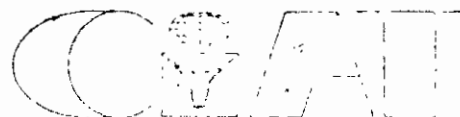


HD  
9235  
.C3  
P77



BIBLIOTECA

013J41

**PROYECTO DE  
"PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA PARA  
CONSUMO HUMANO"**

**INFORME FINAL**

**FASE DE PROYECTO PILOTO  
(JUNIO 1989 - DICIEMBRE 1991)**

**VOLUMEN 2: INFORMES COMPLETOS 1 - 9**



**UN PROYECTO FINANCIADO POR EL CIID**

**INSTITUCIONES PARTICIPANTES:**

**CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)  
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FONDO DE DESARROLLO RURAL INTEGRADO (DRI)**

**EDITORES: C. OSTERTAG Y C. WHEATLEY**

**ABRIL 1992**

## CONTENIDO

### **INFORME 1. ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTA PILOTO (Carlos Ostertag y Miguel A. Viera)**

- 1.1 CARACTERISTICAS DEL DISEÑO ORIGINAL DE LA PLANTA PILOTO
- 1.2 CRITERIOS Y EJERCICIO DE SELECCION DEL SITIO
- 1.3 MODIFICACION DEL DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO
- 1.4 ESTUDIOS DE INGENIERIA
- 1.5 CONSTRUCCION Y COSTOS
- 1.6 DISEÑO, CONSTRUCCION Y COSTOS DE EQUIPOS
- 1.7 ORGANIZACION DE LA PLANTA PILOTO DENTRO DE LA ESTRUCTURA DE LA COOPERATIVA
- 1.8 CAPACITACION DEL PERSONAL DE LA PLANTA
- 1.9 APOYO INSTITUCIONAL INICIAL
- 1.10 ARRANQUE DE LA PLANTA
- 1.11 OPERACION DE LA PLANTA DURANTE 1990
- 1.12 SUMINISTRO DE AGUA

### **INFORME 2. OPERACION DE LA PLANTA DURANTE 1991 (Carlos Ostertag y Miguel A. Viera)**

- 2.1 ASPECTOS GENERALES
- 2.2 CAPACITACION DEL PERSONAL DE LA PLANTA
- 2.3 MATERIA PRIMA
  - 2.3.1 SUMINISTRO
  - 2.3.2 ESTACIONALIDAD
  - 2.3.3 PRECIOS
  - 2.3.4 CALIDAD
- 2.4 PROCESAMIENTO
  - 2.4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO
  - 2.4.2 PARAMETROS DE PROCESAMIENTO
  - 2.4.3 COSTOS DE PROCESAMIENTO
  - 2.4.4 DESEMPEÑO DE EQUIPOS Y CAMBIOS IMPLEMENTADOS
  - 2.4.5 REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES DE LA PLANTA
  - 2.4.6 UTILIZACION DE CAPACIDAD
  - 2.4.7 CONTROL DE CALIDAD
  - 2.4.8 ANALISIS DE LAS FUENTES DE CALOR
  - 2.4.9 EVALUACION GENERAL DEL PROCESO
  - 2.4.10 PROPUESTA DE FLUJO DE OPERACIONES

## CONTENIDO

### **INFORME 3. PRODUCCION DE HARINA DE YUCA REFINADA EN EL MOLINO DE TRIGO EN MEDELLIN (Carlos Ostertag)**

- 3.1 INTRODUCCION
- 3.2 COSTO DE TRANSPORTE
- 3.3 MOLIENDA
- 3.4 ASPECTOS DE CALIDAD

### **INFORME 4. ASPECTOS DE MERCADEO (Carlos Ostertag)**

- 4.1 INVESTIGACION DE MERCADOS
- 4.2 CUANTIFICACION DE LA DEMANDA POTENCIAL
- 4.3 PROMOCION A CLIENTES EN MEDELLIN
- 4.4 RETROALIMENTACION POR PARTE DE CLIENTES
- 4.5 CANALES DE DISTRIBUCION PROPUESTOS
- 4.6 DESARROLLO DEL PRODUCTO
- 4.7 MERCADEO DE SUBPRODUCTOS
- 4.8 POLITICA DE PRECIOS

### **INFORME 5. ASPECTOS ORGANIZACIONALES (Carlos Ostertag y Miguel A. Viera)**

- 5.1 ASPECTOS CRITICOS DE LA GESTION
- 5.2 ORGANIZACION DE LA PLANTA DE HARINA DE YUCA
- 5.3 REQUERIMIENTOS DE CAPACITACION

### **INFORME 6. INVESTIGACION DE APOYO**

- 6.1 MEJORAMIENTO DE EQUIPOS (Adolfo L. Gómez-UNIVALLE)
- 6.2 DIAGNOSTICO PARA MEJORAMIENTO DEL PROCESO Y CALIDAD DEL PRODUCTO (David Trim y Peter Wareing NRI de Inglaterra).  
Traducido por Carlos Ostertag.
- 6.3 EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE REDUCCION DE TAMAÑO DE TROZOS DE YUCA Y SEPARACION DE HARINAS ORIENTADAS HACIA EL DISEÑO DE UN EQUIPO PRODUCTOR DE HARINA REFINADA DE YUCA DE 200 A 300 KG/H. (Lisímaco Alonso-CIAT, Alejandro Fernández-UNIVALLE, y Carlos Vélez-UNIVALLE)

## CONTENIDO

- 6.4 CALIDAD DE PRODUCTOS SECOS DE YUCA DURANTE SU ALMACENAMIENTO PROLONGADO (Alejandro Fernández-UNIVALLE, Carlos Vélez-UNIVALLE y Lisimaco Alonso-CIAT)
- 6.5 DESARROLLO DE SISTEMAS DE MEDICION DE HUMEDAD (Lisimaco Alonso-CIAT, Alejandro Fernández-UNIVALLE, y Carlos Vélez-UNIVALLE)
- 6.6 CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE HARINA COMESTIBLE DE YUCA DE DIFERENTES VARIETADES (Aida de Stouvenell-UNIVALLE)
- 6.7 EVALUACION DE PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINA COMESTIBLE DE YUCA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS (Aida de Stouvenell-UNIVALLE)

### **INFORME 7. DOS AÑOS DE EXPERIENCIA CON PARCELAS DE PREPRODUCCION EN LA COSTA NORTE DE COLOMBIA (Jaime F. Sánchez, José M. Martelo, y Raúl A. Moreno)**

- 7.1 RENDIMIENTOS DE CULTIVOS EN LAS PARCELAS DE PREPRODUCCION
- 7.2 DESCRIPCION CRONOLOGICA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION
- 7.3 COSTOS DE PRODUCCION Y USO DE INSUMOS
- 7.4 PERSPECTIVAS DE LAS PARCELAS DE PREPRODUCCION

### **INFORME 8. DESARROLLO Y APLICACION DEL MODELO FINANCIERO (Carlos Ostertag)**

- 8.1 INTRODUCCION
- 8.2 SELECCION DE PARAMETROS DE RENTABILIDAD
- 8.3 DECISIONES PRELIMINARES PARA EL DESARROLLO DEL MODELO FINANCIERO
- 8.4 COMPONENTES DEL MODELO
- 8.5 ANALISIS DE SENSIBILIDAD
- 8.6 COMPOSICION DEL PRECIO
- 8.7 RESULTADOS
- 8.8 EL MODELO Y LA TOMA DE DECISIONES

### **INFORME 9. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD (Carlos Ostertag, Christopher Wheatley y Miguel A. Viera)**

- 9.1 FACTIBILIDAD TECNICA
- 9.2 FACTIBILIDAD COMERCIAL

## **CONTENIDO**

- 9.3 FACTIBILIDAD DE AUTOGESTION
- 9.4 FACTIBILIDAD FINANCIERA
- 9.5 CONCLUSION GENERAL

# PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA FASE PROYECTO PILOTO

## INFORME 1. ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTA PILOTO

Por: Carlos Ostertag y Miguel Angel Viera

### 1.1 CARACTERISTICAS DEL DISEÑO ORIGINAL DE LA PLANTA PILOTO

El diseño original de la planta piloto se efectuó durante la primera fase de este proyecto y contemplaba una capacidad de una tonelada de producto final diaria, implementando un proceso de producción por tandas conformados por las operaciones de recepción de raíces, selección y adecuación, lavado, trozado, secado, premolienda, empaque y almacenamiento. Contemplaba dos tipos de secado, natural en bandejas inclinadas y artificial en capa fija.

El CUADRO 1 muestra el requerimiento espacial para la planta piloto, sumando 1421 m<sup>2</sup>. Cabe subrayar que el área para secado natural en bandejas inclinadas representaba 874 m<sup>2</sup>, o sea que se requerían 547 m<sup>2</sup> para las otras operaciones. Se proponía una bodega de 40 m<sup>2</sup>. La FIGURA 1 presenta un plano de las principales áreas propuestas para la planta piloto.

En la FIGURA 2 se presenta el diagrama de flujo del proceso. Los principales insumos eran raíces de yuca, carbón mineral, agua y electricidad.

La planta operaba con secado natural durante los meses de Diciembre a Abril y con secado artificial los meses restantes. Cuando operaba con secado natural, el requerimiento de mano de obra era de 26 horas-hombre/ton, o sea 3 operarios. En la operación con secado artificial, el requerimiento subía a 33 horas-hombre, o sea 4 operarios.

### 1.2 CRITERIOS Y EJERCICIO DE SELECCION DEL SITIO

El establecimiento de la planta piloto en la Costa Atlántica comenzó con la selección del sitio y la organización campesina coejecutora del proyecto. Los siguientes criterios se usaron para seleccionar un escenario apropiado para la planta piloto:

#### CRITERIOS SOBRE PRODUCCION DE YUCA

Disponibilidad de tierras: determinada por la existencia de organizaciones campesinas cuyos miembros sean pequeños propietarios de tierra, parceleros o adjudicatarios del INCORA y que preferencialmente sean usuarios del Proyecto Cooperativo DRI-CIAT.

Potencial para aumentar los rendimientos de la yuca: determinada por la existencia de investigaciones tanto del CIAT como del ICA sobre sistemas de cultivo, de manera que se tengan tecnologías adaptadas y que se conozcan las prácticas culturales de los campesinos.

## CRITERIOS RELACIONADOS CON EL PROCESAMIENTO

Disponibilidad de raíces de yuca: la determinan el volumen de producción, el precio de las raíces de yuca, la facilidad de captación y la incidencia del mercado fresco sobre la producción existente.

Potencial para obtener yuca durante la mayor parte del año: es importante que la región escogida tenga una alta producción de yuca disponible a nivel local y que sea accesible para la oferta de yuca de otras regiones.

Infraestructura de servicios: disponibilidad de agua, energía eléctrica, y estado de las vías.

### CUADRO 1. Resumen de la cantidad y tipo de área requerida por el proceso.

Tipo de área	Dimensiones			Área m <sup>2</sup>
	Largo m	Ancho m	Altura mínima del techo m	
Recepción	11	10	3	110
Almacenamiento de materia prima	5	5	3	25
Selección y adecuación, lavado y trozado	7	6	3	42
Secado natural:				
Patio de bandejas	38	23	-	874
Secado artificial:				
Secador de capa fija	20	5	3	100
Quemador de carbón	5	4	-	20
Depósito de carbón	6	5	3	30
Premolienda y empaque	7	3	4	20
Almacenamiento de producto final	10	4	4	40
Despacho	17	6	4	102
Oficinas	6	3	3	18
Baños	5	2	2	10
Almacenamiento de herramienta	6	5	4	30
Subtotal				1421
TOTAL (Margen de 40% para futuras expansiones)				2000

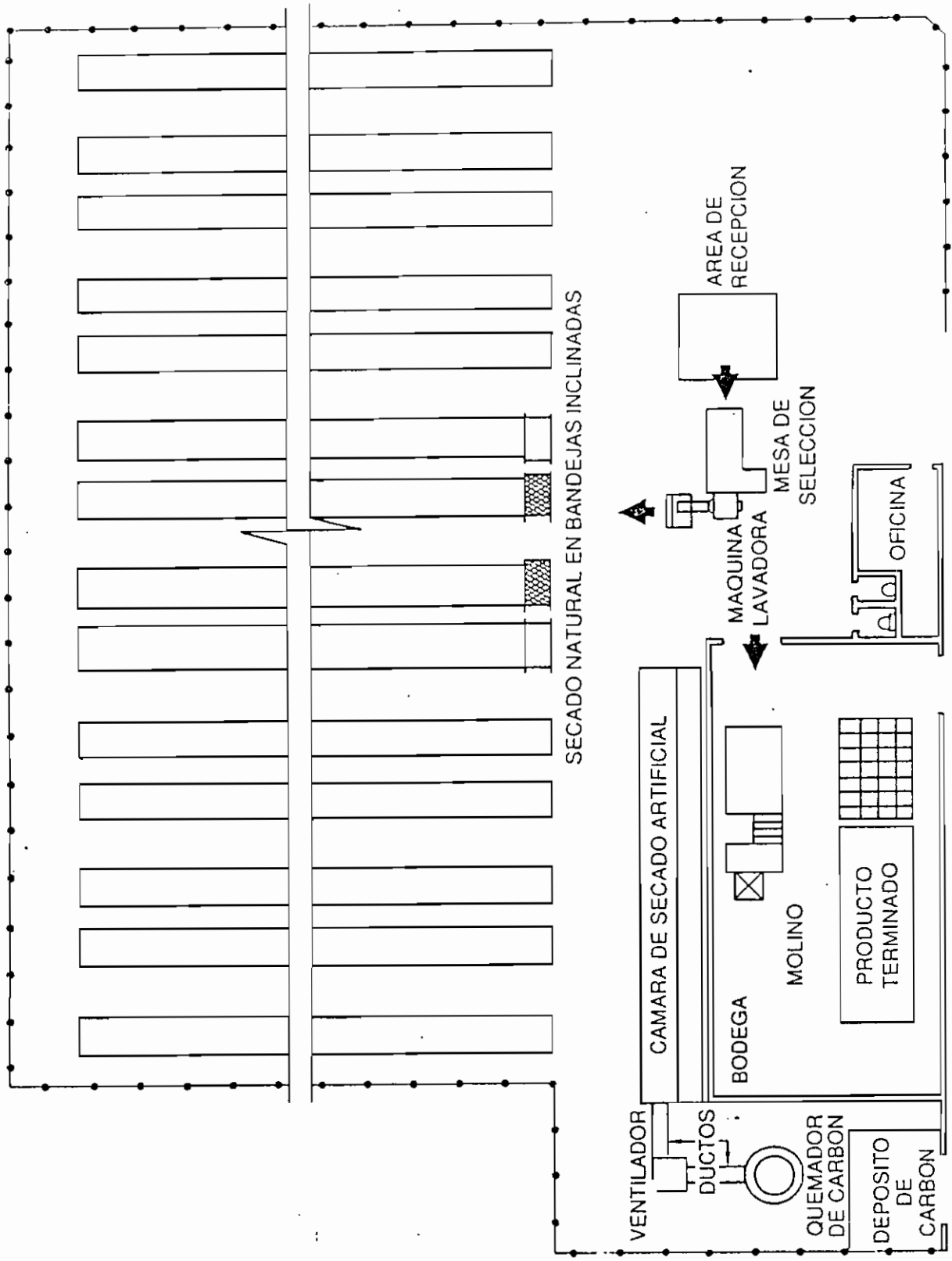


FIGURA 1. ...  
 DISTRIBUCION DE LA PLANTA PROPUESTA PARA PRODUCIR TROCITOS DE YUCA PREMOLIDOS SECOS



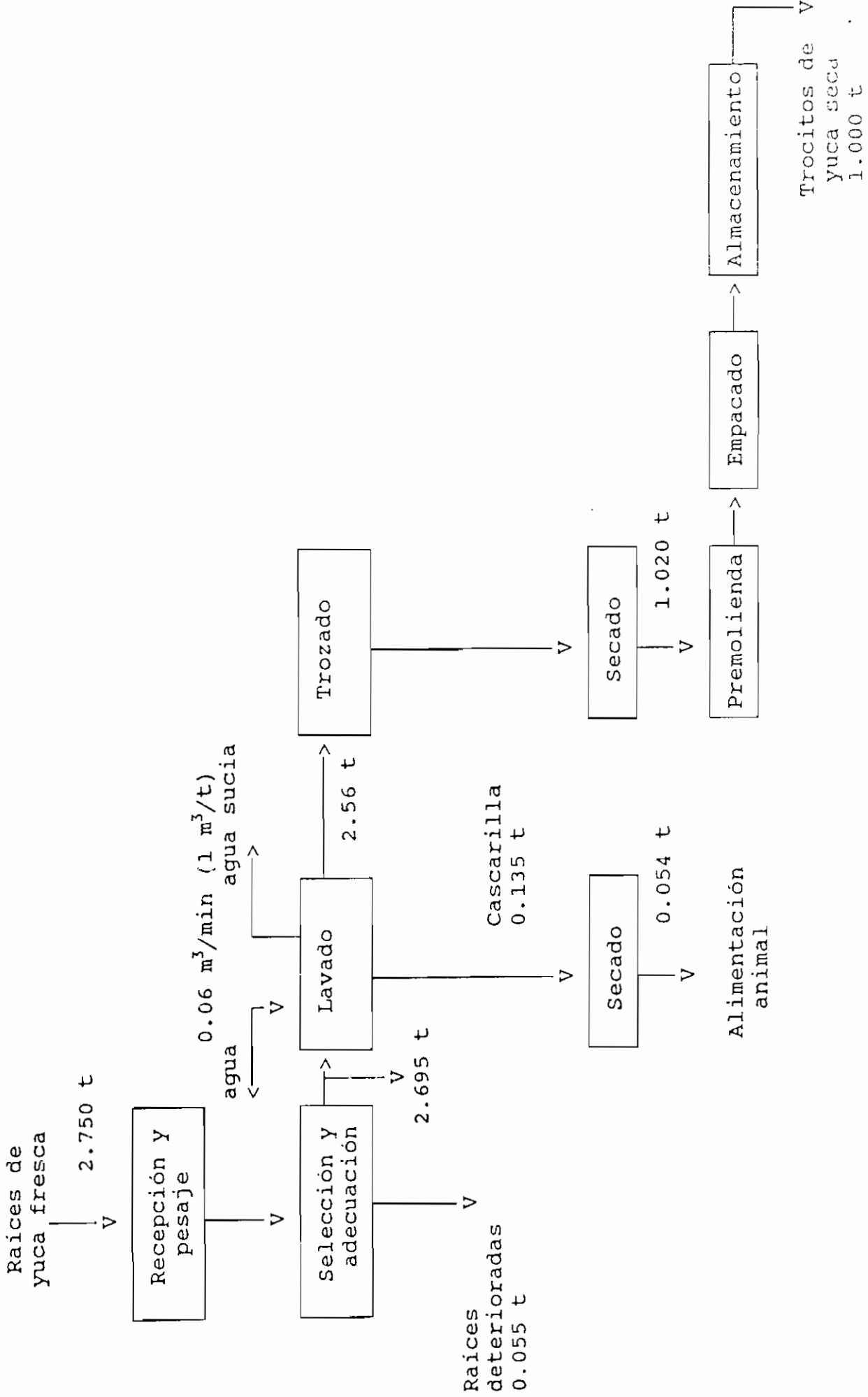


FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE TROCITOS DE YUCA SECA

Proximidad a mercados terminales: el principal mercado para la harina de yuca es la industria alimenticia localizada en las ciudades como Medellín, Barranquilla y Bucaramanga.

