozos secos.

Por el olor, se puede tener información sobre problemas de secado en un lote de yuca por mal tiempo y si se procesaron raíces con muchos problemas de deterioro fisiológico y microbiano.

- **Impurezas.**

Todo material diferente al trozo seco se considera un material extraño. Arena, leña, porciones de tocones muy grandes y piedras son materiales que no deben estar en medio de los trozos secos. Si los trozos se molieran, estos materiales no podrían detectarse. Es por esto que los comparadores prefieren comprar trozos en vez de la harina.

- **Presentación de la yuca seca.**

“Trozos secos” es la presentación más común de la yuca seca para consumo animal. Obviamente, la forma de los trozos depende del tipo de maquinaria que se utilice en el picado de las raíces frescas. Los trozos integrales pueden tener longitudes entre 4 y 6 cms, 1 cm aproximadamente de ancho y espesores que pueden variar entre 0.4 y 0.7 cms. Estos trozos típicos componen la mitad del material. Un 20% está representado por trozos partidos y el resto (30%) lo constituye un material fino.

Las fabricas de concentrados que incluyen la yuca seca en las raciones para animales prefieren comprar los trozos secos para después molerlos y mezclar la harina con el resto de las harinas provenientes de las otras materias



primas. La presentación en harina no es deseable porque permite que se realicen adulteraciones que no pueden ser detectadas al momento de la compra y el control de calidad, tal como se comentó en el ítem de las impurezas.

El color que presentan los trozos secos cuando el proceso se ha hecho de una manera adecuada, va del blanco al tono crema. Este último color o tono se obtiene con el proceso de raíces con parénquima amarillo. Tal como se mencionó en el ítem del olor, cuando ocurren deterioros o fermentaciones por problemas de secado o de la calidad de las raíces frescas, el color final se torna marrón oscuro

#### • **Empaques**

Los empaques de polipropileno y fique son los que más comúnmente se utilizan para almacenar y transportar los trozos secos de yuca. Estos empaques pueden mantener la calidad del producto sin transmitir sabores ni olores extraños y permiten el manejo conveniente del producto hasta el destino final.

No se debe permitir la utilización de empaques que hayan contenido alimentos para animales, cemento fertilizantes, plaguicidas y otros productos que puedan contaminar y causar daño.

En lo posible, cada empaque deben llevar un rotulado que describa el producto que se transporta. Las

leyendas deberán ser visibles y legibles.

El rótulo deberá incluir información básica como el nombre común del producto, la composición garantizada, expresada en porcentaje, contenido neto en unidades de masa del sistema internacional, nombre y dirección del fabricante, vendedor o procesador. El rótulo debe contener también la fecha de fabricación o de proceso.

#### **7.3.4 Calidad microbiológica**

A parte de las características de tamaño, presentación y composición química promedia, los trozos integrales de yuca seca para consumo animal deben cumplir con los requisitos microbiológicos exigidos por los ministerios de salud de cada nación. Como ejemplo, en el anterior Cuadro 7.2 se registran los valores máximos permitidos por el gobierno colombiano, según la norma Icontec 3528.

Algunas empresas adicionan el parámetro de infestación por insectos, aceptando sólo 1-2 insectos vivos por cada kilogramo de trozos secos.

La proliferación o infestación de insectos en un producto vegetal puede causar numerosos problemas.

– Las sustancias químicas producidas por los insectos y su materia fecal le imprimen al material olores, sabores y colores extraños; además, son portadores



de microorganismos causantes de infecciones y alergias.

- Cuando las infestaciones son severas, la respiración de los propios insectos y la respiración del producto son responsables del calentamiento de la materia prima que puede llegar a incendiarse si alcanza temperaturas superiores a 50 °C

Todos estos inconvenientes hacen que el grado de infestación se convierta en un factor de calidad que debe tenerse en cuenta para evaluar la calidad sanitaria de una materia prima vegetal.

#### 7.4 Procedimiento de muestreo de los trozos secos.

Con el fin realizar la inspección de los trozos secos con el fin analizar su calidad, es necesario realizar un muestreo de la manera mas conveniente con el fin de obtener una muestra que represente muy bien las características de todo el lote. El descuido o un muestreo inapropiado puede provocar un malentendido y un procedimiento injustificado.

##### 7.4.1 Definiciones.

Para entender muy bien el procedimiento es necesario tener muy claro las definiciones de los diferentes tipos muestras que se manejan durante el muestreo y los análisis de calidad.

**Muestra.** Unidad representativa de uno o varios lotes que se utiliza

para determinar su conformidad con los requisitos de la norma de cálida correspondiente.

**Muestra parcial.** Cierta cantidad de material tomada en n punto del lote o en un momento determinado durante la descarga del producto

**Muestra global.** Es la suma de todas las muestras parciales.

**Muestra reducida.** Cantidad obtenida a partir de la muestra global por cuarteo cuidadosos u otro género de fraccionamiento que, en virtud de su origen, es representativa del lote entero.

**Muestra para análisis.** Cantidad obtenida a partir de la muestra reducida y sobre la cual se hacen los análisis

##### 7.4.2 Número de muestras parciales.

Aquí se tratará solamente el caso del producto cuando se empaqueta en costales de polipropileno o de fique. No se considera el muestreo de trozos secos a granel. Cada muestra parcial debe tomarse de un saco. El número de las muestras parciales o el número de sacos que deben muestrearse depende del número total de sacos o empaques que constituyen el lote de yuca seca.

Los sacos deben escogerse al azar, repartidos sobre el lote completo. Las muestras totales se reúnen y forman la muestra global. En el cuadro siguiente se registra la



información del número de sacos que deben pasar por un muestreo de acuerdo al tamaño del lote

Cuando se trata de tomar muestras de un arrume recién conformado, donde no sea posible movilizar el producto, se procede a tomar la muestras de las cinco caras visibles, en un número proporcional al área de cada cara. Cuando se trate de arrumes que lleven largo tiempo de estar arrumados, las muestras deben tomarse sobre todo el arrume. Esto obliga a mover el número de bultos necesario para abarcar la totalidad de los bultos en forma aleatoria(al azar)

Si el encargado de tomar las muestras, detecta pro medio del tacto y del olor que hay porciones heterogéneas dentro del lote, debe muestrear por separado siguiendo las indicaciones anteriores.

#### 7.4.3 Preparación de la muestra global y de la muestra reducida.

Las muestras parciales se reúnen en su totalidad en un saco impermeable. Durante esta operación, el saco no debe quedar abierto y expuesto al sol. La caja o saco debe ser lo suficiente grande para que la totalidad de las muestras solo sean reunido todas las veces, se mezcla y se mantienen la

La muestra reducida se extrae de la muestra global mediante un aparato divisor adecuado o tomando muestras pequeñas al azar hasta alcanzar el peso necesario para los análisis que se quieran realizar.

### Ejercicio 7. Diagnóstico de las fallas que afectan la calidad final de los trozos secos de yuca durante el proceso.

#### Objetivo

Hacer la lista de todas las fallas que cometieron los operarios de la empresa YUCA SECA DE HAITI en el secado de un lote de yuca fresca y explicar cómo cada uno de estos errores pueden afectar la calidad final de los trozos secos de acuerdo a los parámetros de calidad de la empresa avícola PROINSA

#### Orientaciones para el facilitador.

1. La práctica se realizará en las instalaciones de la empresa YUCA SECA DE HAITI observando todas las actividades de rutina durante el proceso de un lote de yuca, desde el picado de las raíces hasta el almacenamiento de los trozos secos y muestreo para los análisis de calidad.
2. Organice grupos no mayores de cinco personas.
3. Cada grupo se encargará de realizar el diagnóstico por separado con base en un diagrama de flujo que ellos



mismos elaboraran en una hoja de papelógrafo. En este diagrama de flujo, no sólo deben aparecer las actividades que se realizan sino las que debieron hacer de acuerdo con las circunstancias.

4. Hacer una lista de todas las fallas que encontraron durante la producción de la yuca seca y explicar su influencia sobre la calidad final.
5. En la sesión plenaria, se harán las presentaciones de los resultados de cada grupo y al final, el grupo se encargará de elaborar el documento final sobre las recomendaciones al jefe de la planta
6. En la plenaria, el facilitador aprovecha las presentaciones para formular preguntas acerca de las observaciones de los grupos y profundizar en el tema.

### **Documentación recomendada**



información del número de sacos que deben pasar por un muestreo de acuerdo al tamaño del lote

Cuando se trata de tomar muestras de un arrume recién conformado, donde no sea posible movilizar el producto, se procede a tomar la muestras de las cinco caras visibles, en un número proporcional al área de cada cara. Cuando se trate de arrumes que lleven largo tiempo de estar arrumados, las muestras deben tomarse sobre todo el arrume. Esto obliga a mover el número de bultos necesario para abarcar la totalidad de los bultos en forma aleatoria(al azar)

Si el encargado de tomar las muestras , detecta pro medio del tacto y del olor que hay porciones heterogéneas dentro del lote, debe muestrear por separado siguiendo las indicaciones anteriores.

#### **7.4.3 Preparación de la muestra global y de la muestra reducida.**

Las muestras parciales se reúnen en su totalidad en un saco impermeable. Durante esta operación, el saco no debe quedar abierto y expuesto al sol. La caja o el saco deberá ser lo suficientemente grande para que la totalidad de las muestras parciales sólo ocupen la mitad del volumen. Tan pronto se hayan reunido todas las muestras parciales, se mezcla perfectamente el contenido de la caja o el saco.

La muestra reducida se extrae de la muestra global mediante un aparato divisor adecuado o tomando muestras pequeñas al azar hasta alcanzar el peso necesario para los análisis que se quieran realizar.