Presencia institucional: la presencia real y efectiva de instituciones que trabajen con los campesinos en áreas de organización, capacitación y asistencia técnica.

## CRITERIOS DE IMPACTO DEL PROYECTO

Importancia socioeconómica de la yuca: la yuca debe ser importante a nivel de la economía campesina.

Apoyo institucional actual: como el proyecto es de índole rural, es necesario contar con el apoyo de las instituciones oficiales del sector agrícola y presentes en la zona, que estén desarrollando actividades relacionadas con cualquiera de los componentes del proyecto.

Se propusieron seis escenarios en la Costa Atlántica originalmente pero se descartaron dos, San Onofre y Malambo. San Onofre se eliminó debido a la fuerte presión del mercado fresco que paga mejores precios y resta posibilidades de captar materia prima a cualquier empresa productora de yuca seca. Malambo se descartó porque no existe organización campesina ni se conocen los sistemas de cultivos de yuca.

Se diseñó e implementó un cuestionario para recoger información en las cuatro sedes restantes: Chinú (Córdoba), San Juan de Betulia (Sucre), Palmar de Varela (Atlántico), y Pivijay (Magdalena), con el fin de evaluarlas de acuerdo a los criterios anteriores. El CUADRO 2 muestra el resultado obtenido. La selección del sitio se efectuó entre Febrero a Marzo de 1989 y se escogió a Chinú (Corregimiento de los Algarrobos) para realizar la obra.

En esta localidad existen tres organizaciones, dos de las cuales (COOPROCA y COOPROALGA), tienen capacidad para ejecutar el proyecto. La otra organización, COOPRONOLOPAL, no dispone de terreno ni de agua y el acceso es difícil en épocas de lluvias. Se escogió a COOPROALGA (Cooperativa de Productores de los Algarrobos) debido a que COOPROCA ya tenía otros proyectos.

Betulia y Pivijay son sitios en donde se puede replicar el proyecto. En Betulia hay bastante producción, infraestructura básica, concentración de agricultores, y es un sitio que obtuvo el segundo puntaje más alto. Pivijay es otro sitio que tan solo le desfavorece el mal estado de las vías de acceso. Palmar de Varela no es un sitio con opción especialmente por la fuerte demanda de yuca fresca por parte del mercado en fresco y la industria almidonera.

**CUADRO 2. Calificación de criterios para la selección del sitio para la planta de harina de yuca.**

Criterios		Calificación y puntaje *			
		Chinú	Betulia	Palmar	Pivijay
1. Producción	a. Disponibilidad de tierra	3	3	3	3
	b. Potencial para aumentar productividad	3	3	2	2
2. Proceso	a. Disponibilidad de materia prima	3	3	1	2
	b. Potencial para cosechar dos veces	3	1	2	2
	c. Infraestructura de servicios	3	3	3	2
	d. Cercanía a mercados terminales	3	3	3	3
	e. Presencia institucional	3	3	2	2
3. Impacto del proyecto	a. Importancia social y económica de la yuca	3	3	3	3
	b. Apoyo institucional actual	3	3	2	2
<b>Puntaje total</b>		<b>27</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>21</b>

\* Un puntaje de tres es igual a "BUENO", dos a "REGULAR" y uno a "MALO"

### 1.3 MODIFICACION DEL DISEÑO DE LA PLANTA PILOTO

Internamente en el CIAT se hizo un bosquejo preliminar de la planta piloto, tomando en cuenta la localización real en Chinú y descartando el secado natural en bandejas porque se consideraba que empeoraba la contaminación microbiana. Este bosquejo se entregó en Junio de 1989 a una prestigiosa firma de arquitectos, Doria Guell y Guevara Ltda., recomendada por el Gerente Regional del Fondo DRI en Sucre, la cual se contrató para realizar el diseño final de la planta piloto, consistente de planos técnicos y arquitectónicos, cantidades de materiales y presupuesto estimado para la construcción de la planta y los estudios topográficos y de suelos del terreno necesario para el diseño. El presupuesto del primer diseño propuesto por esta firma, incluyendo obras y equipos, sumaba US\$80.000, por lo que se optó por abaratarlo mediante la reducción de áreas, sin afectar su capacidad. Este diseño final, por un valor de US\$50.000, se entregó a finales de Septiembre de 1989 y facilita su futura expansión, la cual será posible a bajo costo ya que consiste en la ampliación de las cámaras de secado artificial principalmente. La FIGURA 3 muestra una vista de planta. El costo del diseño fue de \$400.000 en Septiembre de 1989.

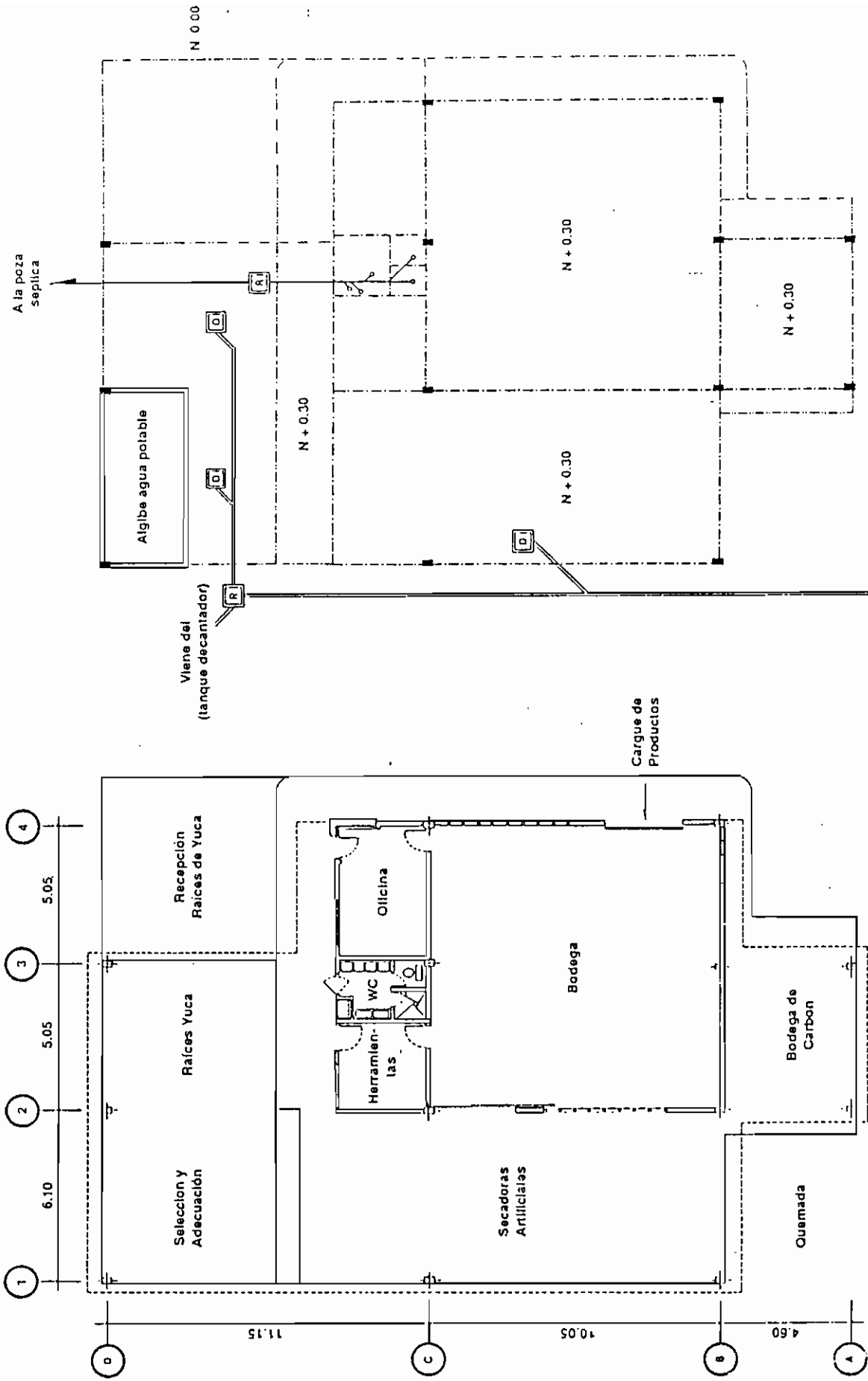


FIGURA 3. PLANTA GENERAL Y EJES DE COLUMNAS  
Escala 1 : 200

PLANTA EJES DE CIMIENTOS E INSTALACIONES SANITARIAS  
Escala 1 : 200

El Cuadro de Areas es el siguiente:

Area lote:	2.058 m <sup>2</sup>
Area construida cubierta:	343 m <sup>2</sup>
Area construida andenes:	30 m <sup>2</sup>
Area total construida:	373 m <sup>2</sup>
Area libre:	1.685 m <sup>2</sup>

La planta piloto consta de una oficina, sanitario con duchas, cuarto de herramientas, bodega, área de recepción de raíces, área de lavado y trozado, área de secado, y depósito de carbón.

Sin embargo, se decidió techar un área adicional de 28 m<sup>2</sup> aproximadamente en donde está localizado el quemador de carbón, lo que eleva el área cubierta a 371 m<sup>2</sup>.

En el diseño de la planta se incluyeron dos tanques de almacenamiento de agua, uno subterráneo con capacidad para 39.000 lts y otro elevado de 6.000 lts. Estos tanques son una respuesta a la escasez de agua en la zona. El tanque subterráneo tiene capacidad para suministrar agua al proceso hasta por 10 días, mientras que el elevado se destina a suplir las necesidades de los servicios de la planta.

La estructura (columnas y vigas) de la obra se propuso en concreto reforzado, la mampostería en bloques de cemento con vigas de concreto reforzado, la estructura de la cubierta en cerchas y correas metálicas, el techo en tejas de asbesto cemento, y el piso en cemento a la vista. La oficina, el servicio sanitario y el cuarto de herramientas tienen cielo falso. Para garantizar la frescura en la bodega, su cubierta es elevada y tiene aberturas para ventilación transversal.

Las aguas de desecho de toda la planta se desaguan por dos líneas independientes. Las aguas negras van a una poza séptica y las aguas del proceso van a un desarenador que retiene el lodo y partículas de yuca.

El suministro eléctrico se realiza en dos tipos de corriente a 220 voltios, monofásico para iluminación y trifásico para potencia de motores.

#### **1.4 ESTUDIOS DE INGENIERIA**

Para generar información útil para el proceso constructivo de la planta piloto se realizó un estudio de levantamiento topográfico y un estudio de suelos cuyos costos fueron de Col\$75.000 y \$100.000 respectivamente. El primer estudio lo efectuó la firma de arquitectura Doria Guell y Guevara Ltda. y el segundo la firma Ingeniería e Investigaciones Ltda., ambas con sede en Sincelejo. Los informes de estos estudios fueron entregados en Junio 1989. En el estudio de suelos se hicieron seis perforaciones distribuidas en la línea de los ejes de las columnas y en el centro del

lote, hasta una profundidad de 1.50 mts cada una, tomándose muestras de suelos a cada medio metro. El informe geotécnico presentó la información obtenida en la investigación de campo y en los ensayos de laboratorio, junto con la descripción de los materiales encontrados y las recomendaciones para lograr una cimentación segura y económica.

## **1.5 CONSTRUCCION Y COSTOS**

Una vez realizadas las modificaciones al diseño de la planta, se procedió a escoger al constructor. Para este efecto, se preparó una lista de diez constructores de Sincelejo obtenida del directorio telefónico. De esta lista se escogieron seis constructores con el apoyo del Fondo DRI Regional de Sucre. Cada uno de estos constructores recibió un paquete de planos de construcción, las cantidades de materiales y las especificaciones de la obra. De estos seis constructores, tres presentaron propuestas. Sin embargo, se descartó una de éstas ya que su costo y tiempo de entrega eran muy altos comparados con las dos restantes. El constructor se seleccionó teniendo en cuenta los criterios de duración de la obra, costo, y experiencia en construcciones de este tipo. El constructor escogido fue el Ing. Civil Jorge Arrieta García. Todo este proceso demoró cuatro meses, desde Agosto a Noviembre de 1989. El CUADRO 3 presenta un resumen de las dos cotizaciones con más opción.

A continuación se hizo una lista de obras y equipos necesarios pero que, o no se habían previsto o se habían eliminado del presupuesto de obra, y se solicitó al constructor la cotización correspondiente. Los elementos más costosos de esta lista eran la vía de acceso y la sub-estación del transformador. Cabe anotar aquí que el transformador de 50 KVA fue donado por el CIAT. Esta obra adicional, por valor de \$3.272.420, se incluyó en el contrato entre el constructor y CIAT.

A continuación el abogado del CIAT preparó un contrato para la firma de las dos partes, estipulando el sistema de pago consistente en el 40% a la firma del documento y el saldo distribuido en tres actas de recibo parcial de obra. También se le exigió tres pólizas de garantía, una de cumplimiento y buen manejo de anticipo, otra de cumplimiento de pago a trabajadores y la última de estabilidad de la obra. El monto del contrato fue por \$14.981.353.

La construcción duró tres meses, iniciándose el 22 de Diciembre de 1989 y terminándose el 22 de Marzo de 1990. Se contrató por tiempo completo un maestro de obra experimentado de la zona quien cumplió la función de interventor local durante cuatro meses (Enero-Abril 1990). Este maestro de obra tuvo el apoyo del interventor del CIAT, un Ingeniero Civil, quien visitó la obra una vez al mes. El CUADRO 4 presenta el cronograma de construcción de la planta piloto de Chinú. Se realizaron algunas obras adicionales para mayor estabilidad de la obra y para satisfacer algunas demandas del proceso. Estas obras fueron dos vigas de refuerzo, canales y andenes

laterales para evitar el deterioro de la obra por las lluvias y una columna para techar la zona de los quemadores de carbón, todo por valor de \$774.381. En Noviembre de 1990 se efectuaron obras menores de acabado por valor de \$600.000 consistentes, entre otros, en el repello e impermeabilización de una fachada de la bodega y el acabado de 233 m<sup>2</sup> de piso de la planta. EL CUADRO 5 presenta un resumen de la inversión de la planta piloto de Chinú.

**CUADRO 3. Resumen de dos cotizaciones para la planta piloto de Chinú con transformador y subestación para Noviembre de 1989.**

Categoría	Valor Doria	Valor Arrieta	Diferencia
1. Preliminares	115035,80	1133584,21	16771,59
2. Cimentaciones	869903,58	780249,54	89654,04
3. Desagües e instalaciones sanitarias	434835,47	376277,63	58557,84
4. Muros	1010376,07	989925,37	20450,70
5. Panetes-repellos	201134,00	148812,14	52321,86
6. Estructuras	1092491,85	911236,30	181255,55
6.1 Estructuras metálicas	1404920,00	1181567,30	223352,70
7. Cubierta	979878,00	829759,01	150118,99
8. Pisos	930411,31	867531,79	62879,52
9. Enchape	65477,04	76253,46	-10776,42
10. Aparatos sanitarios	45344,00	62007,10	-16663,10
11. Instalaciones eléctricas	2396400,00	2966700,00	-570300,00
12. Marquetería de madera	248013,10	360777,40	-112764,30
13. Carpintería metálica	226160,00	333000,00	-106840,00
14. Pintura	195500,00	151650,00	43850,00
15. Aljibe subterráneo	848203,21	701660,33	146542,88
16. Tanque elevado	271540,88	356490,40	-84949,52
<b>TOTAL</b>	<b>12370944,31</b>	<b>12227481,98</b>	<b>143462,33</b>
<b>AV (15%)</b>	<b>1855641,65</b>	<b>1834122,30</b>	<b>21519,35</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>14226585,96</b>	<b>14061604,28</b>	<b>164981,68</b>





**CUADRO 5. Inversión planta piloto de Chinú.**

	Col.\$ Noviembre 1989
<b>1. Ingeniería</b>	
a) Diseño de la planta	500.000
b) Estudio de suelos	100.000
c) Levantamiento topográfico	75.000
d) Interventoría (inspector de obra por 4 meses)	750.000
e) Montaje de equipos	462.479
<b>SUBTOTAL</b>	<b>1.887.479</b>
<b>2. Activos</b>	
a) Construcción de obra (aprox.)	17.000.000
b) Equipos*	5.100.000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>22.100.000</b>
<b>TOTAL</b>	<b>23.987.479</b>

\* No se incluye transformador ni sub-estación (costo aproximado \$ 2.500.000)

**1.6 DISEÑO, CONSTRUCCION Y COSTOS DE EQUIPOS**

Las etapas que se cumplen para obtener un equipo que funcione de acuerdo a ciertas especificaciones son las siguientes:

1. acopio de información sobre máquinas o conjuntos de éstas que ejecuten funciones similares a las deseadas
2. pruebas de campo y modificaciones necesarias a las máquinas semejantes
3. concepción del prototipo, bosquejos "preliminares" y construcción del prototipo
4. pruebas y modificaciones repetidas hasta lograr el objetivo inicial
5. construcción de la máquina "definitiva"; la construcción se hace con base al prototipo, pero corrigiendo los problemas
6. la elaboración de los planos definitivos se hace casi paralelamente a la construcción de la máquina definitiva o modelo terminado
7. la operación del equipo en la planta piloto puede generar otros cambios de diseño

Este procedimiento se ha llevado a cabo con estudiantes de último año de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle supervisados por un profesor de la Sección de Diseño y Tecnología de la misma universidad. También participan con sus aportes los

técnicos y trabajadores de la Sección de Utilización de Yuca, el taller de metalmecánica del propio CIAT y el mismo taller constructor.

Los principales equipos diseñados y construidos para la planta piloto fueron: mesas de selección (Ver FIGURA 4), lavadora, picadora, carro recolector, premoledora, cámara de secado y embudo de empaque.

Estos equipos del proceso fueron diseñados por la Universidad del Valle y el CIAT, y construidos por un taller en Cali, Agroimplementos Cuartas, bajo la supervisión del CIAT. La unidad de calor, conformada por un ventilador y un quemador metálico con intercambiador de calor, se compró a INGESEC de Bogotá.

Para el diseño y desarrollo de la máquina lavadora se trabajó en base al prototipo tradicional utilizado en la agroindustria de almidón del Cauca. Esta labor fue ejecutada por dos estudiantes de pregrado de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle. Ver FIGURA 5.

La lavadora consta de un tambor cilíndrico construido en lámina perforada con refuerzos de acero que rota sobre cuatro rodillos metálicos. La alimentación de raíces se realiza por una compuerta periférica. La descarga se hace por una abertura circular situada en el lado axial del tambor, por donde se introduce una tolva en la misma dirección axial del cilindro. La tolva de descarga pivotea sobre un marco de ángulos metálicos, independiente del tambor giratorio. El agua de lavado se aplica a presión dentro del tambor a través de una boquilla. En la parte inferior del tambor y externo a él, se coloca una canastilla metálica para extraer la cáscara y las fracciones de pulpa extraídas durante el lavado, que salen con el agua sucia. El tambor y la canastilla están dentro de una semi-carcaza metálica la cual contiene una abertura para el desagüe del agua sucia.

La capacidad de la lavadora es de una tonelada por hora y opera por tandas de 110 a 120 kgs. La capacidad de la lavadora es una función directa del tiempo de lavado, el cual puede oscilar entre 5 a 8 minutos por tanda. La alimentación se realiza con la máquina detenida y el lavado y descarga se hace con la máquina en movimiento. En la actualidad, se está mezclando el agua de lavado con hipoclorito de sodio en un intento por mejorar la calidad microbiológica de los trocitos secos.

La máquina picadora o trozadora consiste de una estructura metálica en lámina de acero común que contiene una tolva de alimentación y un disco rotor. Ver FIGURA 6. La tolva de alimentación tiene suficiente anchura para que no se atasquen las raíces y una inclinación de 48°. El borde inferior de la tolva está situado ligeramente por debajo de la línea horizontal que pasa por el centro del disco rotor. El disco porta seis cuchillas acanaladas en forma trapezoidal, desfasadas y distribuidas como se observa en la FIGURA 7. Estas cuchillas impactan sobre las raíces, que descienden por la tolva de alimentación y las transforman en trozos. La tolva y el disco en contacto con

la yuca se construyen de acero inoxidable. Los trozos producidos por la máquina presentan una forma de barra rectangular en diferentes tamaños.

La capacidad de la máquina picadora llamada tipo Colombia con el disco rotando a 600 rpm, es de aproximadamente 7.2 ton/hora, operando independientemente de la lavadora. Las máquinas lavadora y picadora conforman una unidad compacta. Ver FIGURA 8. La tolva de descarga de la lavadora y la tolva de alimentación de la picadora se acoplan directamente con una diferencia de alturas para mantener el flujo de raíces de yuca. Esto significa que la capacidad de esta unidad compacta es igual a la capacidad menor, o sea de la lavadora. El motor eléctrico que opera esta unidad es trifásico de 3.7 kW y está acoplado originalmente a la picadora, pero lleva movimiento a la lavadora mediante poleas y correas y un eje que mueve una unión cardánica.

Un carro construido de lámina galvanizada y con rodachines se acopla a la trozadora para recolectar y transportar los trozos a la cámara de secado. Ver FIGURA 9.

La premoledora consiste de dos rodillos forrados en malla metálica expandida que giran radialmente en sentido contrario, logrando así la rotura parcial de los trozos secos. El espaciamiento entre los dos rodillos es graduable, lo que permite obtener diferentes tamaños de trocitos. Los rodillos están cubiertos por una carcasa metálica y soportados en una estructura metálica hecha de ángulos. Los trozos secos son alimentados por gravedad mediante una tolva y una barra giratoria que hace la función de reguladora del suministro continuo de trozos. La demanda de potencia es suministrada por un motor eléctrico monofásico de 0.9 kw. Ver FIGURA 10.

A pesar de que la Sección de Utilización de Yuca del CIAT tenía experiencia en el diseño, construcción y operación de dos quemadores de carbón de ladrillo con intercambiadores de calor, se optó por comprar un equipo comercial para facilitar la replicabilidad del proyecto, ya que los fabricantes ofrecen estos equipos en varias capacidades térmicas, lo que permite disponer de varios tamaños para otras capacidades de planta. Otra ventaja del equipo comercial era la posibilidad de operar con carbón mineral y coque. Este último combustible reduce la contaminación ambiental. Una vez tomada esta decisión, se visitaron fabricantes de quemadores en Montería, Barranquilla, Medellín, y Bogotá. En Montería solo se construyen quemadores de carbón coque sin intercambiadores de calor. En Barranquilla se fabrican quemadores que operan con gas natural y diesel. En la época en que se hizo este estudio, el gas natural estaba disponible solamente en las ciudades capitales de la Costa Atlántica. Actualmente (1992) el suministro de gas natural se ha generalizado en la región y se debe considerar como una alternativa de combustible.

En Medellín se contactó a un fabricante cuyas unidades son compactas y dotadas con intercambiador de calor de tipo carcasa y tubos, pero se descartaron por su costo elevado. En Bogotá se localizó a otro fabricante, INGEC, quien estaba

informado de las investigaciones realizadas con quemadores de carbón para el secado de yuca.

La decisión se tomó a favor de INGESEC. A esta empresa se le compró el ventilador, el quemador de carbón con intercambiador de calor y los ductos de conexión entre quemador, ventilador y secador. Ver FIGURA 11.

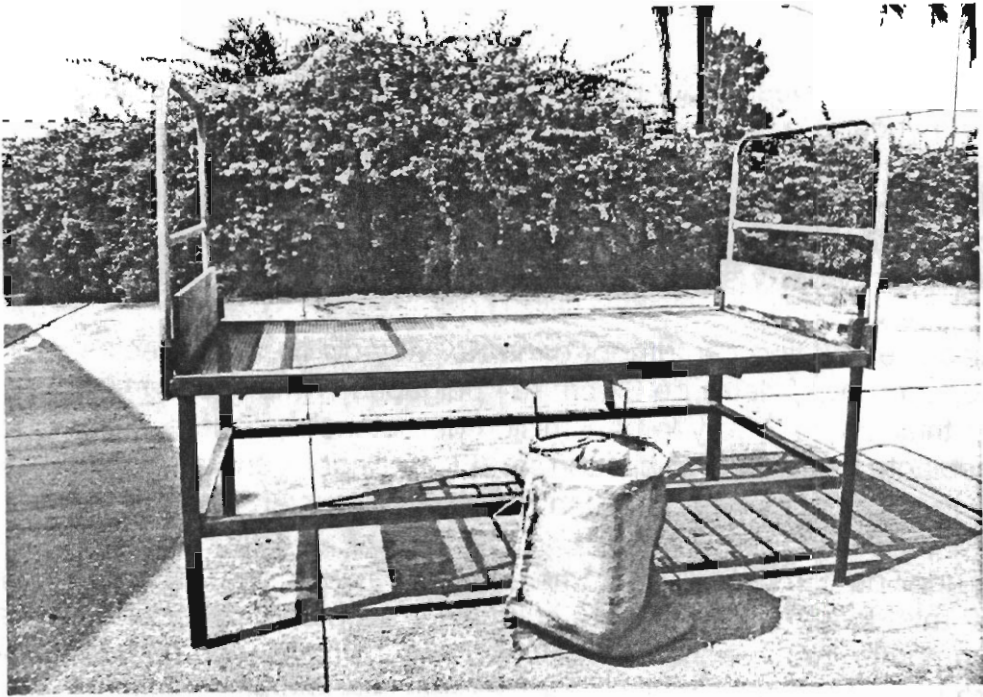
El ventilador es de tipo centrífugo, con rotor dotado de aspas rectas inclinadas hacia adelante, con un diámetro de 61 cm (24 pulgadas) y movido a 1450 rpm por un motor eléctrico trifásico de 9 hp y la transmisión de potencia desde el motor al ventilador se hace mediante 2 poleas y doble correa. El ventilador genera un caudal de aire de 300 m<sup>3</sup>/minuto a 4 pulgadas de columna de agua de presión estática.

El quemador de carbón es una cámara cilíndrica vertical de 54 cm de diámetro interior por 1.60 mts de alto. Esta cámara contiene en la parte inferior una parrilla fija donde ocurre la combustión, hecha con barras de hierro corrugado de una pulgada de diámetro y un área libre del 60%. La cámara de combustión está encerrada por una carcasa metálica de manera que forma un ángulo por donde fluye el aire caliente que viene del intercambiador de calor. El intercambiador de calor lo constituyen dos tubos concéntricos de un metro de longitud; el tubo interior tiene un diámetro interno de 33 cm (13 pulgadas), y el exterior tienen un diámetro externo de 61 cm (24 pulgadas). En el lado externo del tubo interior hay ocho aletas de 5 cm de altura por 96 cm de largo hechas con lámina calibre 26. La chimenea es un tubo de 33 cm de diámetro externo por 1.5 mts de largo y se acopla al tubo interior del intercambiador.

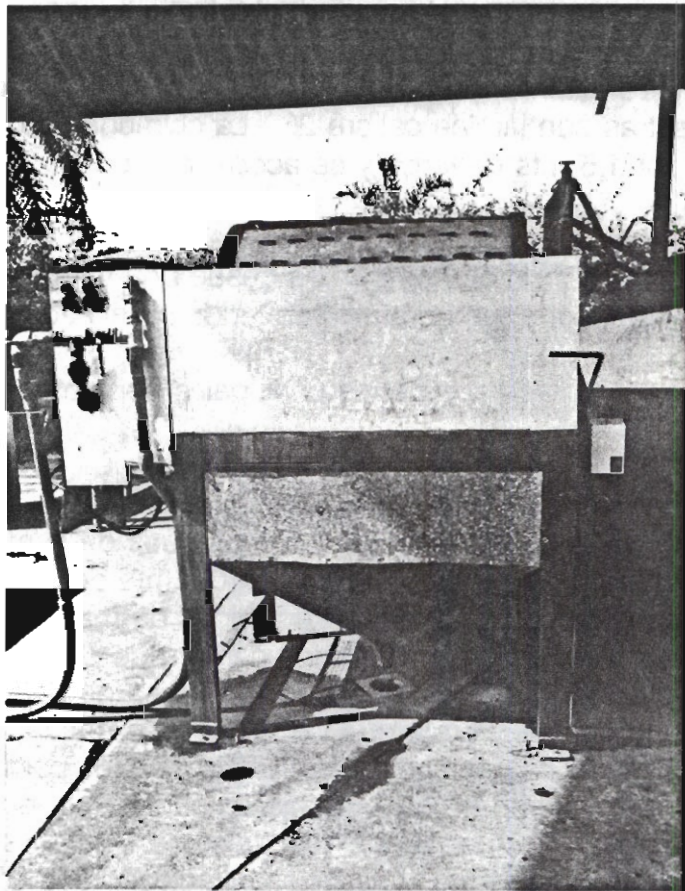
El quemador de carbón con intercambiador de calor proporciona un deber térmico de 983.200 kJ/h para calentar un caudal de aire desde una temperatura ambiente promedio de 25°C hasta una temperatura requerida en el secador de 60°C.

El CUADRO 6 presenta los costos de los principales equipos de procesamiento de la planta piloto de Chinú.

El secador está conformado por dos cámaras con medidas internas de un mt de ancho por diez mts de largo y construidas con bloques de cemento sobre un piso de concreto y separadas por una pared común. A 0.8 mts del piso hay un piso falso en lámina perforada con agujeros, soportado por vigas de madera. El aire entra por debajo del piso falso y las láminas crean una cámara de presión o cámara pleno que distribuye este flujo en todo el área de secado. El área de perforación era diferente en cada cámara, en una del 3% y en la otra del 30%. Las láminas de 3% no son comerciales, razón por la cual también se utilizó la de 30% para probar. Las paredes fueron repelladas pero las superficies internas en contacto con los trozos se pulieron para facilitar su limpieza. Por debajo del piso falso se dejaron seis compuertas, cuatro laterales y dos frontales, para permitir la limpieza. Las cámaras son cubiertas con tapas modulares móviles en aluminio. Ver FIGURA 12.



**FIGURA 4. MESA DE SELECCION**



**FIGURA 5. MAQUINA LAVADORA**

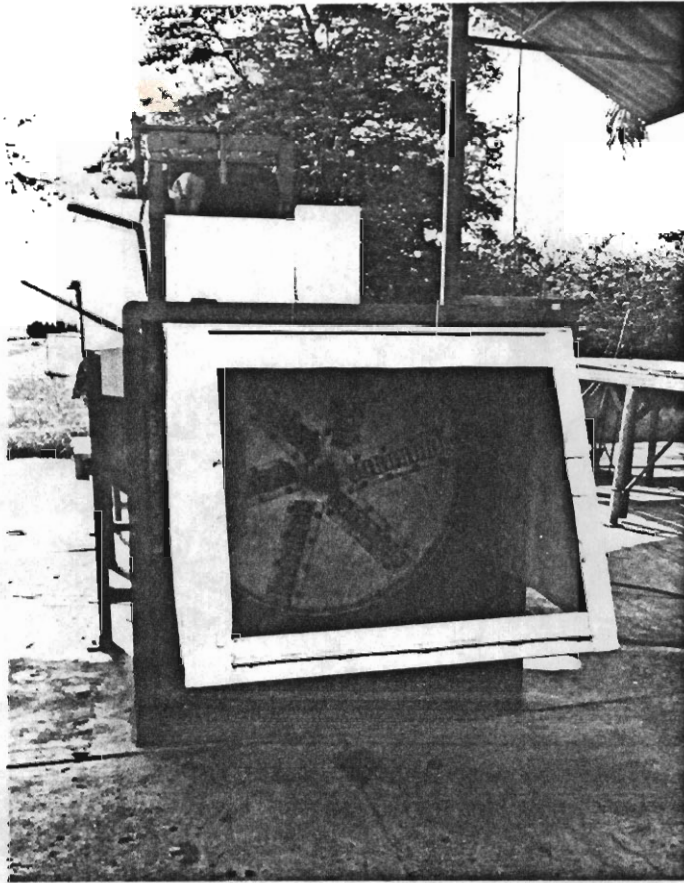


FIGURA 6. MAQUINA TROZADORA

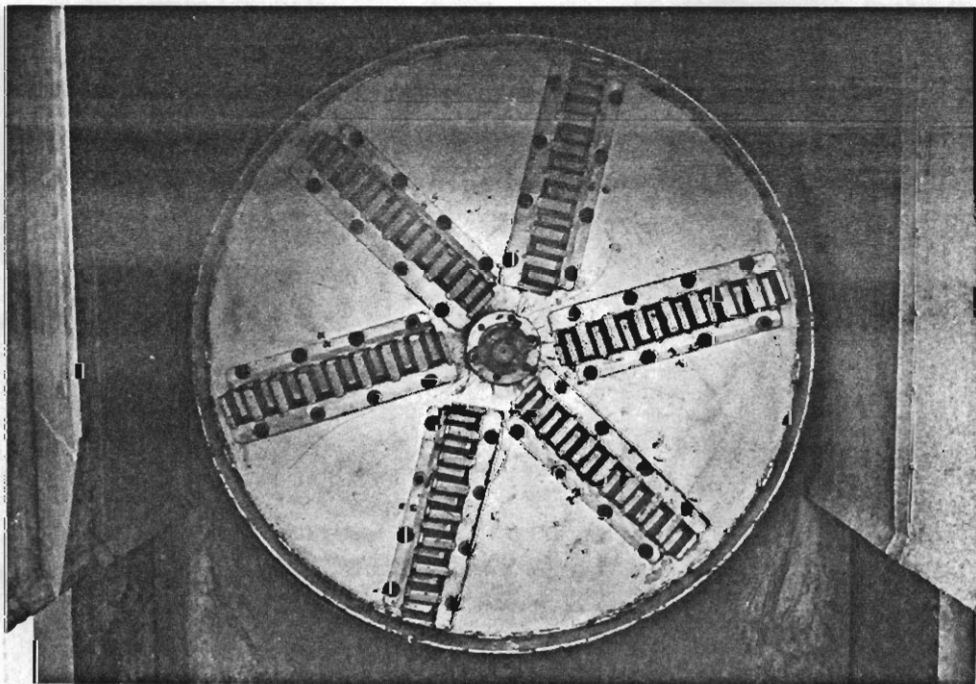
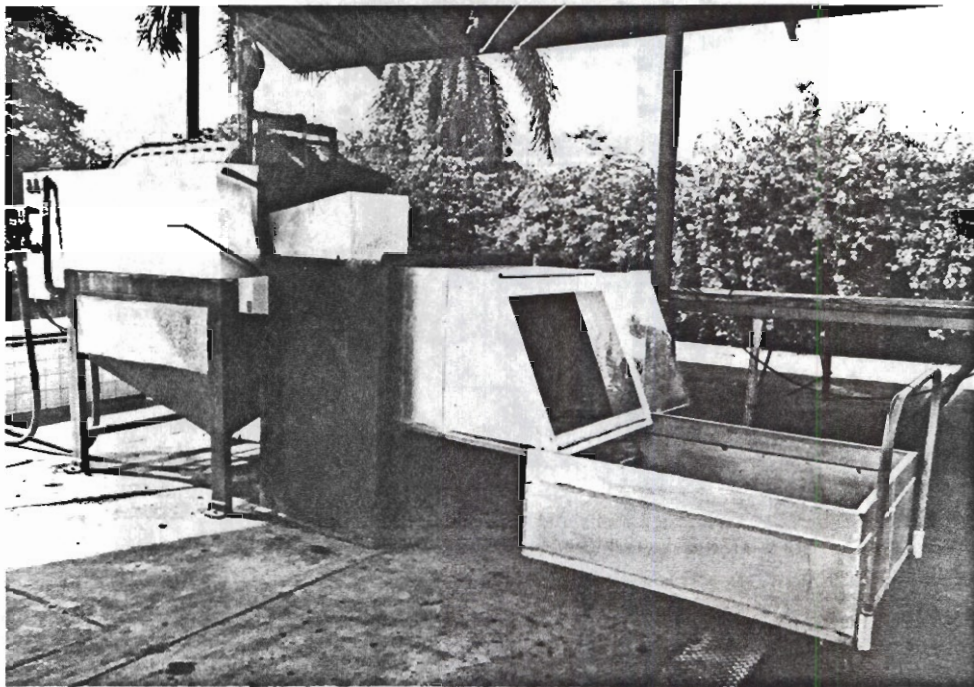
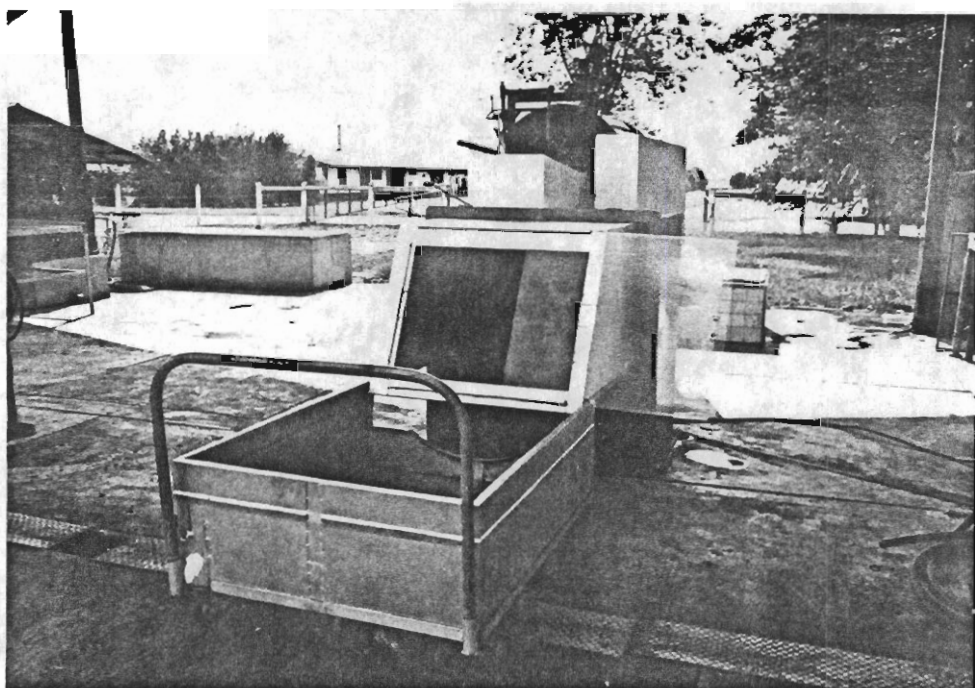