#### **Ejercicio 7. Diagnóstico de las fallas que afectan la calidad final de los trozos secos de yuca durante el proceso.**

##### **Objetivo**

Hacer la lista de todas las fallas que cometieron los operarios de la empresa YUCA SECA DE HAITI en el secado de un lote de yuca fresca y explicar cómo cada uno de estos errores pueden afectar la calidad final de los trozos secos de acuerdo a los parámetros de calidad de la empresa avícola PROINSA

##### **Orientaciones para el facilitador.**

1. La práctica se realizará en las instalaciones de la empresa YUCA SECA DE HAITI observando todas las actividades de rutina durante el proceso de un lote de yuca, desde el picado de las raíces hasta el almacenamiento de los trozos secos y muestreo para los análisis de calidad.
2. Organice grupos no mayores de cinco personas.
3. Cada grupo se encargará de realizar el diagnóstico por separado con base en un diagrama de flujo que ellos



# ANEXOS

	<b>Página</b>
Anexo 1. Evaluación Inicial de Conocimientos	A2
Anexo 2. Evaluación Final de Conocimientos: Cuestionario	A4
Anexo 3. Evaluación Final de Conocimientos: Información de retorno	A6
Anexo 4. Evaluación general del Evento	A9
Anexo 5. Evaluación del desempeño del instructor en la capacitación	A12
Anexo 6. Formatos para la evaluación de las secuencias de instrucción	A15
Anexo 7. Evaluación de la estructura de la guía	A27
Anexo 8. Anexos Técnicos de laboratorio para control de calidad	A32
Anexo 8.1. Evaluación rápida del contenido de cianuro en Raíces de frescas de yuca	A32
Anexo 8.2. Determinación de la humedad de las Raíces frescas de yuca por el Método de la gravedad específica	A35
Anexo 8.3. Método para diferenciar la presencia de aflatoxinas de la escopoletina en Raíces frescas o procesadas de yuca	A45
Anexo 8.4. Métodos para determinar humedad en yuca seca	A47
Anexo 8.5. Cálculo del factor de conversión de raíces frescas de yuca a trozos secos	A49
Anexo 8.6. Formatos de control de calidad	A51

96-11111

1998-01-15  
1998-01-15

1998-01-15

1998-01-15

1998-01-15



# Anexo 1.

## Evaluación Inicial de conocimientos

1. ¿Cuál es el principal componente químico en peso de una raíz de yuca fresca?
  - a. Proteína
  - b. Ceniza
  - c. Tocón
  - d. Agua
  
2. ¿Qué proporción en %, ocupa la cáscara en toda la raíz?
  - a. 1-2%
  - b. 40-45%
  - c. 20-25%
  - d. 3-4%
  
3. Explique, en que casos es necesario lavar las raíces de yuca.  
R/ Cuando llegan con mucho barro adherido
  
4. Enumere algunos sistemas que se puedan utilizar para secar yuca.  
R/ Patio de cemento, bandejas, capa fija, tambores rotatorios.
  
- 5.Cuál de estos espacios pertenece a la infraestructura de una planta de secado natural de yuca?
  - a. Caballeriza
  - b. Bodega
  - c. Cámara de capa fija
  - d. Casa del vigilante
  
6. ¿Qué herramienta se emplea para voltear los trozos frescos sobre el piso de concreto?  
R/ Rastrillo de madera
  
7. ¿Qué mecanismo causa el secado de los trozos sobre un patio de secado?
  - a. El sol calienta los trozos
  - b. El aire a ras del piso
  - c. El sol calienta el piso
  - d. El lavado de las raíces
  
8. En el secado sobre un patio de cemento, 30 kilos por metro cuadrado es una carga:
  - a. Muy baja
  - b. Muy alta
  - c. Aceptable para un clima seco y caliente



- d. Aceptable para un clima frío y húmedo
9. ¿Qué mecanismo causa el secado de los trozos sobre una bandeja inclinada?
- el aire calienta la bandeja
  - el aire enfría la bandeja
  - el aire atraviesa la bandeja
  - el sol calienta los trozos
10. Para una misma condición climática, teniendo como base un metro cuadrado de piso, sobre un metro cuadrado de bandeja puedo colocar
- un 50%
  - menos de la mitad de los trozos
  - igual cantidad de trozos
  - un 10% más de trozos.
11. La principal característica que debe tenerse en cuenta para comprar un lote de yuca es:
- las cenizas
  - la humedad inicial de las raíces
  - el color
  - la proteína
12. Si se secan raíces con mucho barro adherido, los trozos secos tendrán un alto contenido de:
- proteína
  - almidón
  - cáscara
  - cenizas.
13. Una mal distribución de los trozos sobre las áreas de secado es la causa de:
- secado muy uniforme
  - trozos muy blancos
  - tiempo corto de secado
  - trozos con diferentes contenidos de humedad
14. en los trozos secos, un porcentaje de fibra de 4% es:
- muy bajo
  - excesivamente bajo
  - aceptable
  - muy alto



## Anexo 2

### Evaluación Final de Conocimientos: Cuestionario

1. Cuáles son los 2 componentes químicos de raíz de yuca fresca?
  - a. proteína y celulosa
  - b. almidón y ceniza
  - c. agua y almidón
  - d. tocón y agua
2. ¿Qué proporción del peso total de una raíz representa la cáscara?
  - a. 1-2%
  - b. 40-45%
  - c. 20-25%
  - d. 70-75%
3. ¿Qué actividades en el proceso de la yuca pueden aumentar el contenido de las cenizas en los trozos secos?  
R/
4. ¿Qué problemas pueden ocasionar a la picadora y la empresa el procesamiento de raíces frescas con tocones o pedúnculos muy grandes?  
R/
5. Enumere los componente básicos o espacios necesarios en la infraestructura de una planta de secado de yuca?  
R/
6. ¿Qué usos tienen el rastrillo de madera, la carpa plástica y el embudo metálico en el secado de las raíces de yuca?
7. ¿Cuál es la función del volteo de los trozos con el rastrillo de madera?
  - a. enfriar los trozos
  - b. calentar el aire
  - c. Calentar el piso y airear los trozos
  - d. demorar el secado
8. ¿Cuánto tiempo total aproximadamente (incluida la noche) podría durar el secado de yuca con una carga de 12 kilo/m<sup>2</sup> bajo condiciones optimas de alta temperatura y tiempo seco?
  - a. 5 horas
  - b. 36 horas
  - c. 60 horas
  - d. tres días



9. Para secar en dos días una misma condición climática, comparando con un metro cuadrado de piso con 12 Kg de trozos secos, sobre un metro cuadrado de bandeja puedo colocar:
  - a. 12 Kg.
  - b. 8 Kg.
  - c. 16 Kg.
  - d. 6 Kg.
  
10. La principal característica que debe tenerse en cuenta para comprar un lote de yuca es:
  - a. el contenido de cenizas
  - b. la humedad inicial de las raíces
  - c. el valor promedio de la gravedad específica de tres muestras
  - d. la proteína
  
11. Si se detecta fluorescencia en varios trozos secos después de iluminarlos con luz ultravioleta, se podría decir que esto se debe a:
  - a. la presencia de aflatoxinas por ataque de hongos y/o presencia de escopoletina
  - b. alta humedad en los trozos
  - c. presencia de mucho barro
  - d. mucha proteína.
  
12. Una mala distribución inicial de los trozos frescos sobre las áreas de secado es la causa de:
  - a. un secado muy uniforme
  - b. trozos muy blancos
  - c. un tiempo corto de secado
  - d. trozos secos con diferentes humedades
  
13. Si se empaacan los trozos secos sin compactarlos dentro de un saco de fique, un camión de 10 toneladas de capacidad podría transportar solamente:
  - a. 12 ton
  - b. 2 ton
  - c. 5 ton
  - d. 8.5 ton
  
14. En los trozos secos, un porcentaje de fibra de 15%:
  - a. muy bajo
  - b. excesivamente bajo
  - c. aceptable
  - d. muy alto



## Anexo 3

### Evaluación Final de Conocimientos Información de Retorno

1. Cuales son los dos principales componentes químicos de una raíz de yuca fresca?
  - a) proteína y celulosa
  - b) almidón y ceniza
  - c) agua y almidón**
  - d) tocón y agua
  
2. ¿Qué proporción del peso total de una raíz representa la cáscara?
  - a) 1-2%
  - b) 40-45%
  - c) 20-25%**
  - d) 70-75%
  
3. ¿Qué actividades en el proceso de la yuca pueden aumentar el contenido de las cenizas en los trozos secos?

R/ No lavar las raíces cuando éstas llegan a la empresa con demasiado barro adherido y no tener el cuidado de separar la arena que se desprende de la superficie del patio de los trozos cuando éstos se recogen al final del proceso.
  
4. ¿Qué problemas pueden ocasionar a la picadora y la empresa el procesamiento de raíces frescas con tocones o pedúnculos muy grandes?

R/ Muy fácilmente se dañan las cuchillas y en lugares donde no existe un taller mecánico la planta podría pararse obligatoriamente durante largo tiempo mientras se reparan la máquina picadora.
  
5. Enumere los componente básicos o espacios necesarios en la infraestructura de una planta de secado de yuca?

R/ Piso de concreto, los soportes de las bandejas, cobertizo de la picadora, bodega de almacenamiento de las raíces frescas, bodega de almacenamiento de los trozos secos
  
6. ¿Qué usos tienen el rastrillo de madera, la carpa plástica y el embudo metálico en el secado de las raíces de yuca?

R/ El rastrillo se emplea para voltear los trozos durante el secamiento. La carpa se usa para cubrir los trozos y evitar que se rehumedezcan en caso de lluvias, especialmente durante la primera noche del secamiento



el embudo metálico se utiliza para aligerar el llenado de los empaques con los trozos secos

7. ¿Cuál es la función del volteo de los trozos con el rastrillo de madera?  
**a) enfriar los trozos**  
b) calentar el aire  
c) Calentar el piso ^airear los trozos  
d) demorar el secado
8. ¿Cuánto tiempo total aproximadamente ( incluida la noche) podría durar el secado de yuca con una carga de 12 kilo/m<sup>2</sup> bajo condiciones de alta temperatura y tiempo seco?  
a) 5 horas  
**b) 36 horas**  
c) 60 horas  
d) tres días
9. Para secar en dos días, una misma condición climática, con base en un metro cuadrado de piso con 12 Kg. De trozos frescos, sobre un metro cuadrado de bandeja puedo colocar:  
a) 12 Kg.  
b) 8 Kg.  
**c) 16 Kg.**  
d) 6 Kg
10. La principal característica que debe tenerse en cuenta para comprar un lote de yuca es:  
a) el contenido de cenizas  
**b) la humedad inicial de las raíces**  
c) el valor promedio de la gravedad específica de tres muestras  
d) la proteína
11. Si se detecta fluorescencia en varios trozos secos después de iluminarlos con luz ultravioleta, se podría decir que esto se debe a:  
**a) la presencia de aflatoxinas por ataque de hongos y/o presencia de escopoletina**  
b) alta humedad en los trozos  
c) presencia de mucho barro  
d) mucha proteína.
12. Una mala distribución inicial de los trozos frescos sobre las áreas de secado es la causa de:  
a) un secado muy uniforme  
b) trozos muy blancos



c) un tiempo corto de secado

**d) trozos secos con diferentes humedades**

13. Si se empacan los trozos secos sin compactarlos dentro de un saco de fique, un camión de 10 toneladas de capacidad podría transportar solamente:

a) 12 ton

b) 2 ton

c) 5 ton

**d) 8.5 ton**

14. En los trozos secos, un porcentaje de fibra de 15%:

a) muy bajo

b) excesivamente bajo

c) aceptable

**d) muy alto**

1. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.

- 2. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.
- 3. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.
- 4. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.
- 5. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.
- 6. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.
- 7. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.
- 8. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.
- 9. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.
- 10. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.

11. The documents are to be produced to the court in accordance with the order made by the court.



## **Anexo 4.**

### **Evaluación general del evento.**

Este formulario será llenado por los participantes, al finalizar el taller sobre la producción de trozos secos de yuca integral para alimentación animal.

Objetivos del evento:

Someter a evaluación, por parte de un grupo de usuarios potenciales, el manual el taller sobre la producción de trozos secos de yuca integral para conocer sus percepciones acerca de la calidad del mismo en cuanto al contenido científico, la calidad didáctica del material y la calidad de las ayudas para el aprendizaje que el Manual contiene.

Recolectar con los miembros del grupo participante en esta evaluación, información que permita ajustar el Manual en aspectos tales como la comprensión del contenido, el grado de dificultad para su manejo, el grado de complejidad del material para el desarrollo adecuado de la capacitación y la secuencia de las experiencias de aprendizaje, tal como el manual las ofrece.

Evaluar con los participantes el modelo didáctico del taller de capacitación y el desempeño del facilitador, para ajustar la metodología en términos tales como el modelo de aprendizaje propuesto, la viabilidad de los ejercicios, el tiempo para cubrir las actividades propuestas, el cronograma de trabajo y la pertinencia de los ejemplos (casos) incluidos en la capacitación.

Resultados esperados:

Los productos esperados del taller eran los siguientes:

Un grupo de profesionales y técnicos entrenados y con la capacidad de utilizar la metodología de secar yuca fresca en forma natural, en la capacitación de agricultores que esperan formar o mejorar la gestión de sus pequeñas empresas productoras de trozos secos de yuca para consumo animal.

Manual sobre la producción de trozos secos de yuca integral Validado con los participantes

Metodología de la capacitación en secado natural de trozos frescos de yuca validada con los participantes

Instrucciones



Deseamos conocer su opinión sobre diversos aspectos del evento que acabamos de realizar, con el fin de mejorarlo en el futuro inmediato. No necesita firmar este formulario. De la sinceridad de sus respuestas depende en gran parte el mejoramiento de esta actividad.

La evaluación incluye dos aspectos:

La escala 0, 1, 2, 3 sirve para que usted asigne un valor a cada una de las preguntas. Marque una X en:

- 0 = Malo, inadecuado.
- 1 = Regular, deficiente.
- 2 = Bueno, aceptable.
- 3 = Muy bien, altamente satisfactorio.

Debajo de cada conjunto de preguntas hay un espacio para comentarios de acuerdo con el puntaje asignado. Refiérase a los aspectos POSITIVOS y NEGATIVOS, y deje en blanco los aspectos que no aplican en el caso de este evento.

1. Evalúe los objetivos del evento (ver arriba):

1.1. Según hayan correspondido a las necesidades (Institucionales y personales) que usted traía.

Comentario

2. Evalúe los contenidos del taller según hayan llenado los vacíos de conocimiento que usted traía.

Comentario



3. Evalúe las estrategias empleadas:

3.1. Exposiciones del facilitador.

3.2. Trabajo en grupo.

3.3. Cantidad y calidad de los materiales de trabajo.

3.4. Sesiones Plenarias.

3.5. Ayudas para el aprendizaje.

Comentario

4. Evalúe la aplicabilidad (utilidad) de lo aprendido en su trabajo.

Comentario

5. Evalúe la coordinación local del evento:

5.1. Información previa enviada a los participantes.

5.2. Cumplimiento de horarios.

5.3. Cumplimiento del programa.

5.4. Conducción de grupos.

5.5. Conducción de actividades.

5.6. Apoyo logístico (equipo, materiales, papelería)

Comentario



6. Evalúe la duración del evento en relación con los objetivos propuestos y el contenido del mismo.

Comentario

7. Evalúe otras actividades y/o situaciones que influyeron positiva o negativamente en el nivel de satisfacción que Usted tuvo durante el evento.

7.1. Alojamiento.

7.2. Alimentación.

7.3. Salas de trabajo y sus condiciones logísticas.

7.4. Transporte.

Comentario

8. Exprese sugerencias precisas para mejorar este evento.

8.1. Académicas (Conferencias, materiales, prácticas).

8.2. No académicas (Transporte, alimentación, etc.).

#### ACTIVIDADES FUTURAS.

9. ¿Qué actividades realizará Usted a corto plazo, para cumplir los acuerdos del evento?.



## Anexo 5.

### Evaluación del desempeño del instructor en la capacitación

#### Instrucciones

A continuación aparece una serie de descripciones de comportamientos que se consideran deseables en un buen instructor. Por favor, señale sus opiniones sobre el instructor mencionado en este formulario, marcando una "X" frente a cada una de las frases que lo describan.

Marque una X en la columna SI cuando usted esté seguro de que ese comportamiento estuvo presente en la conducta del instructor.

Marque una X en la columna NO cuando usted sienta que no fue posible observar ese comportamiento.

Este formulario es anónimo para facilitar su sinceridad al emitir sus opiniones:

#### 1. Organización y claridad

##### **El Facilitador....**

- 1.1 Presentó los objetivos de la actividad
- 1.2 Explicó la metodología para realizar la(s) actividad(es)
- 1.3 Respetó el tiempo previsto
- 1.4 Entregó material escrito sobre su presentación
- 1.5 Siguió una secuencia clara en su exposición
- 1.6 Resumió los aspectos fundamentales de su presentación
- 1.7 Habló con claridad y tono de voz adecuados
- 1.8 Las ayudas didácticas que utilizó facilitaron la comprensión del tema
- 1.9 La cantidad de contenido presentado facilitó el aprendizaje

#### 2. Dominio del tema

##### **El Facilitador....**

- 2.10 Se mostró seguro de conocer la información presentada
- 2.11 Respondió las preguntas de la audiencia con propiedad
- 2.12 Dió referencias bibliográficas actualizadas
- 2.13 Relacionó los aspectos básicos del tema con los aspectos prácticos
- 2.14 Proporcionó ejemplos para ilustrar el tema expuesto
- 2.15 Centró la atención de la audiencia en los contenidos más importantes del tema



3. Habilidades de interacción

**El Facilitador....**

- 3.16 Estableció comunicación con los participantes
- 3.17 El lenguaje que empleó estuvo a la altura de los conocimientos de la audiencia
- 3.18 Inspiró confianza para preguntarle
- 3.19 Demostró interés en el aprendizaje de la audiencia
- 3.20 Estableció contacto visual con la audiencia
- 3.21 Formuló preguntas a los participantes
- 3.22 Invitó a los participantes para que formularán preguntas
- 3.23 Proporcionó información de retorno inmediata a las respuestas de los participantes
- 3.24 Se mostró interesado en el tema que exponía
- 3.25 Mantuvo las intervenciones de la audiencia dentro del tema

4. Dirección de la práctica

**El Facilitador....**

- 4.26 Precisó los objetivos de la práctica
- 4.27 Seleccionó / acondicionó el sitio adecuado para la práctica
- 4.28 Organizó a la audiencia de manera que todos pudieran participar
- 4.29 Explicó y/o demostró la manera de realizar la práctica
- 4.30 Tuvo a su disposición los materiales demostrativos y/o los equipos necesarios
- 4.31 Entregó a los participantes los materiales y/o equipos necesarios para practicar
- 4.32 Entregó a los participantes un instructivo (guía) para realizar la práctica
- 4.33 Supervisó atentamente la práctica
- 4.34 Los participantes tuvieron la oportunidad de practicar

---

\*Este formulario fue tomado del Manual para Formación de Capacitadores. Vicente Zapata Sánchez; Mayo 1993, Cali, Colombia, Editorial. Pags: 133-142



## Anexo 6.

### Formato para la evaluación del manual

#### Introducción

La guía sobre la producción de trozos secos de yuca integral para consumo animal, está dividida en siete secciones o partes. Cada una de dichas secciones tiene una estructura que contiene los siguientes componentes:

- Un Flujograma (o estructura de la sección) que muestra los distintos componentes de la sección respectiva y le permite a los participantes revisar el contenido general de la respectiva sección.
- Los Objetivos de aprendizaje dirigidos a los participantes, los cuales expresan lo que se espera de ellos al finalizar la instrucción
- Las Preguntas orientadoras, que ayudan a iniciar la discusión sobre los temas de la sección, en un diálogo inicial entre facilitador y participantes.
- El Contenido de la sección que es la parte más amplia y describe los aspectos técnicos y de conocimiento que se le presentan a los participantes sobre el tema de la sección.
- Los Ejercicios prácticos, que le permitan a los participantes practicar los conocimientos expuestos en la sección. Cada uno de los ejercicios tiene una serie de componentes tales como (a) el título del ejercicio, (b) el objetivo que persigue, (c) las orientaciones para el instructor, (d) el listado de los recursos para completar el ejercicio, (e) las orientaciones para los participantes y (f) la información de retorno del ejercicio, que sugiere una manera en que el facilitador puede llevar a cabo la recepción del ejercicio con los participantes.
- La Bibliografía que le ofrece referencias a los participantes para consultas posteriores a la capacitación
- Los originales de las Transparencias que va a emplear el instructor.