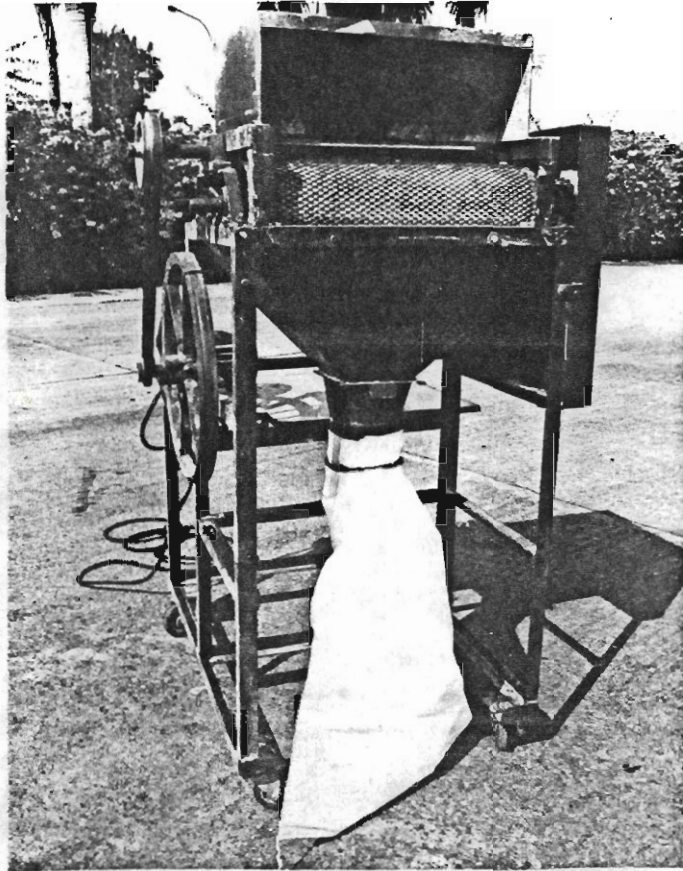
FIGURA 7. DISCO DE MAQUINA TROZADORA



**FIGURA 8. UNIDAD DE LAVADO Y TROZADO**



**FIGURA 9. CARRO RECOLECTOR DE TROZOS**

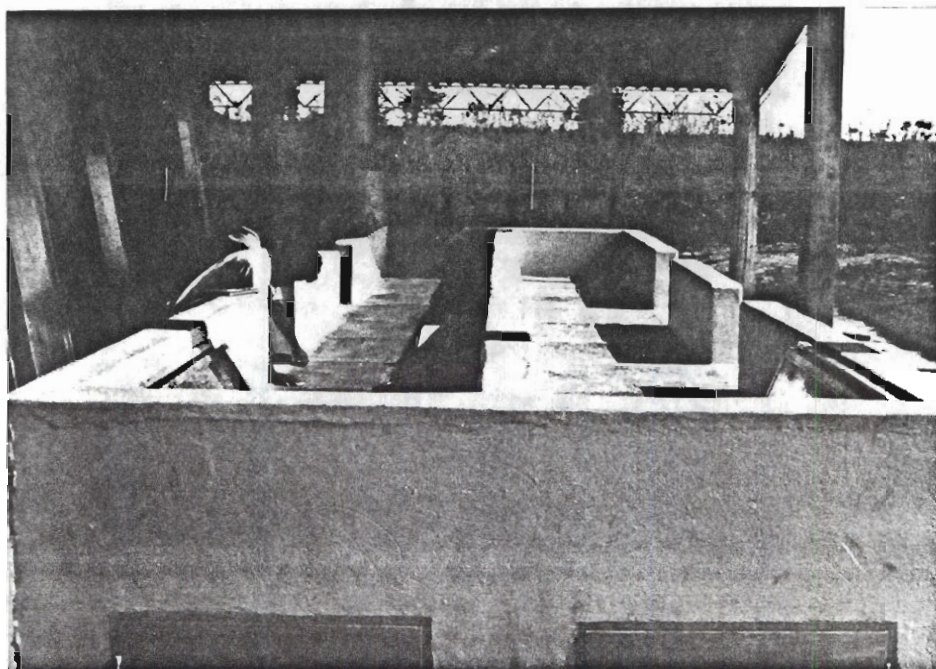


**FIGURA 10. MAQUINA PREMOLEDORA**



**FIGURA 11. UNIDAD DE CALOR**





**FIGURA 12. CAMARA DE SECADO**

El traslado y montaje de la mesa de selección, lavadora, picadora, y premoledora se hizo entre Marzo y Abril 1990 y la planta estuvo lista para su arranque el 23 de Abril.

**CUADRO 6. Costos relacionados con los equipos de procesamiento de la planta piloto de Chinú (Col\$ Enero de 1990).**

Contenido	Monto
Transporte de Cali a Chinú	90.000
Montaje de equipos	372.479
Unidad de calor	
Una unidad de calor vertical ICV-560	570.000
Un ventilador centrífugo No. 245	490.000
Un motor trifásico 9 hp 220/440	300.000
Un arrancador automático de 25/30 Amp.	105.000
Un termómetro de 0-100°C	28.000
Ductos de acople	78.000
Subtotal Unidad de calor	1.571.000
Mesa selección	140.000
Lavadora	800.000
Trozadora, motor y arrancador	500.000
Premoledora, motor y arrancador	550.000
<b>TOTAL</b>	<b>3.561.000</b>

## **1.7 ORGANIZACION DE LA PLANTA PILOTO DENTRO DE LA ESTRUCTURA DE LA COOPERATIVA**

En Febrero de 1989 se efectuó una presentación con diapositivas a los socios de COOPROALGA por parte de funcionarios del CIAT en la cual se les informó ampliamente sobre el proyecto de harina de yuca. Al finalizar la presentación se les explicó que en la Asamblea de Socios deberían aprobar o no su participación en el proyecto. Afortunadamente, su respuesta fue positiva.

COOPROALGA es una organización campesina conformada por 35 socios, quienes son pequeños agricultores dedicados al cultivos de yuca en asocio con maíz o ñame. La mayoría de sus socios son arrendatarios y el resto (20%) son propietarios o adjudicatarios del INCORA. En la actualidad, COOPROALGA opera dos plantas, una de trozos secos para alimentación animal y la otra la planta piloto en mención. El líder natural de la organización es el Gerente de la cooperativa y cumple funciones de administración en las dos plantas.

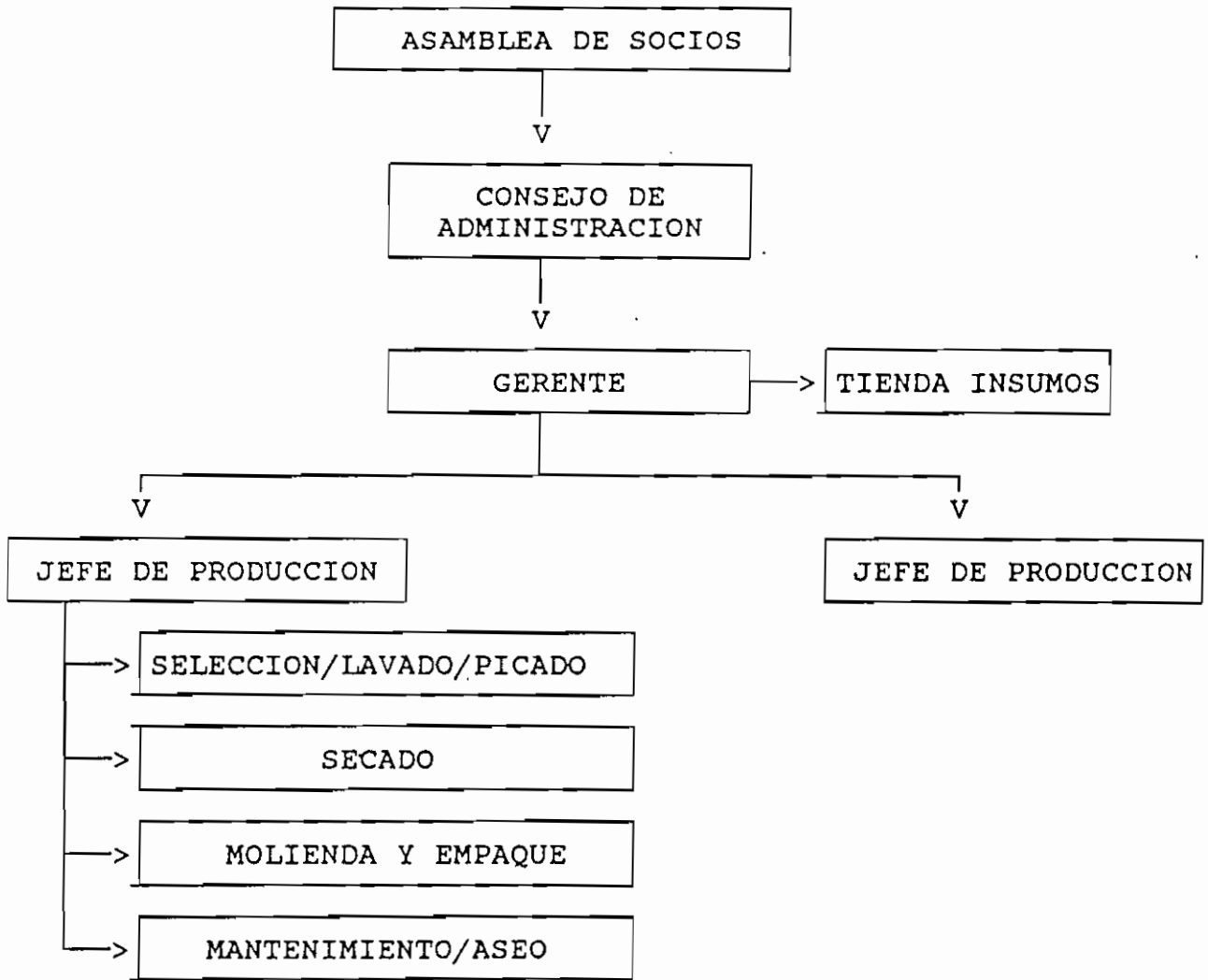
La Asociación Nacional de Productores y Procesadores de Yuca (ANPPY) es una entidad de segundo grado que representa los intereses de este gremio y participa principalmente en comercialización de yuca seca mediante actividades de contactación de mercados. Pensando en la Fase de Expansión de este proyecto, se decidió vincular a la ANPPY al proyecto de harina de yuca.

El terreno de la planta piloto es de propiedad de COOPROALGA. Mediante un convenio entre COOPROALGA, ANPPY y CIAT, se determinó que la obra civil de la planta piloto es de propiedad de la cooperativa y que la ANPPY es dueña de los equipos de procesamiento. En caso de la administración deficiente de la planta piloto, la ANPPY tiene el derecho de retirar todos los equipos de la planta.

Durante la ejecución de la fase de Proyecto Piloto, la planta se operará con recursos del proyecto y se administrará conjuntamente entre el CIAT y COOPROALGA. Por parte de COOPROALGA tienen autoridad tanto el Consejo de Administración como el Gerente. Ver FIGURA 13. Al finalizar esta fase, la planta de procesamiento pasará a manos de COOPROALGA y ANPPY.

Los compromisos de la cooperativa, representada por su Gerente, son los siguientes:

- (i) seleccionar, contratar, y remover el personal para la operación de la planta piloto,
- (ii) colaborar en la administración de la planta, (iii) promover el suministro de materia prima por parte de los socios, y (iv) apoyar las gestiones con otras instituciones financieras y de capacitación.



PLANTA DE HARINA DE YUCA  
PARA CONSUMO HUMANO

PLANTA DE TROZOS DE YUCA  
PARA CONSUMO ANIMAL

FIGURA 13. ORGANIGRAMA GENERAL DE COOPROALGA

## **1.8 CAPACITACION DEL PERSONAL DE LA PLANTA**

Durante 1990 se ofreció capacitación en diversas áreas al personal de la planta piloto, incluyendo capacitación en servicio, visitas al CIAT y charlas.

La capacitación en servicio se ha ofrecido permanentemente por el asesor CIAT en la planta, quien capacitó al personal administrativo y operativo de la planta. El asesor CIAT contó con el apoyo de un técnico también del CIAT durante los primeros 2 meses del arranque. Además, este técnico capacitó a los operarios en el mantenimiento de los equipos. En Junio de 1990, al entonces Jefe de Planta se le ofreció entrenamiento en CIAT durante dos semanas en áreas de operación de la planta experimental, higiene y calidad, estructura de costos y mercadeo.

En varias oportunidades se ha solicitado el servicio de capacitación al SENA en las siguientes áreas: Administración Empresarial, Higiene y Seguridad Industrial, y Relaciones Humanas, sin haber obtenido respuesta satisfactoria. El SENA ofreció cupo para dos personas en Administración Empresarial por dos años en Montería, pero con patrocinio de COOPROALGA de medio salario mínimo por cada estudiante. Sin embargo, COOPROALGA declinó esta oferta, prefiriendo una capacitación más práctica y a corto plazo.

El SENA, mediante convenio con el Fondo DRI, ha capacitado a más de 40 jóvenes hijos de socios o socios de organizaciones campesinas de la Costa Atlántica en Promotoría de Proyectos Asociativos. Los cursos de 4 meses se dictaron en Armenia, pagando la organizaciones parte del sostenimiento. COOPROALGA, por ser ejecutora de este proyecto, se benefició enviando a dos socios jóvenes a estos cursos. En 1990, uno de estos jóvenes fue el Gerente de COOPROALGA.

## **1.9 APOYO INSTITUCIONAL INICIAL**

Varias instituciones colaboraron con el proyecto durante los años 1989 y 1990, como el Fondo DRI, ANPPY y CORFAS. El Fondo DRI colaboró en el primer trimestre de 1989 en la obtención de información general para realizar la selección del escenario de la planta piloto. El DRI también apoyó al asesor CIAT en el contacto de arquitectos e ingenieros durante el proceso de diseño y cotización para la construcción de la planta piloto. Además, brindó un importante apoyo logístico durante estos años.

La ANPPY colaboró mediante el apoyo logístico y en la comercialización de trocitos de yuca no aptos para el consumo humano.

La Corporación Fondo de Apoyo a Empresas Asociativas (CORFAS), en el marco de un contrato con el CIAT respecto al Estudio de Mercados, brindó su apoyo en la ejecución de las encuestas en las ciudades de Medellín y en la Costa Atlántica.

## 1.10 ARRANQUE DE LA PLANTA

Durante el período de construcción de la planta (Enero-Marzo 1990) no se presentaron problemas por el suministro de agua. A finales de Marzo la comunidad de San Mateo (Chinú) negó el suministro de agua a la planta piloto. Por lo anterior, la planta solo tuvo disponibilidad de agua para los primeros tres lotes del período de arranque.

Sin embargo, debido a compromisos de compra adquiridos con los agricultores de las parcelas de pre-producción, el proyecto se vio obligado a operar la planta piloto a pérdida, destinando la producción al mercado de concentrados para animales.

Se le encargó al Consejo de Administración de COOPROALGA la selección y contratación del personal consistente en un Jefe de Planta, un Jefe de Producción, tres operarios y un vigilante nocturno.

La planta piloto inició operaciones el 23 de Abril de 1990 y esta fase de arranque duró hasta el 31 de Mayo, durante la cual se probaron y ajustaron los equipos y se acondicionó la planta piloto con los elementos necesarios para su funcionamiento.

En Abril 25 se efectuó una mesa redonda con la participación de funcionarios del CIAT y el personal de la planta para informar sobre los antecedentes, objetivos, y el sistema de harina de yuca. En esta reunión se definieron los cargos, funciones y necesidades de capacitación para el personal.

Una de las principales actividades fue la capacitación en servicio de los operarios por parte del asesor con el apoyo de un técnico de CIAT. También se aprovechó para probar y ajustar los formatos de recolección de información respecto a los parámetros del proceso.

La yuca se compró a las parcelas de pre-producción de Ciénaga de Oro y Chinú a un precio de \$22-\$24/kg puesta en la parcela. Para esta época, la yuca empieza a escasear en la zona de Chinú. El transporte fue pagado por el proyecto. En Abril se procesaron 6 lotes para un total de 10.729 kgs de yuca fresca y se produjeron 3.039 kgs de yuca seca; en Mayo se procesaron 18 lotes sumando 36.481 kgs para producir 11.181 kgs de yuca seca.

Los principales problemas detectados en este período fueron los siguientes:

- la operación de selección y adecuación de raíces generaba demasiada basura, razón por la cual se decidió realizar esta operación lejos del área de lavado/picado
- debido a que las raíces de yuca no se estaban lavando homogéneamente, se ajustó la boquilla existente

- la lavadora presentó escapes de agua por la cubierta y hubo que sellarla con masilla para evitar la formación de pozos en el piso.
- el repello de las paredes internas del secador no facilitaba su limpieza y la pala desprendía pedazos fácilmente, por lo cual se recomendó volver a repellar con mortero pulido y con una mezcla más rica en cemento
- las láminas perforadas del piso falso presentaban deformaciones entre apoyos, por lo que se decidió colocar viguetas de madera a los largo de las paredes
- para evitar el acceso de insectos al área de secado, se propuso colocar marcos con anjeo sobre la cámara en las áreas abiertas para salida de aire
- el quemador fue operado usando carbón mineral como combustible. Este carbón, considerado como el de menor calidad de los del país, se compraba en las minas de Carbones del Caribe, localizadas al sur del depto. de Córdoba. El consumo de carbón mineral era demasiado alto debido a que la parrilla de dotación del quemador tenía barras demasiado separadas (área libre grande), ocasionando pérdida del carbón. Como solución, se construyó una parrilla con barras más juntas, con un área libre del 50%.
- se vislumbró la posibilidad de mejorar rendimientos del quemador mediante el cambio a carbón coke o a un carbón mineral de mejor calidad (La Jagua de Ibirico, Cesar)
- debido a la debilidad de la malla expandida que cubría los rodillos de la premoledora, fue necesario reemplazarla por otra más fuerte y modificar la forma de soldarlas al rodillo.
- como el acabado rústico del piso dificultaba su limpieza, se propuso darle un terminado más pulido.

### **1.11 OPERACION DE LA PLANTA DURANTE 1990**

La planta piloto productora de harina de yuca operó en 1990 desde el 23 Abril hasta el 15 Septiembre. Solamente hubo agua para la operación de lavado de raíces para los primeros seis lotes procesados, por lo que la producción de trozos secos de yuca se destinó para consumo animal. La única operación realizada en la planta piloto fue el secado; es decir, no se implementó la selección y adecuación ni el lavado, y el trozado se hizo utilizando la picadora de la planta aldeaña de secado natural de COOPROALGA. Algunos lotes también se secaron al sol en el patio de cemento.

La planta se operó por las siguientes razones: (i) para adquirir experiencia en el manejo del proceso, especialmente en lo que respecta a la operación del secador y

del quemador de carbón, (ii) para cumplir una serie de compromisos de compra de yuca adquiridos con los agricultores de las parcelas de pre-producción, y (iii) para conocer la oferta de raíces de yuca en la región de influencia de la planta.

Durante este período se procesaron 78 lotes para un total de 184.2 toneladas de raíces frescas y se produjeron 69.1 toneladas de trozos secos de yuca. Este producto se vendió a través de la ANPPY a varias empresas de concentrados para animales en Medellín a un precio ponderado para el período de \$76.210/ton puesto en planta.

El personal de la planta piloto desempeñó las siguientes funciones:

#### Jefe de Planta

- supervisar a los operarios y al vigilante nocturno
- coordinar las compras de raíces de yuca
- despachar y elaborar las órdenes de remisión y facturas para los viajes de los productos vendidos
- elaborar la nómina quincenal
- organizar las tareas de producción

#### Jefe de Producción

- recibir y controlar la calidad de la materia prima
- llevar los registros de producción
- organizar las tareas de producción
- cumplir y hacer cumplir las normas de higiene y de seguridad
- entregar oportunamente materiales, herramientas y elementos a los operarios

#### Operarios

- preparar la materia prima
- preparar la maquinaria y elementos, realizar las operaciones de transformación
- cumplir con las normas de higiene y seguridad
- verificar la cantidad y calidad de la materia prima
- verificar el funcionamiento adecuado de las máquinas
- efectuar labores de mantenimiento de equipos
- ordenar y asear el puesto de trabajo

El Gerente de la cooperativa no participó en la administración de la planta piloto porque tenía otros compromisos; el asesor CIAT obtuvo más colaboración por parte del líder natural de la organización. En general, se observó falta de iniciativa propia por parte del personal de la planta.

Durante este período, la oferta de yuca fresca fue buena; no se presentaron problemas de plagas en la región. El CUADRO 7 presenta información sobre las variedades de yuca adquiridas durante la campaña. Se aprecia que las principales variedades fueron la Venezolana (48%) y la P-12. La oferta de yuca provino principalmente de Chinú (68%), seguido por Ciénaga de Oro, sede de dos parcelas de pre-producción. Una proporción alta de la yuca suministrada fue comprada a las parcelas de pre-producción, razón por la cual el precio ponderado de la yuca para el período (\$24.85/kg puesto en planta) estuvo por encima del precio del mercado para agroindustria (\$21.00/kg).

**CUADRO 7. Distribución del suministro de materia prima por variedad y por zona para la planta piloto de Chinú 1990.**

Concepto		Yuca fresca	
Variedad	Kg	%	
P-12	66,164	35.9	
Venezolana	87,842	47.7	
Revuelta	30,193	16.4	
<b>Total</b>	<b>184,199</b>	<b>100.0</b>	
Zona			
Chinú	125,764	68.3	
Ciénaga de Oro	51,748	28.1	
Sincelejo	6,687	3.6	
<b>Total</b>	<b>184,199</b>	<b>100.0</b>	

**CUADRO 8. Variedad, costo y proveedor de la materia prima para la planta piloto de Chinú para Abril de 1990.**

Lote	Variedad	Costo \$/Kg			Proveedor	
		Precio	Flete	Total*	Nombre	Localización
1	P-12	22.0	4.5	26.5	Calixto Arcia	Chinú
2	P-12	22.0	4.3	26.3	Calixto Arcia	Chinú
3	P-12	22.0	4.5	26.5	Calixto Arcia	Chinú
4	P-12	24.0	8.3	32.3	José Sibaja	Ciénaga de oro
5	P-12	22.0	4.7	26.7	Calixto Arcia	Chinú
6	P-12	24.0	8.4	32.4	José Sibaja	Ciénaga de Oro

\* Costo ponderado para la materia prima, \$/Kg = \$28.451



**CUADRO 9. Variedad, costo y proveedor de la materia prima de la planta piloto de Chinú para Mayo de 1990.**

Lote	Variedad	Costo P/Kg			Proveedor	
		Precio	Flete	Total*	Nombre	Localización
7	P-12	24.0	8.3	32.3	José Sibaja	Ciénaga de Oro
8	P-12	23.6	8.5	32.1	José Sibaja	Ciénaga de Oro
9	P-12	24.0	9.8	33.8	José Sibaja	Ciénaga de Oro
10	P-12	24.0	8.0	32.0	José Sibaja	Ciénaga de Oro
11	P-12	24.0	9.8	33.8	José Sibaja	Ciénaga de Oro
12	P-12	24.0	9.8	33.8	José Sibaja	Ciénaga de Oro
13	P-12	24.0	4.6	28.6	José Sibaja	Ciénaga de Oro
14	P-12	24.0	8.5	32.5	Calixto Arcia	Chinú
15	P-12	24.0	9.0	31.0	José Sibaja	Ciénaga de Oro
16	P-12	24.0	10.0	34.0	José Sibaja	Ciénaga de Oro
17	P-12	24.0	10.0	34.0	José Sibaja	Ciénaga de Oro
18	P-12	24.0	9.8	33.8	José Sibaja	Ciénaga de Oro
19	P-12	24.0	10.0	34.0	José Sibaja	Ciénaga de Oro
20	P-12	24.0	9.9	33.9	José Sibaja	Ciénaga de Oro
21	P-12	24.0	11.4	35.4	José Sibaja	Ciénaga de Oro
22	P-12	24.0	4.6	28.6	José Sibaja	Ciénaga de Oro
23	Ven	24.0	6.3	30.3	Genaro Guerra	Ciénaga de Oro
24	Ven	24.0	5.0	29.0	Genaro Guerra	Ciénaga de Oro
25	Ven	24.0	4.9	28.9	Genaro Guerra	Ciénaga de Oro

\* Costo ponderado para la materia prima, \$/Kg = \$31.918

Los CUADROS 8 a 13 presentan información por lote y por mes respecto a las compras de raíces de yuca. Se puede apreciar cómo el flete unitario fue más alto durante los primeros dos meses, Abril y Mayo, debido a que se transportaban cantidades relativamente pequeñas y se generaba un flete falso. A mediados de Junio se inició la compra de yuca puesta en la planta, es decir, sin pagar flete.

**CUADRO 10. Variedad, costo y proveedor de la materia prima para la planta piloto para Junio de 1990.**

Lote	Variedad	Costo P/Kg			Proveedor	
		Precio	Flete	Total*	Nombre	Localización
26	Ven	24.0	5.4	29.4	Genaro Guerra	Ciénaga de Oro
27	Ven	24.0	5.5	29.5	Genaro Guerra	Ciénaga de Oro
28	Ven	24.0	4.9	28.9	Genaro Guerra	Ciénaga de Oro
29	Ven	24.0	5.6	29.6	Genaro Guerra	Ciénaga de Oro
30	Ven	23.0	4.5	27.5	Juan Mercado	Sincelejo
31	Ven	23.0	4.5	27.5	Juan Mercado	Sincelejo
32	Ven	23.0	4.5	27.5	Juan Mercado	Sincelejo
33	Ven	23.0	0	23.0	Julio Moreno	Chinú
34	Ven	23.0	0	23.0	Julio Moreno	Chinú
35	Ven	23.0	0	23.0	Julio Moreno	Chinú
36	Ven	23.0	0	23.0	Julio Moreno	Chinú
37	Ven	23.0	0	23.0	Julio Moreno	Chinú
38	Ven	24.0	3.0	27.0	Gregorio Tejada	Chinú

\* Costo ponderado para la materia prima, \$/Kg = 26.859

**CUADRO 11. Variedad, costo y proveedor de la materia prima para la planta piloto para Julio de 1990.**

Lote	Variedad	Costo \$/Kg			Proveedor	
		Precio	Flete	Total*	Nombre	Localización
39	P-12	24.0	1.9	26.9	David González	Chinú
40	P-12	24.0	1.9	26.9	David González	Chinú
41	P-12	24.0	2.0	26.0	David González	Chinú
42	P-12	24.0	2.0	26.0	David González	Chinú
43	P-12	24.0	2.0	26.0	David González	Chinú
44	P-12	24.0	1.7	25.7	David González	Chinú
45	P-12	24.0	1.7	25.7	David González	Chinú
46	Rev	20.0	0	20.0	Cristo	Chinú
47	Rev	20.0	0	20.0	Cristo	Chinú
48	Rev	20.0	0	20.0	Rafael Vásquez	Chinú
49	Rev	20.0	0	20.0	Rafael Vásquez	Chinú
50	Ven	24.0	2.4	26.4	David González	Chinú
51	Ven	23.0	1.8	24.8	David González	Chinú
52	Rev	20.8	0	20.8	Orlando Alvarez	Chinú
53	Rev	20.0	0	20.0	José Vásquez	Chinú
54	Rev	20.0	0	20.0	José Vásquez	Chinú
55	Rev	20.0	0	20.0	Andrés Moreno	Chinú
56	Rev	20.0	0	20.0	José Vásquez	Chinú
57	Rev	20.0	0	20.0	José Vásquez	Chinú
58	Rev	20.0	0	20.0	José Vásquez	Chinú
59	Ven	20.0	0	20.0	Andrés Moreno	Chinú
60	Ven	20.0	0	20.0	Andrés Moreno	Chinú
61	Ven	20.0	0	20.0	Andrés Monreno	Chinú

\* Costo ponderado para la materia prima \$/Kg = \$22.259

**CUADRO 12. Variedad, costo y proveedor de la materia prima para la planta piloto de Chinú para Agosto de 1990.**

Lote	Variedad	Costo \$/Kg*	Proveedor	
			Nombre	Localización
62	Ven	20.0	Manuel Castillo	Chinú
63	Ven	20.0	Manuel Castillo	Chinú
64	Ven	20.0	Victor Bello	Chinú
65	P-12	20.0	Cooproalga	Chinú
66	Ven	20.0	Oswaldo Alvarez	Chinú
67	Rev	22.0	Rafael Vásquez	Chinú
68	P-12	23.0	Julio Moreno	Chinú
69	Ven	20.0	Oswaldo Álvarez	Chinú
70	Ven	20.0	José Vásquez	Chinú
71	Ven	15.6	José Vásquez	Chinú
72	Ven	20.0	José Vásquez	Chinú

\* Costo ponderado para la materia prima \$/Kg = 20.370

**CUADRO 13. Variedad, costo y proveedor de la materia prima para la planta piloto para Septiembre de 1990.**

Lote	Variedad	Costo \$/Kg*	Proveedor	
			Nombre	Localización
73	Ven	20.0	Fernando Bello	Chinú
74	Ven	20.0	Jairo Díaz	Chinú
75	Ven	20.3	Teófilo Moreno	Chinú
76	Ven	23.0	Teófilo Moreno	Chinú
77	P-12	20.0	Rafael Villadiego	Chinú
78	P-12	22.0	Teófilo Moreno	Chinú

\* Costo ponderado para la materia prima, \$/Kg = 20.822

EL CUADRO 14 expone los costos fijos de producción por mes. En el costo de administración se costea al Jefe de Planta.

**CUADRO 14. Costos fijos de producción en planta piloto de Chinú 1990.**

Período 1990	Yuca seca Kg	Administración \$	Mantenimiento \$	Vigilancia \$	Depreciación \$	G.V. \$	C.F \$/t
Abril	3,039	14,667	0	9,250	0	0	7,870
Mayo	11,181	55,000	15,280	34,650	76,000	10,598	17,130
Junio	12,161	55,000	7,270	34,650	76,000	18,142	15,711
Julio	20,853	55,000	13,540	42,000	76,000	19,207	9,866
Agosto	13,671	55,000	4,620	42,000	76,000	16,215	14,178
Septiemb.	8,198	27,000	0	42,000	76,000	8,035	18,667
<b>TOTAL</b>	<b>69,103</b>	<b>261,667</b>	<b>40,710</b>	<b>204,550</b>	<b>380,000</b>	<b>72,197</b>	<b>13,879</b>

**CUADRO 15. Costos totales de producción de yuca seca en planta piloto de Chinú para 1990.**

Período	Yuca Fresca Kg	Yuca Seca Kg	Factor Convers.	M. Prima \$/t	Carbón Kg/t	Costo Total \$/t
Abril	10.729	3.039	3.530	100.433	1.032	145.903
Mayo	36.481	11.181	3.263	104.150	822	155.084
Junio	32.525	12.161	2.674	71.822	119	107.286
Julio	50.938	20.853	2.443	54.379	169	80.876
Agosto	33.333	13.671	2.438	49.663	87	81.277
Septiembre	20.193	8.198	2.463	51.285	15	82.658
<b>TOTAL</b>	<b>184.199</b>	<b>69.103</b>	<b>2.665</b>	<b>66.227</b>	<b>0</b>	<b>100.681</b>

## NOTAS :

1. Costo ponderado de la materia prima, \$/Kg = 24.850
2. Precio de venta en planta (ponderado), \$/t = 76.210
3. Pérdidas totales, \$ = 1.691,019.50.

El CUADRO 15 resume por mes el volumen procesado y producido, los ponderados del factor de conversión (yuca fresca : yuca seca), costos de materia prima y carbón, y de los costos de producción, tanto variables como totales. En la última fila se presenta el total de yuca procesada y producida y los valores ponderados para la campaña del factor de conversión, de los costos de materia prima, costos variables y totales.

El factor de conversión ponderado bajó a partir de Junio debido a que la yuca ni se seleccionaba ni se adecuaba porque la producción estaba destinada a consumo

**CUADRO 16. Costos de producción de yuca seca en planta piloto de Chinú Abril de 1990.**

Lote	Yuca Fresca Kg	Yuca Seca Kg	Factor convers.	M. Prima \$/t	Carbon Kg/t	Carbon \$/t	Costo variable \$/t	Costo Total \$/t
1	1799	487	3.694	97,695	832	16,454	131,629	139,199
2	1866	550	3.393	89,192	864	17,087	123,459	131,329
3	1775	532	3.336	88,427	902	17,847	123,454	131,324
4	1810	469	3.859	124,595	1055	20,873	162,648	170,518
5	1700	536	3.172	84,711	1418	28,056	129,947	137,817
6	1779	465	3.826	124,065	1122	22,200	163,465	171,335
6	10,729	3,039	3.530	100,433	1032	21,156	138,033	145,903

**NOTAS :**

1. Costo ponderado de la materia prima, \$/kg = 28.451
2. Costo de los empaques = 25 u/t x 90 \$/u = 2,000 \$/t
3. Mano de obra, \$/t = 15,180
4. No hay aporte de energía eléctrica
5. Operación con carbon mineral (Precio, \$/Kg = 20.50)
6. Las primeras 3 columnas de la última fila son totales, las restantes columnas son promedios ponderados.

**CUADRO 17. Costos de producción de yuca seca en planta de Chinú Mayo de 1990.**

Lote	Yuca Fresca		Yuca Secca		Factor Convers.		M. Prima		Carbon		Costo Variable		Costo Total		
	Kg		Kg				\$/t		Kg/t	\$/t	\$/t	\$/t	\$/t	\$/t	
7	1798		523		3.438		111,185		1071		21,180		146,813		168,743
8	2485		870		2.833		90,990		1048		20,896		128,914		146,044
9	1528		441		3.465		117,176		964		19,074		153,478		170,608
10	1878		490		4.053		130,603		1663		32,904		180,735		197,865
11	1521		828		2.422		82,014		877		13,395		112,637		129,767
12	1521		568		2.678		90,682		1303		25,781		133,681		150,821
13	1656		459		3.608		119,290		924		18,282		154,790		171,920
14	1748		540		3.237		88,030		0		0		103,258		120,388
15	1763		435		4.053		131,755		1,069		21,914		170,897		188,027
16	1663*		541		3.074		101,503		795		16,287		135,028		152,158
17	1505		408		3.707		125,915		1010		20,705		163,848		180,978
18	1503		387		3.884		131,978		0		0		149,206		166,338
19	1524		423		3.603		121,933		1170		23,985		163,143		180,276
20	1508		430		3.508		119,095		1000		20,500		156,823		173,953
21	1517		401		3.783		128,188		1122		23,001		168,427		185,557
22	1308		337		3.884		137,723		1385		27,982		182,933		200,063
23	3231		1108		2.816		84,809		886		17,753		119,790		136,920
24	3037		1071		2.836		85,906		784		16,072		119,106		136,236
25	3805		1153		3.300		95,677		0		0		112,905		130,035
19	36,481		11,181		3.283		104,150		822		16,851		137,812		155,084

**NOTAS :**

1. Costo Ponderado de la materia prima \$/kg = 31.918
2. Costo de empaques, \$/t = 2,000
3. Mano de o.v.a, \$/t = 15,228
4. No hay aporte de energía eléctrica
5. Operación con carbon mineral, 20.50 \$/kg
6. Las primeras 3 columnas de la última fila son totales, las restantes columnas son promedios ponderados.

**CUADRO 18. Costos de producción de yuca seca en planta piloto de Chinú Junio de 1990.**

Lote	Yuca Fresca	Yuca Seca	Factor Conversion	M. Prima	Carbon		Costo Variable		Costo Total
	Kg	Kg		\$/t	Kg/t	\$/t	\$/t	\$/t	
26	3502	1347	2,599	76,475	0	0	91,688	107,399	
27	3416	1144	2,986	88,272	0	0	103,485	119,196	
28	3477	1278	2,720	78,578	0	0	93,791	109,502	
29	3031	810	3,742	110,797	0	0	126,010	141,721	
30	2565	1148	2,234	61,404	0	0	76,617	92,328	
31	2971	1180	2,518	69,210	379	14,402	98,825	114,536	
32	1151	457	2,518	69,210	516	19,608	104,031	119,742	
33	1894	552	3,431	78,913	0	0	94,126	109,837	
34	2328	1017	2,289	52,647	246	9,348	77,208	92,919	
35	1980	747	2,665	61,295	242	9,196	85,704	101,425	
36	1421	625	2,274	52,302	0	0	67,515	83,226	
37	2289	897	2,552	58,696	0	0	73,909	89,620	
38	2500	963	2,596	70,092	353	13,414	98,719	114,430	
13	32,525	12,161	2,674	71,822	119	4,522	91,575	107,286	

**NOTAS :**

1. Costo ponderado de la materia prima \$/kg = 26.859
2. Costo de empaque, \$/t = 2,000
3. Costo de mano de obra, \$/t = 13,213
4. No hay costo de energía eléctrica
5. Operación con carbon coque, 38 \$/kg
6. Las primeras 3 columnas de la última fila son totales, las restantes columnas son promedios ponderados.