Todos los ítems anteriores serán evaluados por los participantes en la forma en que se describe a continuación.



## Instrucciones

La evaluación cubre los siguientes aspectos:

- La calidad del contenido científico
- La calidad didáctica del material
- La calidad de las ayudas para el aprendizaje
- La comprensión del contenido por parte de los usuarios
- Grado de dificultad para el manejo de la guía
- Grado de complejidad del material para el desarrollo adecuado de la capacitación
- Secuencia (encadenamiento) de las experiencias de aprendizaje
- El modelo didáctico del taller
- La facilidad para realizar los ejercicios
- El tiempo para cubrir las actividades propuestas
- La pertinencia de los ejemplos (casos) incluidos en la capacitación

1. Cuando se inicia el taller, los participantes tendrán la oportunidad de seleccionar aquella sección de la guía que desean evaluar. Esto quiere decir que a lo largo de la semana, diferentes grupos evaluarán, cada uno, una secuencia de aprendizaje.
2. El formulario que incluye los distintos componentes de la evaluación se explica por sí mismo. En cada caso, se espera que cada uno de los participantes en un grupo particular, llene el formulario y lo entregue al coordinador del ejercicio al concluir la tarea.
3. El conjunto de las evaluaciones será discutido en una sesión plenaria al concluir el taller.
4. El aporte que hacen los participantes en este ejercicio de validación de la guía sobre la producción de trozos secos de yuca integral es altamente apreciado por el CIAT y por el autor de la Guía. Por esta razón se les hará un reconocimiento en la publicación editorial del documento.

Mil gracias por su colaboración



## Anexo 6.1

### Formato para la evaluación de cada sección

Sección que se evalúa: \_\_\_\_\_

Nombre del Evaluador: \_\_\_\_\_

Para completar los distintos aspectos de la evaluación, usted debe marcar una X en el espacio de la escala que corresponde a su opinión acerca del respectivo ítem. La escala de la derecha tiene las siguientes equivalencias:

**0 = Aspecto muy deficiente: se debe eliminar o cambiar completamente**

**1 = Aspecto que requiere mejorarse. Ver recomendaciones.**

**2 = Aspecto que puede mejorarse con los ajustes sugeridos**

**3 = Aspecto muy satisfactorio**

Para cada uno de los aspectos señale sus comentarios o sugerencias de mejoramiento, en el espacio previsto para esta tarea. Esto quiere decir que tan solo una X en la casilla correspondiente a su opinión NO es suficiente. Se requiere que la persona que evalúa emita el comentario que soporta la evaluación numérica.

ASPECTO 1	0	1	2	3
1.La calidad del contenido científico de esta sección. Es decir, que de acuerdo con lo que usted sabe de este tema, el material de esta sección es científicamente y técnicamente				



<b>ASPECTO 1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
válido? Comentarios:				

<b>ASPECTO 2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
2.La calidad didáctica del material que ofrece esta sección. Es decir, es fácil aprender con el material que se presenta en esta sección? Comentarios:				
3.La calidad de las ayudas para el aprendizaje que se incluyen en esta sección (dibujos, gráficas, fotografías, originales para transparencias, etc.) ayuda en el aprendizaje? Comentarios:				



ASPECTO 2	0	1	2	3
<p>4. La comprensión del contenido de esta sección por parte de los usuarios (uso del lenguaje corriente, explicación de términos técnicos, etc.) se logra sin dificultad. Es decir, cuando uno lee el material de esta sección, lo entiende fácilmente?</p> <p>Comentarios:</p>				

ASPECTO 3	0	1	2	3
<p>5. Grado de dificultad para el manejo de esta sección. Es decir, será fácil para usted manejar esta sección cuando sea facilitador ?</p> <p>Comentarios:</p>				



<b>ASPECTO 3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<p>1. Grado de complejidad del material presentado en esta sección para el desarrollo adecuado de la capacitación. Es decir, tiene un número de componentes y una extensión que son fácilmente manejables por un facilitador como usted? Comentarios:</p>				
<p>7. Secuencia (encadenamiento) entre los distintos componentes de la sección (lo que va primero y lo que va después están bien intercalados? Sería mejor cambiar alguna de las partes de esta sección a otro lugar?) Comentarios:</p>				

<b>ASPECTOS 4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<p>8. La forma como se expresa el modelo didáctico de la capacitación (información – práctica – retroinformación) a lo largo de esta sección. Comentarios:</p>				



ASPECTOS 4	0	1	2	3
9. La facilidad para realizar los ejercicios. Por ejemplo, las instrucciones estaban claras? Uno sabía lo que tenía que hacer? Las hojas de trabajo ayudaban a completar el ejercicio? Comentarios				
10. El tiempo de que se dispuso para cubrir las actividades propuestas (presentaciones del facilitador y tiempo para la realización de los ejercicios) Comentarios:				



<b>ASPECTO 6</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
11. La pertinencia de los ejemplos (casos) incluidos en la capacitación. Es decir, los casos se referían al asunto que se estaba estudiando? El caso ayudaba a ilustrar el tema? Comentarios:				



## Anexo 6.2

### Evaluación de los anexos

La Guía sobre la producción de trozos secos de yuca integral contiene varios anexos. Los anexos apoyan el desarrollo de las actividades que sugiere la guía y se colocan al final para no hacer más denso el material en su contenido básico. Dada la importancia de los anexos, un equipo de evaluación se dedicará a su análisis durante el taller y presentará sus recomendaciones sobre cada uno de ellos.

Nombre del Evaluador: \_\_\_\_\_

Para completar los distintos aspectos de la evaluación, usted debe marcar una X en el espacio de la escala que corresponde a su opinión acerca del respectivo ítem. La escala de la derecha tiene las siguientes equivalencias:

**0 = Aspecto muy deficiente: se debe eliminar o cambiar completamente**

**1 = Aspecto que requiere mejorarse. Ver recomendaciones.**

**2 = Aspecto que puede mejorarse con los ajustes sugeridos**

**3 = Aspecto muy satisfactorio**

Para cada uno de los aspectos señale sus comentarios o sugerencias de mejoramiento, en el espacio previsto para esta tarea. Esto quiere decir que tan solo una X en la casilla correspondiente a su opinión NO es suficiente. Se requiere que la persona que evalúa emita el comentario que soporta la evaluación numérica. *Mil gracias por su colaboración*



<b>ANEXOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<p>1. Evaluación final de conocimientos Incluya su opinión sobre el tipo de preguntas, su grado de dificultad y la cobertura de la prueba con respecto a la totalidad de la guía.</p>				
<p>2. Información de retorno para la evaluación final de conocimientos Incluya sus comentarios acerca del grado en que la información de retorno realmente responde a las preguntas que se incluyeron en la evaluación final de conocimientos.</p>				
<p>3. Evaluación del evento de capacitación Este formato cubre la totalidad de los aspectos importantes que se deben evaluar? Qué aspectos hay que agregar o quitar?</p>				
<p>4. Auto evaluación del desempeño del facilitador Cubre este formato todos los aspectos importantes que se deben evaluar con respecto al desempeño del facilitador?</p>				



	0	1	2	3
5. Evaluación de la Guía El formato para evaluar las secciones satisface, en su opinión, los requerimientos para una evaluación exhaustiva de la guía? ¿Qué se puede eliminar y qué habría que agregar?				
<b>8. ANEXOS TECNICOS</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
8.1 Evaluación rápida del contenido de cianuro en Raíces frescas de yuca Comentarios:				
8.2 Determinación de la humedad de las Raíces frescas de yuca por el Método de la gravedad específica Comentarios:				



8.3 Método para diferenciar la presencia de aflatoxinas de la escopoletina en Raíces frescas o procesadas de yuca Comentarios:				
8.4 Métodos para determinar humedad en yuca seca Comentarios:				
8.5 Cálculo del factor de conversión de raíces frescas a trozos secos Comentarios				
8.6 Formatos de control de calidad Comentarios				



## Anexo 7

### Evaluación de la estructura del Manual

La guía sobre la producción de trozos secos de yuca integral tiene una estructura didáctica que está compuesta por los siguientes elementos:

1. El flujo grama de cada sección
2. Los objetivos de aprendizaje
3. Las preguntas orientadoras o introductorias
4. El contenido de cada sección
5. Los ejercicios con sus hojas de trabajo e información de retorno
6. La bibliografía
7. Los originales para las transparencias

Para que la evaluación sea lo más completa posible, deseamos que uno de los equipos de se centre en la revisión más específica de estos componentes. Para hacerlo, trabaja de manera similar a los otros grupos utilizando las instrucciones y un formato similar.

Nombre del Evaluador:

---

Para completar los distintos aspectos de la evaluación, usted debe marcar una X en el espacio de la escala que corresponde a su opinión acerca del respectivo ítem. La escala de la derecha tiene las siguientes equivalencias:

**0 = Aspecto muy deficiente: se debe eliminar o cambiar completamente**

**1 = Aspecto que requiere mejorarse. Ver recomendaciones.**

**2 = Aspecto que puede mejorarse con los ajustes sugeridos**

**3 = Aspecto muy satisfactorio**

Para cada uno de los aspectos señale sus comentarios o sugerencias de mejoramiento, en el espacio previsto para esta tarea. Esto quiere decir que tan solo una X en la casilla correspondiente a su opinión NO es



suficiente. Se requiere que la persona que evalúa emita el comentario que soporta la evaluación numérica.