**CUADRO 19. Costos de producción de yuca seca en planta piloto de Chinú Julio de 1990.**

Lote	Yuca Fresca Kg	Yuca Seca Kg	Factor Convers.	M. Prima \$/t	Carbon Kg/t	Costo Variable \$/t	Costo Total \$/t
39	1728	673	2.568	66,403	0	76,699	86,565
40	2308	843	2.738	70,798	0	81,085	90,981
41	3024	1146	2.639	68,730	340	81,946	101,812
42	2160	812	2.660	69,277	0	78,573	89,439
43	2155	840	2.292	59,683	351	83,327	93,193
44	2214	912	2.428	62,385	417	86,527	96,393
45	2214	782	2.831	72,740	0	83,036	92,902
46	1211	450	2.691	53,820	340	77,038	86,902
47	2500	1047	2.388	47,760	340	70,976	80,842
48	1449	621	2.333	46,660	0	56,956	66,822
49	2685	1010	2.639	52,760	364	76,908	86,774
50	1612	612	2.634	69,559	0	79,855	89,721
51	1996	808	2.476	61,434	378	86,084	95,960
52	2647	1045	2.533	52,686	181	68,660	79,726
53	3401	1593	2.135	42,700	0	52,966	62,862
54	2625	1114	2.356	47,120	224	65,928	75,794
55	2098	875	2.398	47,960	0	56,256	68,122
56	2548	1285	1.981	39,620	272	60,252	70,118
57	2615	1188	2.201	44,020	0	54,316	64,182
58	1650	614	2.687	53,740	228	72,700	82,566
59	1008	430	2.339	46,780	0	57,076	66,942
60	2563	1089	2.353	47,060	289	66,338	76,204
61	2551	968	2.640	52,800	0	63,096	72,962
23	50,838	20,853	2.443	54,378	169	71,010	80,875

**NOTAS :**

1. Costo ponderado de la materia prima, \$/Kg = 22.259
2. Costo de empaques, p/s = 2,000
3. Mano de obra p/t = 8,236
4. No hay aporte de energía eléctrica
5. Operación con carbon boque, 38 \$/t
6. Las primeras 3 columnas de la última fila son totales, las restantes columnas son promedios ponderados.

**CUADRO 20. Costo de producción de yuca seca en planta piloto de Chinú para Agosto de 1990.**

Lote	Yuca Fresca		Yuca Seca		Factor Convers.	M. Prima		Carbon		Costo Variable		Costo Total
	Kg		Kg			\$/t		Kg/t		\$/t		
62	3091		1152		2.683	53,660	0	0	0	67,773	81,951	
63	2682		908		2.954	59,080	325	12,350		85,543	99,721	
64	1829		701		2.609	52,180	0	0	0	66,293	80,471	
65	2605		1137		2.291	45,820	0	0	0	59,933	74,111	
66	3047		1370		2.224	44,480	201	7,638		66,231	80,409	
67	4786		1747		2.739	60,258	0	0	0	74,331	88,549	
68	2571		982		2.618	60,214	316	12,008		86,335	100,513	
69	5145		2485		2.070	41,400	0	0	0	55,513	69,691	
70	2590		1063		2.436	48,720	296	11,248		74,081	88,259	
71	1121		449		2.497	38,953	0	0	0	53,066	67,244	
72	3.866		1677		2.305	46,100	0	0	0	64,213	74,391	
11	33,333		13,671		2.438	49,663	87	3,306		67,099	81,277	

**NOTAS :**

1. Costo ponderado de la materia prima, \$/kg = 20.370
2. Costo de empaques, \$/t = 2,000
3. Mano de obra, \$/t = 12,113
4. No hay aporte de energía eléctrica
5. Operación con carbon coque, 38\$/kg
6. En las primeras 3 columnas de la última fila son totales, las restantes columnas son promedios ponderados.

**CUADRO 21. Costo de producción de yuca seca en planta piloto de Chinú para Septiembre de 1990.**

Lote	Yuca Fresca		Yuca Seca		Factor Convers.	M. Prima		Carbon		Costo Variable	Costo Total
	Kg		Kg			\$/t	Kg/t	\$/t	\$/t		
73	6271		2646		2.370	47,400	47	1,786	61,315	79,982	
74	1960		788		2.487	49,740	0	0	61,869	80,536	
75	3242		1312		2.471	50,161	0	0	62,290	80,957	
76	672		268		2.507	57,661	0	0	69,790	88,457	
77	1230		468		2.626	52,520	0	0	64,649	83,316	
78	6818		2716		2.510	55,220	0	0	67,349	86,016	
6	20,193		8,198		2.463	51,285	15	570	63,990	82,658	

NOTAS :

1. Costo ponderado de la materia prima, \$/kg = 20.822
2. Costo de empaques, \$/Kg = 2,000
3. Mano de obra, \$/t = 15,228
4. No hay aporte de energía eléctrica
5. Operación con carbon coque, 38 \$/kg
6. Las primeras 3 columnas de la última fila son totales, las restantes columnas son promedios ponderados.

animal. El costo de materia prima también disminuyó a partir de Junio por lo ya mencionado y debido a que se empezó a comprar la yuca al precio del mercado. El costo de carbón bajó a partir de Junio ya que muchos lotes se secaron al sol y además se cambió el combustible de carbón mineral a carbón coque.

Los CUADROS 16 a 21 presentan los costos de producción por lote y ponderados para cada mes. Se debe anotar que el costo de energía eléctrica no se incluyó porque este servicio no se cobró a la planta durante 1990. Se puede observar una gran variación en los costos de producción por lote en todos los meses. Esto se puede explicar por la variación en los precios de compra de yuca, por las dos modalidades de secado (natural y artificial), y por la inexperiencia de los operarios en el manejo de las distintas operaciones del proceso.

**CUADRO 22. Jornales y costos de la mano de obra en planta piloto de Chinú 1990.**

Período	Jornales* J	Valor pagado \$	\$/t
Abril	40	46,132	15,180
Mayo	125	170,266	15,228
Junio	120	160,690	13,213
Julio	125	173,000	8,296
Agosto	120	165,600	12,113
Septiembre	60	83,040	10,129
Total	590	798,728	11,558

\* Costo promedio del Jornal \$/J = 1.354

El CUADRO 22 presenta los jornales pagados por mes y el costo de mano de obra por tonelada. El proyecto generó 590 jornales directos en los seis meses de operación en 1990.

Las experiencias más valiosas en este período fueron en las áreas siguientes:

- compra de yuca fresca, que incluye la negociación con agricultores e intermediarios, identificación de zonas abastecedoras
- operación del quemador de carbón y contactos con proveedores de carbón
- conocimiento de las actitudes, comportamiento, y capacidad de aprendizaje del agricultor respecto a una nueva modalidad de trabajo para él.

Durante el período Septiembre a Diciembre en el cual la planta no procesó yuca, se liquidó al personal y se efectuaron trabajos de mantenimiento y reparación de la planta

piloto y se construyó el pozo y se instaló el agua. Los trabajos de reparación incluyeron la colocación de un piso de cemento más pulido, la construcción de una cerca alrededor de las instalaciones de la planta, el repello con mortero más rico de las paredes internas del secador, y la impermeabilización y repello del frente de la bodega.

En Diciembre también se efectuó la selección del nuevo personal seleccionado para la campaña 1991. Solamente se dejó un operario de la campaña anterior, el encargado del quemador, debido a su capacidad y experiencia. En este mes, con el apoyo de un técnico del CIAT, se reinició la capacitación en el manejo del proceso con los nuevos operarios.

## **1.12 SUMINISTRO DE AGUA**

Cuando se hizo la encuesta de la selección del sitio, se solicitó el servicio de agua para la planta a los miembros de la Junta Administradora del acueducto veredal situado en el corregimiento de San Mateo (Chinú). Desde esa época (Febrero 1989) hasta Marzo de 1990, las condiciones cambiaron; los miembros de la Junta Administradora fueron sustituidos por personas de San Mateo exclusivamente, cuando antes estaba conformada por representantes de las tres veredas que utilizan el servicio (San Mateo, Algarrobos y Pajonal). Esta nueva junta aprobó el suministro de agua para la planta piloto, pero la comunidad de San Mateo en Asamblea General decidió suspender el servicio con el pretexto de que el pozo se agotaría como consecuencia del supuesto elevado consumo de agua por parte de la planta procesadora.

Ante esta dificultad, en varias oportunidades se visitó en compañía de las directivas de COOPROALGA, a los miembros de la Junta Administradora del Acueducto para negociar el servicio de agua y hasta se les ofreció una donación para mejorarles el acueducto. La Junta intentó citar a la comunidad a una Asamblea para exponer los alcances del proyecto, pero ésta se negó.

La regional del Fondo DRI de Córdoba, a través de la Alcaldía de Chinú, intentó conseguir el servicio de agua para la planta, pero esto incrementó la rivalidad entre los corregimientos de Algarrobos (sede de la planta) y San Mateo, razón por la cual se discontinuó esta iniciativa.

Ante este inconveniente, las directivas de COOPROALGA decidieron dotar a la planta piloto con pozo propio. Para este efecto, se consultó a un experto de la región para realizar el estudio de cateo y la perforación de un pozo definitivo. COOPROALGA lideró esta iniciativa y aportó el 50% para este estudio (\$1.600.000). Durante el cateo se hicieron perforaciones en cuatro puntos diferentes y por último se localizó un acuífero a dos kms de la planta, en donde se construyeron dos pozos distanciados a seis metros. Para completar la financiación de este proceso, el CIAT, mediante

convenio con la ANPPY fechado Septiembre 1990, prestó la suma de Col\$3.200.000. El CUADRO 23 muestra el costo de la dotación de agua a la planta piloto, por valor de Col\$4.800.000.

**CUADRO 23. Costo de la dotación de agua a la planta piloto de Chinú**

Descripción	Col\$ Sept./90
Cateo y pozo definitivo	3.200.000
Motobomba a gasolina Barnes	500.000
2.000 mts manguera de 1 1/2"	960.000
Accesorios para manguera	140.000
<b>TOTAL</b>	<b>4.800.000</b>

La cooperativa tuvo la idea de construir un tanque elevado de 12 m<sup>3</sup> a una altura de 14 mts, que permitiera el suministro de acueducto a la comunidad de Los Algarrobos cuyo presupuesto era de \$2.400.000. Este dinero se solicitó a la Corporación del Valle del Sinú (CVS) sin haber obtenido una respuesta positiva. Esta idea aún sigue viva en las directivas de la cooperativa.

Todo este proceso de dotación de agua a la planta piloto culminó en Noviembre 1990.

# **PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA FASE PROYECTO PILOTO**

## **INFORME 2. OPERACION DE LA PLANTA DURANTE 1991**

**Por: Carlos Ostertag y Miguel Angel Viera**

### **2.1 ASPECTOS GENERALES**

Esta campaña fue la primera experiencia en la producción de trocitos premolidos de yuca bajo condiciones reales, por lo que se presentaron múltiples problemas que hicieron imposible la operación de acuerdo a las especificaciones de diseño de la planta piloto, que permitían una capacidad de una tonelada de trocitos premolidos al día de calidad adecuada para consumo humano, tal como se definió en la primera fase de este proyecto. Sin embargo, la información obtenida durante este año sirve de base para ajustar los equipos y el proceso de tal manera que se puedan lograr los objetivos propuestos.

Los principales problemas que impidieron la operación bajo las especificaciones originales fueron: (i) mala calidad de la materia prima por ataque de plagas en la zona de influencia de la planta piloto, (ii) falta de continuidad en el suministro de yuca fresca por incumplimiento de proveedores e insuficiencia de capital de trabajo, (iii) el ineficiente sistema de secado causaba un tiempo de secamiento muy largo, y (iv) racionamientos de energía eléctrica.

En 1991 la planta piloto operó durante los meses de Enero a Julio y de Noviembre a Diciembre, un total de nueve meses, en los cuales se procesaron 125.2 toneladas de yuca fresca para producir 42.9 toneladas de yuca seca con un factor de conversión ponderado para toda la campaña de 2.92. Como ya se mencionó, este factor de conversión no es el más típico, ya que la yuca de la zona sufrió ataques de bacteriosis y comején, incrementándose el porcentaje de pérdidas hasta un nivel de 30 a 35%.

Durante el período de Agosto a Octubre se efectuaron trabajos de mantenimiento de equipos y reparación de la planta piloto, que se detallarán en otra sección más adelante.

### **2.2 CAPACITACION DEL PERSONAL DE LA PLANTA**

En esta campaña la capacitación en servicio se continuó ofreciendo por el asesor CIAT, quien capacitó al nuevo Jefe de Producción y a los tres operarios en la tecnología de procesamiento. El asesor CIAT contó con el apoyo de un técnico durante Enero y Febrero del 1991. En Junio 1991, un operario del CIAT experto en el manejo de quemadores de carbón, entrenó a los operarios en este aspecto durante 20 días.

La contabilidad fue otro tema de capacitación en servicio este año. Con la colaboración de una contadora con sede en Sincelejo, se adiestró por cuatro meses (Marzo-Junio 1991) a un grupo de 5 socios jóvenes de la cooperativa de los cuales dos son bachilleres y eran operarios de la planta piloto. El mejor alumno de este grupo continuó su capacitación hasta Diciembre 1991 y actualmente es el Jefe de Producción y el Tenedor de libros de la planta.

Además, el asesor CIAT realizó dos talleres en Agosto y Septiembre con la participación de el Gerente, el Tesorero, el Presidente del Consejo de Administración, y los operarios de la planta piloto en las áreas de Control de Calidad del Proceso y Gerencia. La duración de cada taller fue de un día.

## **2.3 MATERIA PRIMA**

### **2.3.1 SUMINISTRO**

Durante 1988 se censaron en Chinú un total de 982 has. cultivadas con yuca y maíz y se estimaba una producción de 9.820 toneladas de yuca fresca. Un nuevo estimado para 1991 concluye que el área en estos cultivos aumentó hasta alcanzar las 1400 has., un incremento del 43%, y actualmente la producción llega a 14.000 toneladas anuales. Esta situación se debió en parte a que en 1989 y 1990 se perdió la producción de ñame por causa de la antracnosis, obligando al agricultor a reemplazar este cultivo por yuca.

Simultáneamente, en Chinú se ha incrementado el área de pistas de secado natural de yuca en 7.000 m<sup>2</sup>, siendo el total actual de 14.500 m<sup>2</sup>. Asumiendo una utilización de capacidad del 80%, la agroindustria de secado natural de yuca está demandando cerca a 6.600 toneladas anuales de yuca.

Durante la época de cosecha, de Diciembre a Abril, la oferta de yuca es alta y proviene de Chinú, suministrada por los mismos agricultores. En el período de Mayo a Octubre la oferta disminuye bastante y llega, a través de intermediarios, de otras zonas en donde no existe la agroindustria de yuca seca, como el sur de Córdoba.

En 1991 se implementaron cuatro modalidades diferentes en la compra de raíces. La diferencia de cada modalidad residía principalmente en si COOPROALGA o la planta piloto asumía el rechazo y las pérdidas.

Durante los meses de Enero y Febrero la planta operó con yuca suministrada a crédito por COOPROALGA, la cual compraba la yuca a los agricultores de Chinú y la destinaba para la planta piloto. La planta piloto seleccionaba y adecuaba la yuca y pagaba, al mismo precio, a COOPROALGA solamente la yuca que entraba a la operación de lavado. El rechazo y las pérdidas del proceso eran para COOPROALGA sin costo. Esta manera era económicamente muy ventajosa para la planta piloto.



Durante el período entre Marzo a Julio (excluyendo el mes de Mayo), la planta piloto compraba la yuca a los agricultores e intermediarios y el rechazo y pérdidas se vendían a COOPROALGA a mitad de precio. Esta modalidad significaba un costo mayor de la materia prima frente a la anterior.

La tercera forma implementada en Mayo consistía en que el rechazo y pérdidas se vendía a COOPROALGA al mismo precio que se pagaba por la yuca fresca. El costo de la materia prima de esta estrategia era casi equivalente al del primer caso.

La cuarta modalidad, utilizada en Noviembre y Diciembre, consistía en que las raíces se preseleccionaban en el cultivo y la planta piloto la adquiría al precio del mercado agroindustrial. El rechazo de esta preselección lo compraba COOPROALGA al mismo precio. Este último caso es el más conveniente y de menor costo para la planta piloto por dos razones: (i) reduce significativamente la demanda de mano de obra en la operación de selección y adecuación, y (ii) presenta un costo de materia prima relativamente bajo.

El cuarto sistema de compra de yuca se implementó con agricultores de Chinú. Sin embargo, se considera que no hay razón alguna para que no sea factible su funcionamiento con agricultores de otras zonas por estas razones: (i) se paga el mismo precio por la yuca escogida y por el rechazo, (ii) el transporte de toda la yuca se efectúa en el mismo vehículo, y (iii) la selección no significa mano de obra adicional para el agricultor.

El CUADRO 1 presenta información general respecto al suministro de yuca para la planta piloto durante 1991. El CUADRO 2 clasifica el suministro de materia prima por región; se puede destacar la importancia de Chinú. El CUADRO 3 agrupa la provisión de raíces de acuerdo a variedad, resaltando Revoltura y P-12. La Revoltura se compone de P-12, Venezolana y otras, y es el resultado de la tendencia actual de substituir la primera por otras variedades de mayor contenido de materia seca.

### **2.3.2 ESTACIONALIDAD**

Como se mencionó en la sección anterior, en los meses de Diciembre a Abril la oferta de yuca es alta y proviene de Chinú, suministrada por los mismos agricultores. Luego en el período de Mayo a Octubre la oferta baja y llega a Chinú, a través de intermediarios, de otras zonas en donde no existe la agroindustria de yuca seca, como el sur de Córdoba.

Se han contactado cuatro proveedores intermediarios para la época de oferta baja; uno opera en la zona de Sahagún, otro en Ciénaga de Oro, el tercero al sur de Córdoba (municipios de Colomboy, La Y, y Buenavista), y el cuarto tiene sede en Corozal y opera en la región de San Onofre al noreste de Sucre.