## Anexo 7.1

### Evaluación de la estructura didáctica

COMPONENTES	0	1	2	3
1. Flujogramas que introducen el tema de cada sección. Se revisan todos los flujogramas de la Guía y se evalúa si estos: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Son útiles para que el facilitador presente cada sección?</li> <li><input type="checkbox"/> Ayudan a comprender de qué se trata esta sección?</li> <li><input type="checkbox"/> Clarifican las relaciones entre los componentes de la sección?</li> </ul> Sugerencias:				
2. Los objetivos de cada sección. Se revisan todos los objetivos de cada una de las secciones en que se divide la Guía y se evalúa si ellos: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Están dirigidos al participante</li> <li><input type="checkbox"/> Expresan con claridad lo que se espera que logren los participantes como resultado de la capacitación recibida</li> <li><input type="checkbox"/> Habría que modificar alguno de los objetivos?</li> <li><input type="checkbox"/> Falta introducir un nuevo objetivo en alguna de las secciones?</li> </ul> Sugerencias:				
3. Las preguntas orientadoras. Se revisan todas las preguntas orientadoras de todas las secciones de la Guía y se evalúan en términos de: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Su utilidad en la introducción del tema y como “rompehielos”</li> <li><input type="checkbox"/> La facilidad para motivar respuestas abiertas de parte de los participantes</li> </ul> Sugerencias:				



COMPONENTES	0	1	2	3

COMPONENTES	0	1	2	3
<p>4. El contenido de cada sección, en términos de</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Su extensión</li> <li><input type="checkbox"/> Su claridad</li> <li><input type="checkbox"/> Su pertinencia para aprender el tema</li> </ul> <p>Sugerencias:</p>				
<p>5. Los ejercicios. Se revisan todos los ejercicios de la guía para evaluarlos en términos de los componentes que deben estar presentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Título del ejercicio</li> <li><input type="checkbox"/> Objetivo del ejercicio</li> <li><input type="checkbox"/> Orientaciones para el facilitador</li> <li><input type="checkbox"/> Recursos necesarios para el ejercicio</li> <li><input type="checkbox"/> Orientaciones para los participantes</li> <li><input type="checkbox"/> Hojas de trabajo</li> <li><input type="checkbox"/> Información de retorno para el ejercicio</li> </ul> <p>Sugerencias:</p>				
<p>6. La bibliografía. Se revisan las bibliografías de cada sección y se evalúa si ellas:</p> <p>Son asequibles para los participantes</p> <p>Sugerencias:</p>				



COMPONENTES	0	1	2	3

COMPONENTES	0	1	2	3
<p>7. Los originales para las transparencias. Se revisan los de toda la Guía y se evalúan de acuerdo con los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Cantidad de láminas</li> <li><input type="checkbox"/> Originalidad</li> <li><input type="checkbox"/> Capacidad para atraer la atención de la audiencia</li> <li><input type="checkbox"/> Cantidad de información en una sola lámina</li> <li><input type="checkbox"/> Distribución del texto en la lámina</li> <li><input type="checkbox"/> Decoración (fondos, flechas, dibujos, mapas, etc.)</li> </ul> <p>Sugerencias:</p>				

# Anexo 8

## Anexos Técnicos de laboratorio para control de calidad

### Anexo 8.1

### Evaluación rápida del contenido de cianuro en Raíces de yuca

- **Reactivos**

1. Carbonato de Sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 2.5%
  - a. Pesar 2.5g de Carbonato de Sodio y disolver en 100 ml de agua destilada.
2. Acido Pítrico ( $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$ ) al 0.5%
  - a. Pesar 0.5g de Acido Pítrico y disolver en 100 ml de agua destilada. Filtrar si es necesario
3. Solución de Picrato-Alcalino
  - a. Tomar cantidades iguales de los reactivos 1 y 2 y mezclar.
4. Tolueno

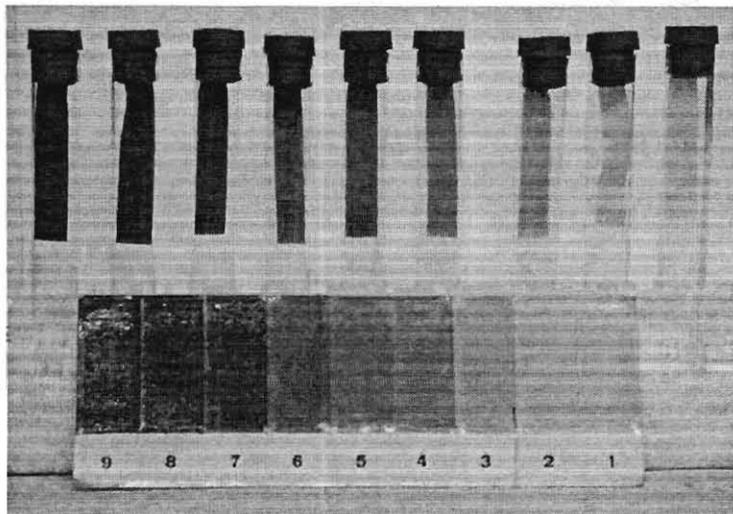
- **Equipo**

1. Tubos de ensayo de 15 ml con tapa ( no tapa rosca)
2. Papel de Filtro Whatman #1
3. Balanza para pesos en gramos
4. Cuchillo
5. Tabla para cortar muestras
6. Gradillas para tubos
7. Recipiente de plástico o de acero inoxidable para solución de Picrato-Alcalino

8. Gotero
9. Pinza de acero inoxidable
10. Tijeras
11. Caja de pañuelos faciales desechables

• **Procedimiento**

1. Cortar tiras de papel filtro Whatman #1 de 1cm de ancho por 6 CMS de largo.
2. Sumergir las tiras de papel en la solución de picrato alcalino hasta que queden bien impregnadas de ella, y colocar a escurrir para evitar exceso de solución.
  - A. Colocar 1 g de muestra en el fondo del tubo de ensayo
  - B. Añadir 5 gotas de tolueno.
3. Inmediatamente colocar la tira de papel de filtro saturada con la solución de picrato alcalino y sostener con la tapa. Evitar el contacto de la tira de papel con las paredes del tubo y que quede fuera de este.
4. Dejar a temperatura ambiente por 24 horas.
5. Hacer lectura y evaluar según escala de 1-9 de acuerdo a la intensidad de color rojo adquirida por la tira de papel (A mayor intensidad de color rojo, mayor contenido de HCN en la muestra).



**Figura A 8.1:** Escala de colores que sirve de base para establecer el criterio de cianuro



**NOTA:** Es importante limpiar con pañuelos desechables entre cada muestreo los implementos que entran en contacto con las muestras, con el fin de evitar alteraciones en las muestras sub-siguientes.

La aproximación de los contenidos de HCN en la raíz es la siguiente:

<b>Escala</b>	<b>Contenido de HCN (ppm)</b>
1	< 10
2	10-15
3	15-25
4	25-40
5	40-60
6	60-85
7	85-115
8	115-150
9	> 150

#### **IV. Referencia**

Williams, H. J. and T. G. Edwards. 1980. Estimation of Cyanide with Alkaline Picrate. J. Sci. Food Agric. 31: 15-22



Anexos

A 35





## Anexo 8.2

# Determinación de la humedad de las Raíces frescas de yuca por el Método de la gravedad específica<sup>1</sup>

*Julio César Toro\* y Alonso Cañas\*\**

El porcentaje de materia seca (M.S.,%) y el contenido de almidón de las raíces de yuca se denominan comúnmente factores de calidad y varían mucho entre las diversas variedades de yuca. Se ha observado que estos factores están muy ligados con el contenido de potasio del suelo, con la edad del cultivo y con el clima (principalmente, las lluvias y la humedad del suelo). Dependen también mucho de la severidad del ataque de las plagas defoliadoras (trips, gusano cachón) y de otros agentes defoliadores, como el granizo (Celis y Cadavid L, comunicación personal).

Si se desea calcular, al momento de la cosecha, el rendimiento de M.S. de las raíces a partir del rendimiento de raíces frescas (RRF), se emplean los métodos siguientes:

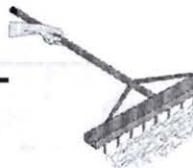
- Métodos convencionales de **laboratorio** que requieren mucho trabajo y tiempo. Un **hidrómetro** similar al que se emplea en los tubérculos de papa; al parecer, puede adaptarse a las raíces de yuca (Guillermo Gómez, comunicación personal).
- Método de la **gravedad específica** de las raíces, aplicado desde que se comprobó una relación entre ese parámetro y los contenidos de M.S. y de almidón de la raíz.

La determinación de la gravedad específica (GE) es bastante sencilla; por tanto, esta práctica es útil y está al alcance del agricultor en su finca o de una empresa procesadora de yuca que produzca harina o almidón.

### ***Elementos para determinar la GE***

El método requiere los siguientes elementos:

<sup>1</sup> Tomado fielmente del libro "La Yuca en el Tercer Milenio". Capítulo 22, Mayo 2002



- Una balanza de brazo que pese hasta 3 kg, de gramo en gramo, y que tenga divisiones en decigramos.
- Un recipiente que pueda contener suficiente agua para que la muestra quede sumergida.
- Una canastilla de malla metálica, de base cuadrada y con capacidad para cargar 3 kg de raíces de yuca.
- Varias bolsas (plásticas o de papel) que puedan contener 3 kg de yuca.
- Hilo o cuerda de material plástico o nylon (2 m).
- Un gancho de alambre en forma de S.
- Una tabla (a modo de mesa) para colocar la balanza, con una perforación (0 5 cm) justo debajo del plato de pesaje de la balanza; sus dimensiones pueden ser 25 x 60 cm.
- Un marco para la tabla, con cuatro patas. El lado corto puede ser de 50 cm y el de más longitud de 73 cm.
- Un lápiz o un marcador de tinta permanente.
- Un machete o una espátula de madera.

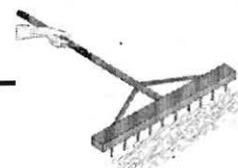
### ***Operaciones del método de toma de las muestras***

Se recomienda tomar muestras de raíces recién cosechadas en el campo. Se toman 3 ó

4 muestras por variedad o lote, cuidando de que sean representativas, es decir, que incluyan raíces grandes y pequeñas, gruesas y delgadas. Cada muestra debe pesar más de 3 kg. Las raíces se limpian con el lomo de un machete o con una espátula de madera y se les cortan las raicillas y el pedúnculo. Se empacan luego en bolsas previamente marcadas y se llevan al sitio donde se harán las mediciones. Este sitio debe estar libre de corrientes de aire, ya que éstas afectan la lectura de la balanza.

### ***Peso fresco de raíces en el aire (PFRAi)***

Se pesa la muestra de cada bolsa en forma individual. Es aconsejable que el PFRAi sea inferior a 3.0 kg (Figura 22-26A). Esta relativa uniformidad del peso ayuda a corregir una lectura errónea posible, ya que si se observa gran dispersión en el registro, se repite el pesaje de la muestra para verificar su peso inmediatamente. Si el peso de las muestras no es variable, no será necesaria esta repetición. Una vez obtenido el PFRAi, se empaca nuevamente la



muestra en su bolsa. No es necesario que las raíces de cada muestra estén enteras.

### **Peso fresco de raíces en el agua (PFRAg)**

En un recipiente lleno de agua se introduce la canastilla de malla metálica atada a la cuerda de nylon, de modo que quede bien equilibrada. El otro extremo de la cuerda se ata al gancho y éste, a su vez, se cuelga (por su rizo superior) del extremo inferior del eje de la balanza que ha pasado hacia abajo por la perforación de la tabla (Figura 22-26B). La canastilla debe quedar totalmente sumergida y ni ésta ni la cuerda pueden rozar ningún objeto.

Realizada esta operación, se tara la balanza en cero (para eliminar el peso de los elementos mencionados) y se coloca luego la muestra de raíces en la canastilla (Figura 22-26C). Una vista general del equipo en la operación del peso en agua se aprecia en la Figura 22-26D). El PFRAg se anota al frente de su respectivo PFRAi. Una vez obtenido el peso de todas las muestras, se calcula la GE en cada caso empleando la siguiente fórmula:

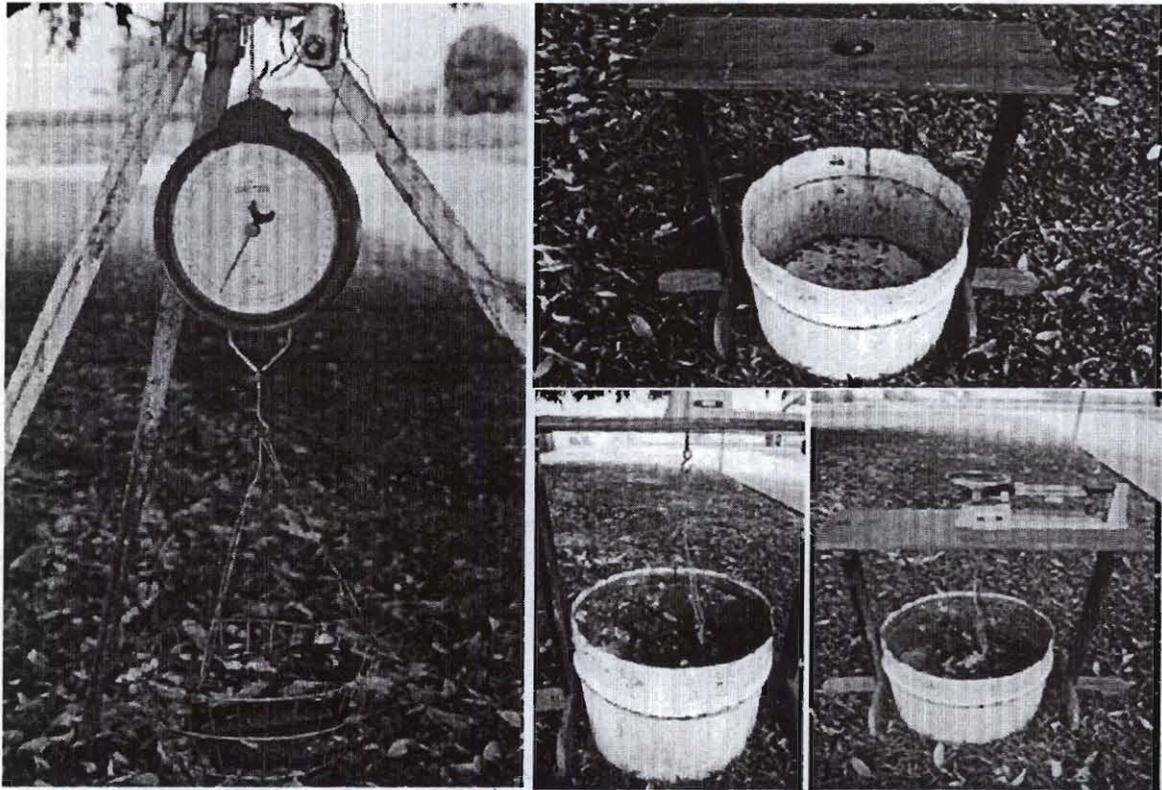
PFRAi

$$GE_y = \frac{\text{PFRAi}}{\text{PFRAi} - \text{PFRAg}} \quad (1)$$

El resultado debe tener 4 cifras decimales. La Tabla 22-1 se elaboró (Wania G. Fukuda, en Toro y Cañas, 1983) para obtener el porcentaje de M.S. de la raíz de yuca partiendo de su gravedad específica (densidad, en la tabla); la tabla original fue ampliada posteriormente con nuevas entradas y va desde el valor 1.0200 hasta el 1.1900 de densidad. La siguiente ecuación de regresión permitió desarrollar la Tabla 22-1.

$$\text{M.S.,\%} = 158.26 (GE) - 142.05 \quad (2)$$

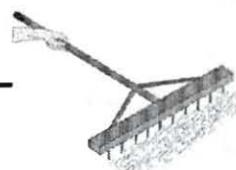
Estas tablas se aplican a variedades de yuca cosechadas después de 10 a 12 meses de



**Figura A 8.2:** Procedimiento para medir el peso en el aire (PFRAi) y el peso en agua (PFRAg) de la yuca. Con esos datos se calcula la gravedad específica y se obtiene luego en una tabla el porcentaje de MS de las raíces de la muestra empleada. (A) Balanza peso en aire. (B) Tabla, orificio, soporte y recipiente para el agua. (C) Balanza, cuerda, gancho y canastilla con yucas. (D) Vista general del equipo tomando el peso en agua.

**Cuadro A8.2. Determinación del contenido de materia seca (M.S.,%) en las raíces de yuca empleando el método de la gravedad específica (densidad). Fuente: CIAT 1978**

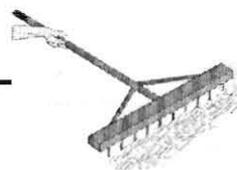
Densidad (GE)	M.S. (%)	Densidad (GE)	M.S. (%)	Densidad (GE)	M.S. (%)
1.0200	19.53	1.0255	20.39	1.0310	21.25
05	19.61	60	20.47	15	21.33
10	19.69	65	20.54	20	21.40
15	19.76	70	20.62	25	21.48



Densidad (GE)	M.S. (%)	Densidad (GE)	M.S. (%)	Densidad (GE)	M.S. (%)
20	19.84	75	20.70	30	21.56
25	19.92	80	20.78	35	21.64
30	20.00	85	20.86	40	21.72
35	20.08	90	20.93	45	21.79
40	20.15	95	21.01	50	21.87
45	20.23	1.0300	21.09	55	21.95
50	20.31	05	21.17	60	22.03
1.0365	22.11	1.0595	25.70	1.0820	29.22
70	22.18	1.0600	25.78	25	29.30
75	22.26	05	25.86	30	29.37
80	22.34	10	25.93	35	29.45
85	22.42	15	26.01	40	29.53
90	22.50	20	26.09	45	29.61
95	22.57	25	26.17	50	29.69
1.0400	22.65	30	26.25	55	29.77
05	22.73	35	26.32	60	29.84
10	22.81	40	26.40	65	29.92
15	22.89	45	26.48	70	30.00
20	22.97	50	26.56	75	30.08
25	23.04	55	26.64	80	30.16
30	23.12	60	26.71	85	30.23
35	23.20	65	26.79	90	30.31
40	23.28	70	26.87	95	30.39
45	23.36	75	26.95	1.0900	30.47
50	23.43	80	27.03	05	30.55
55	23.51	85	27.10	10	30.62
60	23.59	90	27.18	15	30.70
65	23.67	95	27.26	20	30.78
70	23.75	1.0700	27.34	25	30.86
75	23.82	05	27.42	30	30.94
80	23.90	10	27.50	35	31.01
85	23.98	15	27.57	40	31.09
90	24.06	20	27.65	45	31.17
95	24.14	25	27.73	50	31.25
1.0500	24.22	30	27.81	55	31.33
05	24.29	35	27.89	60	31.41
10	24.37	40	27.96	65	31.48
15	24.45	45	28.04	70	31.56
20	24.53	50	28.12	75	31.64
25	24.61	55	28.20	80	31.72
30	24.68	60	28.28	85	31.80
35	24.76	65	28.35	90	31.87