**CUADRO 1. Información sobre el suministro de la materia prima para cada lote procesado en la planta piloto para 1991.**

Fecha	Variedad	Lote No.	Proveedor		Cantidad kg	Precio kg
			Nombre	Localización		
Enero	P-12	1-8	Cooproalga	Chinú	17.035	24,0
Febrero	Rev	9-14	Cooproalga	"	13.715	23,5
Marzo 1/12	Rev	15-18	Cooproalga	"	6.229	23,5
Marzo 14	Ven	19	Rafael Sarmiento	"	2.486	23,0
Marzo 16	"	20	Luis Hernán Rivas	"	2.394	23,0
Marzo 19	Rev	21	Juan Espriella	"	1.757	24,0
Marzo 21	P-12	22	Félix Alvarez	"	2.716	24,0
Abril 6	Ven	23	Afrodisio Mercado <sup>1</sup>	Sampues	1.914	25,0
Abril 28	Rev	24	Eduardo Lozano <sup>1</sup>	Chinú	3.255	26,4
Mayo 5	Rev	25	José Lozano <sup>1</sup>	Chinú	2.753	25,0
Mayo 6/9	Rev	26/27 <sup>2</sup>	José Luis Andrade <sup>3</sup>	Ciénaga de Oro	5.013	25,0
Mayo 10	Cojón	28	"	"	2.260	25,0
Mayo 18/20	"	29/30 <sup>2</sup>	"	"	3.770	25,0
Mayo 21	Llan	31	"	"	2.535	25,0
Mayo 23/25	Cojón	32/33 <sup>2</sup>	"	"	3.562	25,0
Mayo 27	"	34	"	"	2.540	25,0
Junio 6	Rev	35	Olimpo Guzmán <sup>4</sup>	Colomboy	2.781	24,0
Junio 7	"	36	José Luis Andrade <sup>3</sup>	Ciénaga de Oro	2.500	25,0
Junio 14	"	37	"	"	1.800	24,0
Junio 15	"	38	José Domingo Díaz	Chinú	2.500	24,0
Junio 18	"	39	Ignacio Tamara	"	1.800	24,0
Junio 19	Llan.	40	José Luis Andrade <sup>3</sup>	Ciénaga de Oro	2.805	24,0
Junio 20	Rev	41	Olimpo Guzmán <sup>4</sup>	Sahagún	2.900	24,0
Junio 22	P-12	42	Daniel Díaz <sup>1</sup>	Chinú	1.744	24,0
Junio 27	Ven	43	Olimpo Guzmán <sup>4</sup>	Sahagún	2.221	24,0
Julio 1	Rev	44	Jorge Bula	Planeta Rica	2.438	24,0
Julio 4	Rev	45	Jorge Bula	Planeta Rica	2.271	24,0
Nov. 12	P-12	46	Daniel Díaz <sup>1</sup>	Chinú	1.406	26,0
Nov. 14	Rev	47	Aníbal Soto	"	1.825	26,0
Nov. 15	P-12	48	Daniel Díaz <sup>1</sup>	"	2.310	26,0
Nov. 18	Rev	49	Hernán Villadiego	"	3.427	26,0
Nov. 21	Rev	50	Calixto Arcia	"	2.360	26,0
Nov. 21	P-12	51	Virgilio Sarmiento	"	3.384	26,0
Dic. 2	Rev.	52	Edilberto Guerra	Chinú	2.418	25,0
Dic. 4	"	53	Juan Espriella	"	2.414	25,0
Dic. 4	"	54	Luis Rivero	"	2.081	25,0
Dic. 5	Llan.	55	Misael Madera	"	2.214	25,0
Dic. 9	P-12	56	Eliécer Rivero	"	1.628	25,0

**NOTAS :**

1. Agricultores vinculados con parcelas de preproducción.
2. La yuca fresca adquirida se repartía para los 2 lotes.
3. Agricultor e intermediario de Ciénaga de Oro-Córdoba.
4. Proveedor intermediario que opera en la zona de Sahagún-Córdoba.

**CUADRO 2. Suministro de yuca a la planta piloto por zona, 1991.**

Región	Cantidad (kgs)	%
Chinú	83.852	67
Ciénaga de Oro	26.685	21
Sahagún	7.902	6
Otros	6.623	6
<b>TOTAL</b>	<b>125.162</b>	<b>100</b>

**CUADRO 3. Suministro de yuca a la planta piloto por variedad, 1991.**

Variedad	Cantidad	
	(kgs)	%
Revoltura	66.237	53
P-12	30.223	24
Cojón	12.132	10
Venezolana	9.015	7
Llanera	7.554	6
<b>TOTAL</b>	<b>125.161</b>	<b>100</b>

Con el fin de poder realizar compras de yuca a estos intermediarios especializados, es indispensable pagar de contado o darles un anticipo satisfactorio y el saldo a ocho días.

A finales de 1991 surgió un esfuerzo liderado por COOPROALGA con la vinculación de las otras dos cooperativas campesinas de Chinú (COOPROCA y COOPROLONOPAL), consistente en arrendar tierras (30 has., aproximadamente) para sembrar yuca destinada a ser cosechada en el mes de oferta baja, especialmente de Julio a Septiembre. El objetivo es de que estas parcelas provean el 100% de los requerimientos de materia prima de la planta durante este período.

Esta modalidad ofrece las ventajas de que baja los riesgos de incumplimiento de proveedores y puede mejorar la calidad de la materia prima y del producto final.

### 2.3.3 PRECIOS

Para la campaña Diciembre 1990 a Abril 1991, los precios de compra para yuca puesta en planta fijados en Córdoba para la agroindustria de secado fueron de \$23/kg para no socios y de \$24/kg para socios de las organizaciones. En Sucre se eliminó esta distinción y se pagó a \$22/kg. En Chinú una de las tres cooperativas existentes fijó precios mayores, de \$24 para no socios y \$25 para socios.

Durante esta campaña, en los meses de oferta alta, la planta piloto pagó precios que oscilaron entre \$23-25/kg puesta en planta. En los meses de escasez estuvieron entre \$24 y \$ 26/kg. Ver CUADRO 1.

Los precios anteriores rigen para zonas en donde se ha establecido la agroindustria de yuca seca, la cual establece un precio piso. Es posible traer yuca a precio más bajo de regiones en donde no existe esta agroindustria reguladora.

Cuando la distancia entre el cultivo y la planta es de cuatro kms o menos, el transporte se hace mediante burros o tractor con remolque. En el primer caso, este costo no se presupuesta; en el caso del tractor se cobró \$150/bulto, o sea el equivalente de \$2.400/ton, para la campaña. Para distancias mayores se usan camiones con una capacidad de carga entre ocho a diez toneladas, y el flete por kg osciló entre \$3.000 a \$3.500/ton, asumiendo un cupo completo.

La estructura de costos aproximada de un intermediario típico que abastece a la agroindustria del secado, para la campaña 1990/91 se muestra abajo. Para un viaje de 10 toneladas, el comerciante se gana un mínimo de \$8.000. En ocasiones gana más debido a que compra la materia prima a un precio menor.

Precio pagado al productor	\$ 18.00/kg
Flete en camión	3.00/kg
Gastos varios	1.20/kg
<b>TOTAL</b>	<b>22.20/kg</b>
Precio de venta	23.00/kg
Margen neto	.80/kg

El comerciante que opera en el mercado en fresco pagó al agricultor \$25 por kilo de yuca seleccionada puesta en el cultivo. El rechazo representa generalmente un 30%, el cual es vendido a la agroindustria de secado a mitad de precio (\$11.50).

#### 2.3.4 CALIDAD

Las raíces provenientes de Chinú, suministradas a la planta piloto en los meses de Enero a Marzo, eran de mala calidad porque habían sido atacadas por bacteriosis y comején, lo que las hacía delgadas, con alto porcentaje de rabos y deterioro y, consecuentemente, la proporción rechazada era elevada. Esto repercutió de manera negativa en el factor de conversión. En Abril se compró yuca de buena calidad proveniente de una parcela de pre-producción de Chinú, pero su costo era elevado. Durante los meses de Mayo y Junio se compró yuca originaria de tierras bajas y húmedas de Ciénaga de Oro, lo que propiciaba el ataque de hongos. En Julio se adquirió yuca de buena calidad proveniente de otra zona al sur de Montería. La yuca adquirida en Noviembre y Diciembre, proveniente de Chinú estaba libre de plagas y su edad era de 6 a 7 meses.

La frescura de la yuca procesada en los meses de Enero, Febrero y mitad de Marzo era dudosa, ya que llegaba primero a la planta de secado natural aledaña y luego era escogida y trasladada a la planta piloto. Consecuentemente, antes de su procesamiento pasaban dos o tres días e incluso en algunos lotes se notó inicios de deterioro fisiológico. Esta situación se presentó porque la planta piloto inició labores con capital de trabajo insuficiente, lo que la hizo dependiente de la planta de secado natural. La yuca de Ciénaga de Oro procesada en Mayo y Junio también presentó problemas de frescura por causa del retraso en el transporte debido al mal estado de las vías por las lluvias. Los lotes 29, 30, 33, 34, 39, 40, 42, 44, y 45 (Ver CUADRO 1) fueron de buena calidad.

Desafortunadamente, en esta campaña se detectó un problema de contaminación con coliformes fecales a nivel del cultivo causado por la costumbre general de los agricultores de defecar en la parcela. Otro factor de contaminación fecal lo constituye el hecho de que los animales domésticos como cerdos, vacas, y aves se mantienen en libertad.

Los requerimientos de calidad para las raíces de yuca a ser procesadas en la planta piloto son las siguientes:

- (i) debe ser fresca, la pulpa debe tener el color característico de la variedad, sin manchas que indiquen que ya está pasada.
- (ii) debe ser de una variedad dulce
- (iii) la edad de cosecha debe estar preferiblemente entre los 10 a 12 meses
- (iv) debe estar libre de raíces secundarias, heridas, cortaduras o nódulos
- (v) libre del ataque de plagas, enfermedades, pudriciones, hongos y olores extraños

La yuca debe llegar a la planta el primer día de la cosecha para ser procesada antes del tercer día posterior a la cosecha. El control de las condiciones generales de la materia prima permitirá obtener un producto de buena calidad.

## **2.4 PROCESAMIENTO**

### **2.4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO**

El proceso implementado en 1991 consiste de las siguientes operaciones: cosecha y transporte, recepción y pesaje, selección y adecuación, lavado, trozado, secado, premolienda y almacenamiento. La FIGURA 1 muestra estas operaciones en forma

gráfica. Para mayor información sobre los equipos, ver INFORME 1, Sección 1.6, de este informe.

### Cosecha y transporte

Aunque esta operación es ejecutada y coordinada por el proveedor, es conveniente que la administración de la planta tenga ingerencia en esta actividad debido a su importancia respecto a la continuidad del suministro y a la calidad del producto final.

Esta operación se realiza en la siguiente secuencia. Con anticipación se entregan los empaques de fique al agricultor y se fija de común acuerdo el turno de entrega de las raíces. Un día antes del turno fijado, el agricultor poda las plantas a cosechar y escoge las estacas para semilla. Al día siguiente, realiza las labores de arranque, empaque, transporte y entrega de la materia prima en planta por la mañana o al mediodía. El vehículo de transporte puede ser un burro, tractor, campero o camión.

### Recepción y pesaje

En esta operación se reciben las raíces de yuca y se pesan para su control de entrada. El descargue se hace por cuenta del proveedor. La yuca se recibe en bultos de 50-60 kgs y el pesaje se efectúa en una balanza comercial de 500 kgs. Esta operación, supervisada por el Jefe de Producción, debe culminar máximo a las 14:00 horas.

### Selección y adecuación

Luego de la recepción, las raíces se movilizan a la zona de esta operación. En la selección se eliminan las raíces pequeñas o que presenten algún síntoma de deterioro, ataque de plagas o enfermedad. Las raíces muy grandes se parten en dos. En la adecuación se retira el tocón o pedúnculo de las raíces.

Para este efecto se utiliza una mesa metálica, en donde se esparce el contenido de los bultos de raíces, se hace la labor y la yuca seleccionada se empaca en costales para esta función. La mesa viene equipada con ganchos para colgar los costales. El rechazo se empaca por separado y luego se pesa.

### Lavado

En el lavado se elimina al máximo la tierra y otros contaminantes de la materia prima como tallos, hojas, etc. Un buen lavado se refleja en el bajo contenido de cenizas en el producto final.

La máquina lavadora consiste de un tambor metálico de forma cilíndrica (0.9 mt de diámetro y 0.8 mts de largo) que gira sobre cuatro rodillos metálicos a 30 rpm. Por

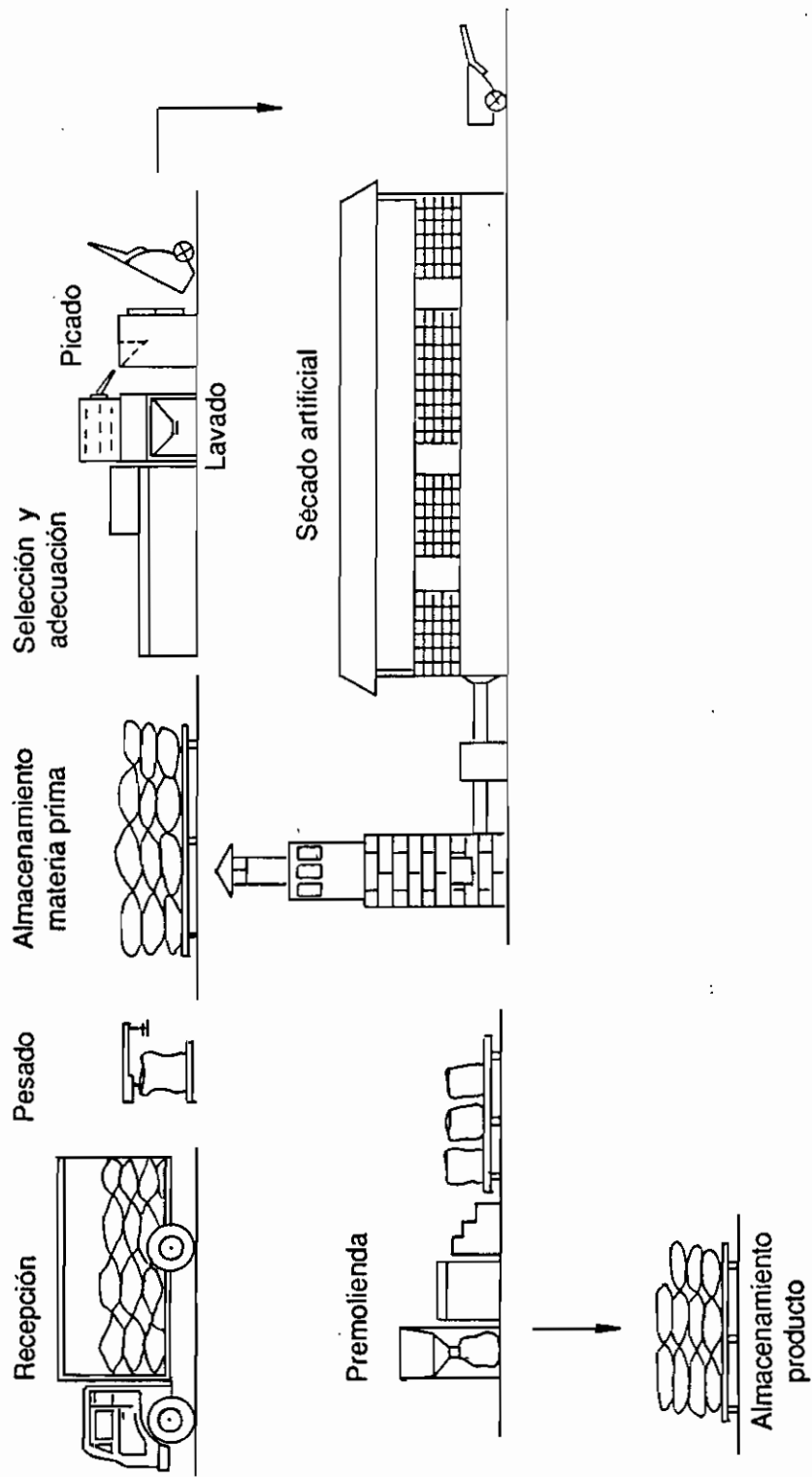


FIGURA 1. DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL PROCESO DE TROCITOS SECOS DE YUCA

una abertura periférica en el tambor y con la máquina detenida se introducen las raíces en tandas de 110 a 120 kgs. Para el lavado se usa agua potable que se aplica a presión dentro del tambor a un flujo de 32 litros por minuto durante cinco minutos. La acción combinada, tanto del agua como de la fricción entre raíces y paredes del tambor, remueve las impurezas y la mayoría de la cascarilla café exterior. Este desecho sale por las perforaciones en el tambor hacia una malla que separa el desecho del agua.

Para mejorar la calidad microbiológica del producto final, se optó por realizar una desinfección aplicando al final de lavado una solución de hipoclorito de sodio en agua de 200 ppm.

Para alimentar la lavadora, se colocan varios bultos en una mesa aledaña desde donde se cargan manualmente dos o tres bultos por una abertura periférica en el tambor. Para la descarga, se introduce una tolva axial dentro del tambor en movimiento, por donde descienden la raíces lavadas hacia la trozadora.

### Trozado

Esta operación de reducción de tamaño es necesario para acelerar el secado de las raíces. Se efectúa en la máquina trozadora cuyo componente principal es un disco que rota a 1.200 rpm y está montado verticalmente en una estructura metálica. El disco, con un diámetro de 0.9 mt, porta varias cuchillas acanaladas en forma trapezoidal y desfasadas para facilitar la labor, las cuales impactan sobre las raíces que descienden por la tolva de alimentación y las transforman en trozos. La tolva de descarga de la máquina lavadora y la tolva de alimentación de la trozadora se acoplan directamente con una diferencia de alturas para mantener el flujo de raíces de yuca, por lo que el lavado y el trozado son operaciones simultáneas.

Para recolectar los trozos de la picadora, se acopla un carro metálico con rodachines que se usa para transportarlos hacia la cámara de secado.

### Secado

En esta operación se reduce por evaporación la humedad de los trozos de yuca hasta alcanzar un nivel inferior al 14% en base húmeda. El sistema de secado consta de un quemador de carbón coque, un intercambiador de calor, un ventilador, cámara de secado y ductos.

El secado se consigue circulando aire caliente a través de una capa de trozos de yuca colocados sobre un piso falso dentro de una cámara. El aire es calentado por el quemador de carbón con intercambiador de calor, y es impulsado por todo el sistema mediante un ventilador centrífugo de 0.8 mt de diámetro que rota a 1420 rpm movido por una correa conectada a un motor de 6.75 kW.



La cámara consta de dos compartimientos, cada uno de 10 x 1 mt. La cámara de secado tiene una profundidad de 0.43 mts. El piso de la cámara, a 0.68 mt del suelo, consiste de láminas de hierro galvanizado con perforaciones hechas a mano y sostenida mediante vigas de madera. Se colocan cubiertas de madera cuando la cámara está en uso. El caudal del aire se controla mediante aletas reguladoras colocadas a la entrada de la cámara plenum.

El quemador se enciende una hora antes de que se termine el cargue de la cámara. Los trozos húmedos se descargan en la cámara y se distribuyen uniformemente. Una vez cargada la cámara, se ponen las cubiertas y se prende el ventilador. Durante el tiempo de secado, los trozos son volteados cada 2-3 horas para facilitar su secado; los operarios usan botas y palas de aluminio lavadas. Durante el volteado se apaga el ventilador.

Una vez se haya alcanzado la humedad requerida, los trozos se dejan enfriar, algunas veces durante la noche, y posteriormente se empaacan en bolsas de polipropileno utilizando un embudo y se transportan a la bodega.

#### Premolienda

En esta operación, se reduce el tamaño de los trozos secos para facilitar la molienda en el molino de trigo y para aumentar su densidad para bajar el costo del transporte. Para este efecto, se usa una máquina premoledora consistente de dos rodillos, de 0.50 mt de largo y un diámetro de 0.15 mt, forrados en malla metálica expandida que giran en sentido contrario. Un rodillo rota a 420 rpm y el otro a 240 rpm, ambos movidos por una polea conectada a un motor eléctrico de 0.75 kW. La máquina produce trocitos con diámetro de 2-4 mm y tiene una capacidad de 600 kg/hora.