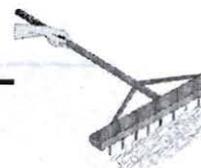
Densidad (GE)	M.S. (%)	Densidad (GE)	M.S. (%)	Densidad (GE)	M.S. (%)
40	24.84	70	28.43	95	31.95
45	24.92	75	28.51	1.1000	32.03
50	25.00	80	28.59	05	32.11
55	25.07	85	28.67	10	32.19
60	25.15	90	28.74	15	32.26
65	25.23	95	28.82	20	32.34
70	25.31	1.0800	28.90	25	32.42
75	25.39	05	28.98	30	32.50
80	25.46	10	29.06	35	32.58
85	25.54	15	29.14	40	32.65
90	25.62	1.1280	36.40	45	32.73
1.1050	32.81	85	36.48	1.1510	39.99
55	32.89	90	36.55	15	40.07
60	32.97	95	36.63	20	40.15
65	33.05	1.1300	36.71	25	40.23
70	33.12	05	36.79	30	40.30
75	33.20	10	36.87	35	40.38
80	33.28	15	36.95	40	40.46
85	33.36	20	37.02	45	40.54
90	33.44	25	37.10	50	40.62
95	33.51	30	37.18	55	40.69
1.1100	33.59	35	37.26	60	40.77
05	33.67	40	37.34	65	40.85
10	33.75	45	37.41	70	40.93
15	33.83	50	37.49	75	41.01
20	33.90	55	37.57	80	41.08
25	33.98	60	37.65	85	41.16
30	34.06	65	37.73	90	41.24
35	34.14	70	37.80	95	41.32
40	34.22	75	37.88	1.1600	41.40
45	34.29	80	37.96	05	41.48
50	34.37	85	38.04	10	41.55
55	34.45	90	38.12	15	41.63
60	34.53	95	38.19	20	41.71
65	34.61	1.1400	38.27	25	41.79
70	34.69	05	38.35	30	41.87
75	34.76	10	38.43	35	41.94
80	34.84	15	38.51	40	42.02
85	34.92	20	38.59	45	42.10
90	35.00	25	38.66	50	42.18
95	35.08	30	38.74	55	42.26
1.1200	35.15	35	38.82	60	42.33



Densidad (GE)	M.S. (%)	Densidad (GE)	M.S. (%)	Densidad (GE)	M.S. (%)
05	35.23	40	38.90	65	42.41
10	35.31	45	38.98	70	42.49
15	35.39	50	39.05	75	42.57
20	35.46	55	39.13	80	42.65
25	35.54	60	39.21	85	42.72
30	35.62	65	39.29	90	42.80
35	35.70	70	39.37	95	42.88
40	35.77	75	39.44	1.1700	42.96
45	33.85	80	39.52	05	43.04
50	35.93	85	39.60	10	43.12
55	36.01	90	39.68	15	43.19
60	36.09	95	39.76	20	43.27
65	36.16	1.1500	39.84	25	43.35
70	36.24	05	39.91	30	43.43
75	36.32	1.1795	44.45	35	43.51
1.1740	43.59	1.1800	44.52	1.1850	45.30
45	43.66	05	44.60	55	45.38
50	43.74	10	44.68	60	45.46
55	43.82	15	44.76	65	45.54
60	43.90	20	44.83	70	45.61
65	43.98	25	44.91	75	45.69
70	44.06	30	44.99	80	45.77
75	44.13	35	45.07	85	45.85
80	44.21	40	45.15	90	45.93
85	44.29	45	45.22	95	46.00
90	44.37			1.1900	46.08

**Cuadro A8.2-2. Cálculo del contenido de materia seca (M.S., %) de las raíces de yuca partiendo solamente del peso en agua de la muestra de raíces (PFRag)**

PFRag	M.S. (%)	PFRag	M.S. (%)
58.8	20	296.0	34
77.	21	311.8	35
95.8	22	327.4	36
112.6	23	342.8	37
130.6	24	359.0	38



PFRAg	M.S. (%)	PFRAg	M.S. (%)
148.3	25	371.9	391
165.8	26	386.7	40
183.1	27	401.5	41
198.9	28	416.0	42
215.8	29	430.4	43
232.5	30	443.5	44
248.9	31	456.7	45
265.2	32	471.6	46
280.1	33	—	—

a. Se supone un peso en aire de cada muestra (PFRAi) igual a 3000 g. Se aplica indirectamente el método de la gravedad específica. FUENTE: CIAT, 1979.

El Cuadro A 8.2-1 se usó para elaborar otro más resumido (Cuadro A 8.2 - 2), que permite hallar los valores M.S. (%) de ;a raíz más usuales (entre 20% y 46%) conociendo sólo el PFRAg correspondiente; éste se expresa en gramos y lleva sólo una cifra decimal. Se toma un PFRAi de 3.0 Kg. porque permite resumir la tabla y da más seguridad en la lectura del PFRAg. Se ha comprobado, en efecto, que una variación de 16.7 g en el PFRAg hace variar en 1% el contenido de M.S. (Cours, 1951).

La determinación del contenido de M.S. (%) de las raíces de yuca mediante el método de la GE es una práctica que puede adoptarse fácilmente y que resulta muy útil para identificar variedades de yuca que tengan mayor contenido de M.S.

### Bibliografía

- Best R. 1979. Secamiento de la yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 24 p.
- Best R; Gómez G. 1983. Procesamiento de las raíces de yuca para alimentación animal. En: Domínguez C (comp.). Yuca: Investigación, producción y utilización. Programa de Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 513-538.



CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Secado natural de raíces de yuca en pisos de concreto. Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Rupert Best y Bernardo Ospina. Cali, Colombia. 48 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1979. Manual de producción de yuca. Cali, Colombia. (Mecanografiado.)

CIAT (Centro internacional de Agricultura Tropical). 1978. Método para la determinación del contenido de materia seca y almidón en la yuca por el sistema de gravedad específica. En: CIAT. Curso de producción de yuca. Cali, Colombia. v. 1, p. 352-356.

CIAT (Centro internacional de Agricultura Tropical). 1978. Métodos usados en el CIAT para la determinación de carbohidratos, almidones y azúcares en yuca. En: CIAT. Curso de Producción de Yuca. Cali, Colombia. v. 1, p. 416-420.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1976. Cassava production systems; Annual report 1976. Cali, Colombia. 76 p.

Cours G. 1951. Le manioc á Madagascar. En: Memoirs de l'institute Scientifique de Madagascar. Biologie Végétale 3(2):203-416.

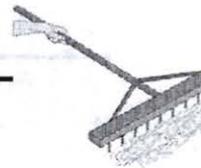
Grossman J; Freitas AC. 1950. Determinação do teor de materia seca pelo peso específico em raízes de mandioca. Revista Agronômica (Porto Alegre, Brasil) 14:5-80.

Herrera C A; Arias CA; Muñoz H. 1983. Guía para la construcción de una trozadora de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 35 p.

rochmal A; Kilbride B. 1966. An inexpensive laboratory method for cassava starch extraction. Journal of Agriculture (Puerto Rico) 50(3):252-253.

Ospina B; Best R. 1984. Manual de construcción y operación de una planta de secado natural de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 41 p.

Ospina B; Best R. 1986. Secado natural de yuca para la alimentación animal: Una nueva agroindustria en Colombia. Trabajo presentado en el IV Congreso



Brasileiro de Mandioca, Balneario Cambeario, Santa Catarina, Brasil, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 18 p.

Ospina B; Gómez G; Best R. 1983. El secado de la yuca para la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 12 p.

Toro JC; Cañas A. 1983. Determinación del contenido de materia seca y almidón en yuca por el sistema de gravedad específica. En: Domínguez C (comp.). Yuca: Investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 567-575.



## Anexo 8.3

# Método para diferenciar la presencia de aflatoxinas de la escopoletina en Raíces frescas o procesadas de yuca

### Introducción.

Las aflatoxinas son sustancias tóxicas producidas por cepas del hongo *Aspergillus flavus*. Bajo condiciones climáticas del trópico pueden presentarse fácilmente en productos agrícolas tales como la yuca fresca o la procesada, convirtiéndose en un grave problema que tiene preocupada a la industria yuquera.

La presencia de aflatoxina en yuca puede determinarse rápidamente con luz ultravioleta, la cual advierte la presencia de ellas produciendo una fluorescencia azul o verde, según el componente de las aflatoxinas.

Después de la cosecha de la yuca, en las raíces comienzan a sucederse cambios bioquímicos como la aparición de un compuesto fenólico llamado escopoletina que es el responsable del deterioro fisiológico que sufre la yuca después de la cosecha.

La escopoletina es un compuesto que si bien afecta la calidad de las raíces, no es tóxico y que, al exponerse a la luz ultravioleta produce una fluorescencia similar a la observada en productos contaminados con el componente B1 de las aflatoxinas, el cual se presenta con mayor frecuencia.

Presionados por esta confusión que se ha presentado se logró establecer un método rápido y sencillo para determinar la presencia de la escopoletina.

### Materiales.

- Muestra a determinar.
- Agua destilada.
- Papel de filtro.
- Caja petri.
- Lámpara de luz ultravioleta.
- Cámara de vidrio.



- Yodo metálico.
- Soporte de vidrio.
- Mascarilla.
- Guantes plásticos.

#### Procedimientos y resultados.

1. Se toma la muestra y se hace un pequeño lavado con agua destilada.
2. Se coloca la muestra sobre el papel de filtro que está depositado en la caja petri.
3. Al cabo de las 24 horas, se toma la muestra y el papel filtro y se exponen a la luz ultravioleta: si la fluorescencia aparece en el papel y en la muestra, ésta última se puede desechar y se debe seguir con el papel los pasos que a continuación se describen.

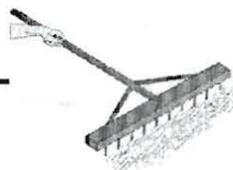
En la cámara de vidrio se vierte el yodo y se coloca el soporte para la muestra o el papel: la persona que realiza esta labor debe llevar puestos guantes plásticos y la mascarilla para evitar al máximo el contacto directo con el yodo. La muestra o el papel deben colocarse sobre el soporte de vidrio procediendo después a tapan la cámara.

Dentro de la cámara se deja la muestra o el papel durante 5 minutos, al cabo de los cuales se procede a hacer la observación bajo la luz ultravioleta. Si el papel está húmedo antes de exponerlo a la luz, es recomendable dejarlo secar para que el revelado sea más nítido.

Al observar el papel, la detección de una mancha oscura o negra indica la presencia de escopoletina, la persistencia de la fluorescencia azul intensa corrobora la contaminación con aflatoxinas.

#### **Nota.**

Si el revelado no es muy nítido se aconseja volver a poner el papel en la cámara de yodo durante otros cinco minutos.



## Anexo 8.4

### Métodos para determinar humedad en yuca seca

- **Horno de ventilación forzada.**

Los hornos de ventilación forzada son equipos confiables para la medición de humedad en muestras de diferentes productos agrícolas, tales como la yuca, tanto fresca como en trozos secos.

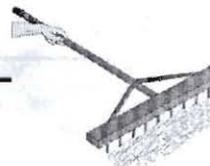
En yuca se ha empleado este método del horno con temperaturas iguales o superiores a 100°C para períodos de tiempo entre 3 y 5 horas; sin embargo, muchas veces, se prefieren temperaturas más bajas (60-70 °C) durante tiempos más largos (mayores a 12 horas), para evitar las pérdidas de material por calcinación que sucede con la aplicación de altas temperaturas. Si no se tiene en cuenta este fenómeno que sucede, sobre todo en yuca fresca, las pérdidas del material se toman como agua que ha sido evaporada, obteniéndose valores mucho más altos de humedad.

La muestra se seca a 65°C durante 12 horas aproximadamente, tiempo en el cual se alcanza un peso constante. Para llevar a cabo esta determinación de humedad se requiere una balanza de precisión de 0.1 gramo, el horno con ventilación forzada y un desecador de sílice gel, dispositivo que se utiliza para permitir el enfriamiento de las muestras hasta la temperatura ambiente.

El tamaño de la muestra puede variar entre 5 a 20 gramos, dependiendo de la capacidad del horno y del tamaño de las bandejas o recipientes que se tengan para portar las muestras. Lo importante, es que las muestras tengan un tamaño lo suficientemente pequeño para permitir el secado rápido, dentro de las 12 horas establecidas. Generalmente, las personas dejan las muestras durante 24 horas para estandarizar el método.

La humedad de la muestra se calcula como sigue:

$$\text{Humedad (base húmeda, \%)} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final}}{\text{Peso inicial} - \text{peso del recipiente}} \times 100$$

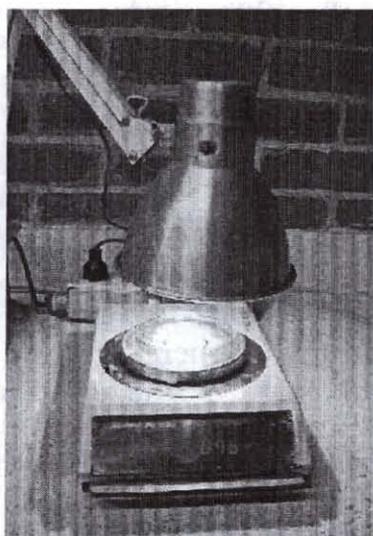


• **Lámparas Infrarrojas.**

Existen actualmente en el comercio de algunos países varios equipos que operan con este tipo de lámparas y además, traen incorporadas balanzas de gran precisión que registran automáticamente el contenido de humedad.

El equipo que se ha adaptado para las pequeñas empresas productoras de yuca seca se compone de los siguientes elementos (Figura A.1):

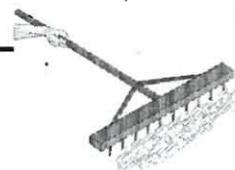
- Soporte de lámparas para mesa de dibujo con brazo escualizable.
- Lámpara infrarroja General Electric de 250W – 115V.
- Vaso portalámparas de tamaño grande para alojar la lámpara anterior.
- Portalámparas de cerámica para resistir altas temperaturas.
- Reóstato para variar el amperaje
- Balanza con precisión de 0.1 gramos.



**Figura A8.4:** Lámpara infrarroja

Las condiciones de operación de este equipo práctico son las siguientes:

- Cantidad de muestra: 10 gramos de trozos muy pequeños o harina preferiblemente.
- Tiempo de operación: 14 minutos.
- Amperaje controlado: 1.86 amperios.
- Distancia del extremo inferior de la lámpara a la superficie de la muestra: 10cm.
- Material del recipiente que contiene la muestra: metal o pirex.



## Anexo 8.5

### Cálculo del factor de conversión de raíces frescas de yuca a trozos secos

Relación entre el factor de conversión y la gravedad específica

Se tienen dos muestras de yuca que pesan, inicialmente cada una 100 g. Se calcula el factor de conversión cuando ellas se llevan a un contenido de humedad del 12%

**Cuadro A8.5-1:** Muestra uno

Densidad	% MS	% AL
20	21.40	19.56
25	21.48	19.64
1.0330	21.56	19.71
35	21.64	19.79
40	21.72	19.86

**PFAI** = 3200.3g

**PFAG** = 102.4 g

**G.E** = 1.0330

Mediante la tabla de arriba o con la fórmula calculamos

**MS** : 21.56 % y

**CH** = 78.44%

**Cuadro A8.5-2:** Muestra dos

Densidad	%MS	%AL
95	42.88	40.55
1.1700	42.96	40.63
05	43.04	40.70
10	43.12	40.78
15	43.19	40.86

**PFAI**= 3102.5 g

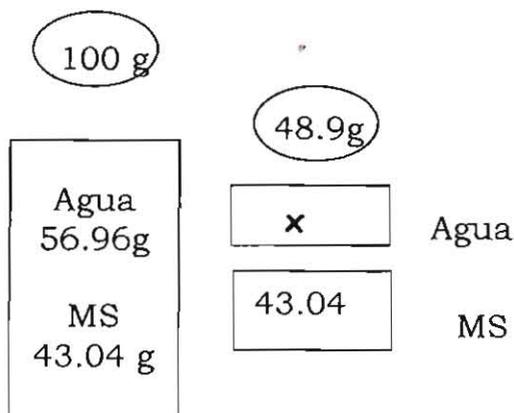
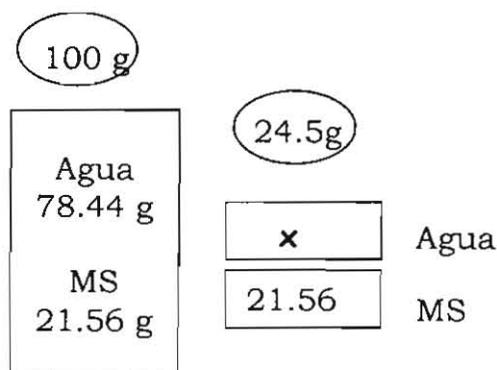
**PFAG**= 451.9 g

**G.E** = 1.1705

Mediante la tabla de arriba o con la fórmula calculamos

**M.S** = 43.04 %

**CH** = 56.96





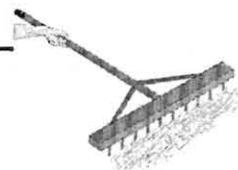
$$0.12 = \frac{x}{43.04 + x} \quad \mathbf{X = 5.86 \text{ g}}$$

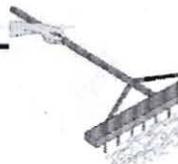
Peso final de la muestra seca:  
 $43.04\text{g} + 5.86\text{g} = 48.9\text{g}$   
 Luego, el factor de conversion es  
 $\mathbf{Fc = 100 \text{ g} / 48.9 \text{ g} = 2.045}$

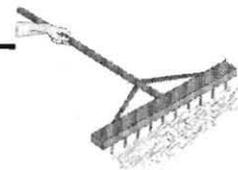
$$0.12 = \frac{x}{21.56 + x} \quad \mathbf{X = 2.94 \text{ g}}$$

Peso final de la muestra seca:  
 $21.56\text{g} + 2.94\text{g} = 24.5\text{g}$   
 Luego, el factor de conversion es:  
 $\mathbf{Fc=100\text{g} / 24.5\text{g} = 4.08}$

Gravedad específica (g/ cm <sup>3</sup> )	1.0330	1.1190	1.1705
Contenido humedad (% b.h)	78.40	65.00	57.00
Factor de conversión	4	2.5	2







## Anexo 8.6

### Formato para el control de calidad de las raíces frescas

**Fecha :**

**Propietario:**

**Bultos (número):**      **Peso(Kg):**

**Precio sugerido (\$ por tonelada de yuca):**

**Peso de la muestra para realizar los análisis:**

Columna	1	2	3	4	5
Item	Valores	(%)	Norma	Rechazo (%)	Calificación
Variedad(nombre)					
Contenido de cianuro (ppm) <sup>1</sup>			800		
Raíces con deterioro(kg)			3.0	10.0	
Raíces pequeñas (kg) <sup>2</sup>			15.0	renegocio	
Materiales extraños(kg) <sup>3</sup>			3.0	10.0	
Raíces con ataques de plagas			10.0	10.0	
Sumatoria (kg) <sup>4</sup>			7.5	16	
Contenido de humedad (%) <sup>5</sup>	formato		65.0	renegocio	

<sup>1</sup> Medido por el método del picrato

<sup>2</sup> Raíces pequeñas o raicillas

<sup>3</sup> Leña, tierra y tocones

<sup>4</sup> Suma de los porcentajes de raíces con deterioro y plagas con materiales extraños

<sup>5</sup> Ver el siguiente formato para determinar gravedad específica

### Formato para determinar la gravedad específica de muestras de yuca

**Fecha:**

**Propietario:**

**Número de muestras:**



Muestra (no)	Peso aire (g)	Peso agua (g)	Gravedad específica	Materia seca (%)	Contenido humedad (%)
1					
2					
3					
<b>Promedio</b>					