Los trozos son alimentados a la máquina por gravedad, a través de una tolva y pasan por entre los rodillos que producen la reducción del tamaño. Luego son descargados a otra tolva de salida para ser empacadas en bolsas de polipropileno de 50 kgs. El cerrado de las bolsas es por costura manual.

#### Almacenamiento

Los trocitos empacados en bultos de 50 kgs se almacenan en la bodega, formando arrumes sobre estibas de madera. Los arrumes se forman dejando áreas de acceso, limpieza o fumigación.

#### Higiene en la planta

Los operarios han sido dotados con dos juegos de uniformes, uno para el área de procesamiento de raíces (recepción, adecuación, lavado) y el otro para el área de procesamiento de trozos (secado, premolienda y almacenamiento).

Se emplean procedimientos estrictos para los equipos, especialmente para la unidad de lavadora/trozadora. Luego de preparar las raíces, el desecho se elimina y el piso se barre y se lava con manguera. Luego de la producción de un lote de trozos húmedos, la unidad de lavado/trozado se limpia lavando con manguera para eliminar residuos, restregando con jabón y agua, y luego enjuagando con agua clorinada a 5 ppm. El disco cortador se retira para su limpieza y no se reemplaza hasta inmediatamente antes de su uso posterior. Antes de ser utilizada, las superficies de la máquina se enjuagan una vez más con agua clorinada. Las superficies del piso se limpian todos los días; la basura sólida se barre y se retira y los pisos se lavan con manguera. La cámara de secado se barre después de cada lote y luego se lava con manguera, incluyendo la cámara plenum. Los desagües se inspeccionan y limpian de manera regular.

## 2.4.2 PARAMETROS DE PROCESAMIENTO

En esta sección se presentan los principales parámetros de cada operación del proceso.

### Selección y Adecuación

Los CUADROS 4 a 12 muestran los datos por mes y para cada lote correspondientes al volumen de yuca fresca que entra y sale de la operación, el rechazo (raíces y tierra), porcentaje de rechazo y requerimientos de mano de obra. El rechazo de raíces oscila entre el 5 y el 40%, dependiendo de la edad y calidad de la yuca. Para los lotes presentados en los CUADROS 4 a 10, la edad de la yuca osciló entre 8 a 12 meses y su calidad fue deficiente; para los lotes de los CUADROS 11 y 12 (Noviembre y Diciembre), la edad de la yuca fue de 6 y 7 meses y estaba libre de plagas. En estos dos últimos meses se implementó la preselección de la yuca en la cosecha.

Se puede concluir que en caso de yuca de buena calidad entre 8-12 meses y sin preselección en el cultivo, el porcentaje de yuca rechazada puede estar entre 5 y 10%, pero puede elevarse hasta un 40% en caso de ataques de plagas y enfermedades. En el caso de la yuca de 6 y 7 meses, pero con preselección en el cultivo, el porcentaje de rechazo estuvo en un rango similar. **En consecuencia, se espera que con yuca de mayor edad y manteniendo la preselección, el rechazo puede estar por debajo del 5%.**

El porcentaje de tierra es una función del tipo de suelo y de su humedad. En los CUADROS 4 a 7, correspondientes a meses secos, el contenido de tierra aparece generalmente por debajo del 1%. En los meses lluviosos, este porcentaje llega a más del 2%.

Los requerimientos de mano de obra para esta operación fueron altos durante todo el período ya que osciló entre 17 y 87 horas-hombre por tonelada de yuca seca. Esta

gran variación se debió a las diferencias en la calidad de los lotes de raíces, a la inexperiencia de los operarios y a la falta de un control estricto sobre el tiempo. En los meses de Noviembre y Diciembre, el uso de mano de obra bajó ligeramente por la preselección realizada. **El objetivo respecto a demanda de mano de obra para esta operación es de 20 horas-hombre por tonelada de yuca seca, manteniendo la preselección en la cosecha y contando con personal calificado.**

**CUADRO 4. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Enero de 1991.**

Lote No.	Yuca fresca		Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Entra Kg	Sale Kg	Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
			Kg	%	Kg	%				
1	2,086	1,966	103	5	17	1	4	7	13.4	36.7
2	2,500	2,258	184	7	58	2	3	8	9.6	27.6
3	2,505	2,262	235	9	7	0.3	3	7	8.4	24.0
4	1,584	1,318	266	17	15	1	4	6	15.0	48.0
5	2,511	2,143	347	14	21	1	4	5	8.0	25.0
6	2,124	1,701	398	19	25	1	3	8	11.0	40.0
7	2,979	2,615	334	11	30	1	3	8	8.0	25.4
8	3,076	2,566	477	15	33	1	3	7	6.8	21.5

NOTA :

La materia prima del proceso para cada lotes es la suma de la cantidad de yuca fresca que sale y la cantidad de tierra, ya que la yuca rechazada se vende al mismo precio para consumo animal a Cooprolga Ltda.

**CUADRO 5. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Febrero de 1991.**

Lote No.	Yuca fresca		Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Entra Kg	Sale Kg	Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
			Kg	%	Kg	%				
9	2,609	2,196	391	15	22	1	3	9	10.0	28.0
10	3,223	2,626	572	18	25	1	3	9	8.4	29.0
11	3,191	2,951	0	0	240	7	3	7	6.6	18.0
12	2,659	2,274	375	14	10	0.4	4	9	13.5	43.0
13	2,469	2,116	330	13	23	1	3	8	9.7	27.6
14	1,423	1,210	191	13	22	1	3	7	15.0	57.0

NOTA :

La materia prima del proceso es la suma y la cantidad de yuca que sale y la cantidad de tierra, porque la yuca rechazada se vende al mismo precio para consumo animal.

**CUADRO 6. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Marzo de 1991.**

Lote No.	Yuca fresca		Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Entra Kg	Sale Kg	Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
			Kg	%	Kg	%				
15	2,548	1,921	612	24	15	0.6	4	7	11.0	36.0
16	2,247	1,320	914	40	13	0.6	3	11	14.7	89.0
17	2,175	1,708	447	20	20	1	3	9	12.4	47.0
18	2,486	1,804	651	26	31	1	3	8	9.6	42.0
19	2,394	1,728	650	27	16	0.7	3	9	11.0	42.0
20	2,716	1,926	767	28	23	1	-	-	-	-
21	2,458	1,822	603	24	33	1	-	-	-	-
22	3,147	2,165	955	30	27	1	3	11	10.5	53.0

**NOTAS :**

1. Para los lotes 15 a 17, la materia prima del proceso es la suma de la cantidad de raíces, que sale y la cantidad de tierra.
2. Para los lotes 18 a 22 la materia prima del proceso es la suma de la cantidad de yuca fresca que sale más la cantidad de tierra más la mitad de la cantidad de yuca rechazada, ya que la yuca rechazada se vende a mitad del precio de compra.
3. No se registraron los valores cuando aparece una línea.

**CUADRO 7. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Abril de 1991.**

Lote No.	Yuca fresca		Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Entra Kg	Sale Kg	Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
			Kg	%	Kg	%				
23	1,914	1,896	-	-	18	1	3	7	11.0	36.0
24	3,255	2,354	871	27	30	1	4	10	12.3	53.0

**NOTA :**

La materia prima del proceso es la suma de la cantidad de yuca fresca que sale y de la cantidad de tierra, ya que la yuca rechazada se vende al mismo precio de compra.

**CUADRO 8. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Mayo de 1991.**

Lote No.	Yuca fresca		Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Entra Kg	Sale Kg	Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
			Kg	%	Kg	%				
25	3,908	2,712	1155	29	41	1	8	4	8.2	32.0
26	3,908	2,728	1155	29	25	0.6	-	-	-	-
27	2,850	2,630	190	7	30	1	-	-	-	-
28	2,694	2,325	369	14	25	1	-	-	-	-
29	2,500	2,470	0	0	30	1	8	4	12.8	35.0
30	1,270	1,250	0	0	20	1.5	4	8	25.0	67.0
31	2,535	2,500	0	0	35	1.4	8	4	12.6	35.0
32	2,290	2,250	0	0	40	1.7	8	4	14.0	35.0
33	1,272	1,250	0	0	22	1.7	4	8	25.0	62.5
34	2,540	2,500	0	0	40	1.6	8	4	12.6	36.0

NOTA :

1. La materia prima del proceso es la suma de la cantidad de yuca fresca que sale más la cantidad de tierra, ya que la yuca rechazada se vende al mismo precio de compra.
2. No se registraron los valores cuando aparece una línea.

**CUADRO 9. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Junio de 1991.**

Lote No.	Yuca fresca		Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Entra Kg	Sale Kg	Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
			Kg	%	Kg	%				
35	2,781	-	-	-	-	-	6	8	17.2	52.0
36	2,500	-	-	-	-	-	6	8	19.2	60.0
37	1,800	-	-	-	-	-	6	6	20.0	59.3
38	2,500	-	-	-	-	-	8	7	22.4	62.5
39	1,800	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	2,805	-	-	-	-	-	-	-	-	-
41	2,900	-	-	-	-	-	4	7	9.6	28.4
42	2,606	1,674	862	33	70	3	5	7	13.4	72.6
43	3,335	2,151	1114	33	70	2	5	8	12.0	64.0

NOTAS :

1. La materia prima del proceso para los lotes 42 y 43 es la suma de la cantidad de yuca fresca que sale y de la cantidad de tierra, ya que la yuca rechazada se vende al mismo precio de compra.
2. No se registraron los valores cuando aparece una línea.

**CUADRO 10. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Julio de 1991.**

Lote No.	Yuca fresca		Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Entra Kg	Sale Kg	Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
			Kg	%	Kg	%				
44	3,363	2,271	1012	30	80	2.4	6	5	8.9	42.0
45	3,491	2,438	963	27	90	2.5	6	5	8.6	35.7

NOTA :

La materia prima del proceso es la yuca fresca que sale, ya que la yuca del rechazo se venden a Cooproalga al mismo precio de compra.

**CUADRO 11. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Noviembre de 1991.**

Lote No.	Yuca fresca		Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Entra Kg	Sale Kg	Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
			Kg	%	Kg	%				
46	2,048	1,356	642	31	50	2.4	3	3	4.4	21.0
47	1,901	1,699	153	8	49	2.6	4	5	10.5	37.0
48	2,395	2,181	171	7	43	1.8	4	5	8.3	30.0
49	3,578	3,197	303	8.5	78	2	4	8	8.9	28.4
50	2,446	2,224	172	7	50	2	4	8	13.0	41.0
51	3,512	3,185	257	7	70	2	5	6	8.5	25.0

NOTA :

1. Para el lote 46 la materia prima del proceso es la suma de la cantidad de yuca fresca que sale y la cantidad de tierra, pues la yuca rechazada se vende al mismo precio de compra.
2. Para los lotes 47 a 51, la materia prima del proceso es la suma de la yuca fresca que sale más la mitad de la yuca del rechazo más la tierra, ya que la yuca rechazada se vende a la mitad del precio de compra.

**CUADRO 12. Información de la operación de selección y adecuación en la planta piloto de Chinú para Diciembre de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Rechazo				Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Raíces		Tierra				h-hm/tyf	h-hm/t
	Kg	%	Kg	%						
52	2,474	2,321	113	4.5	40	1.6	3	6	7.3	20.0
53	2,530	2,252	233	9	45	1.8	4	5	7.9	24.7
54	2,148	1,975	135	6	38	1.8	4	5	9.3	32.0
55	2,269	2,116	111	5	42	1.8	4	5	8.8	26.0
56	1,701	1,532	147	8.6	22	1.3	3	3	5.3	15.7

NOTA :

La materia prima del proceso es la suma de las cantidades de la yuca fresca que sale más la mitad de la yuca del rechazo más la tierra, ya que la yuca rechazada se vende a mitad del precio de compra.

### Lavado y trozado

Los CUADROS del 13 al 21 presentan datos sobre esta operación por mes para cada lote respecto a volumen de yuca fresca de entrada y salida, consumo de agua, tiempo de lavado, y requerimientos de mano de obra.

El rechazo en este caso se compone de cáscara, tierra y fracciones de pulpa. El rechazo normal en el caso de yuca de 8 a 12 meses es bajo, de 2 a 3%. Sin embargo, se puede observar en los CUADROS 20 y 21 que la yuca joven de 6 a 7 meses pierde mayor cantidad de parénquima, aumentando el porcentaje de rechazo hasta el 8%. **Una norma para este porcentaje de rechazo podría ser del 5%.**

El consumo de agua estuvo entre 1 y 2 m<sup>3</sup> por tonelada de yuca fresca; este valor es función del tiempo de lavado y el caudal de agua. El tiempo de lavado osciló entre 5 y 7 minutos y el caudal de agua se mantuvo constante en 0.03 m<sup>3</sup>/minuto. A su vez, el tiempo de lavado depende del contenido de tierra de las raíces, el cual es mayor en los meses de lluvia. **Una cifra patrón para el consumo de agua es de 2.0 m<sup>3</sup>/ton de yuca fresca.**

La demanda de mano de obra estuvo en un rango entre 6.8 y 14.5 horas-hombre por tonelada de yuca seca, incluyendo el transporte de los trozos al secador. **La norma en este caso debe ser de 9 horas-hombre/ton de yuca seca.**

**CUADRO 13. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Enero de 1991.**

Lote No.	Entra	Salida	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
1	1,966	1,898	68	3.4	2.3	1.2	5	3	2.0	3.0	7.8
2	2,267	2,128	139	6.1	2.3	1.0	5	3	3.0	4.0	10.3
3	2,262	2,194	68	3.0	2.3	1.0	5	3	3.0	4.0	10.3
4	1,318	1,278	40	3.0	1.3	1.0	3	3	1.5	3.4	9.0
5	2,142	2,075	67	3.1	2.1	1.0	3	3	1.5	2.1	5.6
6	1,701	1,651	50	2.9	1.7	1.0	3.5	3	1.5	2.6	7.4
7	2,615	2,558	56	2.1	2.6	1.0	3	3	3.0	3.4	9.5
8	2,566	2,519	47	1.8	2.5	1.0	3	3	3.5	4.1	10.7

**CUADRO 14. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Febrero de 1991.**

Lote No.	Entra	Sale	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
9	2,196	2,141	55	2.5	2.2	1.0	3	3	1.0	1.4	3.5
10	2,626	2,505	121	4.6	2.6	1.0	4	3	3.5	4.0	11.2
11	2,951	2,850	101	3.4	2.9	1.0	4	3	4.0	4.0	10.4
12	2,274	2,208	66	2.9	2.3	1.0	3	4	2.0	3.5	9.6
13	2,116	2,041	75	3.5	2.1	1.0	3	3	2.0	2.8	6.9
14	1,210	1,140	70	5.8	1.2	1.2	5	3	3.0	7.4	24.0

**CUADRO 15. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Marzo de 1991.**

Lote No.	Entra	Sale	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
15	1,921	1,809	112	5.8	2.3	1.20	5	3	2.0	3.1	7.0
16	1,320	1,243	77	5.8	2.5	1.90	5	3	2.5	5.7	20.0
17	1,708	1,613	95	5.5	2.2	1.3	5	3	2.5	4.4	13.0
18	1,804	1,724	80	4.4	1.8	1.0	5	3	2.5	4.1	13.3
19	1,728	1,644	84	4.8	2.1	1.2	7	3	3.0	5.2	14.0
20	1,926	1,849	77	4.0	2.3	1.2	5	3	3.0	4.7	12.6
21	1,822	1,770	52	2.8	1.8	1.0	5	3	2.5	4.1	11.2
22	2,165	2,090	75	3.5	3.0	1.4	5	3	2.5	3.4	12.0

**CUADRO 16. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Abril de 1991**

Lote No.	Entra	Sale	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
23	1,896	1,866	30	1.6	1.9	1	5	3	2	3.1	10.3
24	2,350	2,212	138	5.9	2.3	1	5	3	3	3.8	11.9



**CUADRO 17. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Mayo de 1991.**

Lote No.	Entra-	Sale	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
25	2,390	2,221	169	7.0	3.1	1.3	4	3	2.5	3.1	7.5
26	2,728	2,510	218	8.0	3.8	1.4	5	3	3.0	3.3	8.8
27	2,630	2,469	161	6.0	3.4	1.3	5	3	3.0	3.4	9.3
28	2,325	2,175	150	6.4	3.0	1.3	5	3	3.0	3.9	10.5
29	2,470	2,211	259	10.5	2.7	1.1	5	3	3.0	3.6	9.9
30	1,250	1,160	90	7.2	1.4	1.1	5	3	1.5	3.6	9.5
31	2,250	2,140	110	4.9	2.9	1.3	5	3	3.0	4.0	9.8
32	2,250	2,150	100	4.4	3.4	1.5	5	3	3.0	4.0	9.7
33	1,250	1,162	88	7.0	1.2	1.0	5	3	1.5	3.6	8.8
34	2,500	2,380	120	4.8	3.0	1.2	5	3	3.0	3.6	10.1

**CUADRO 18. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Junio de 1991.**

Lote No.	Entra	Sale	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
35	2,781	2,661	120	4.3	3.0	1.1	5	3	3.0	3.2	
36	2,500	2,365	135	5.4	3.7	1.5	5	3	3.0	3.6	
37	1,800	1,690	110	6.1	3.0	1.7	5	3	2.5	4.2	
38	2,500	2,385	115	4.6	3.2	1.3	5	3	3.0	3.6	
39	1,500	1,406	94	6.2	2.2	1.5	5	3	2.5	5.0	
40	1,805	1,705	100	5.5	3.2	1.8	5	3	3.0	5.0	
41	2,900	2,785	115	3.9	3.5	1.2	5	3	3.0	3.1	
42	1,744	1,644	100	5.7	2.3	1.3	5	3	2.0	3.4	
43	2,221	2,116	105	4.7	3.8	1.7	5	3	3.0	4.0	

**CUADRO 19. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Julio de 1991.**

Lote No.	Entra	Sale	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
44	2,271	2,231	40	2	4.2	1.9	5	3	3.5	4.6	14.5
45	2,438	2,368	70	3	3.9	1.6	5	3	3.5	4.3	12.5

**CUADRO 20. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Noviembre de 1991.**

Lote No.	Entra	Sale	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
46	1,356	1,287	69	5	2.0	1.5	5	3	2	4.4	14.0
47	1,699	1,590	109	6.4	2.5	1.5	5	3	2	3.5	11.1
48	2,181	2,056	125	6.0	2.4	1.1	5	3	1.5	2.0	6.8
49	3,197	3,024	173	5.4	4.9	1.5	7	3	4.5	4.2	12.0
50	2,224	2,037	187	8.4	5.2	2.4	7.5	3	2.7	3.64	10.4
51	3,185	3,031	154	5	5.8	1.8	6	3	3	2.80	7.6

**CUADRO 21. Información de la operación de lavado y trozado en la planta piloto de Chinú para Diciembre de 1991.**

Lote No.	Entra	Sale	Rechazo		Agua		Tiempo Lavado x tanda Min.	Operarios	Tiempo h	M.O.	
	Kg	Kg	Kg	%	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup> /tyf				h-hm/tyf	h-hm/t
52	2,321	2,125	196	8.4	4.5	2	5	3	4	5.2	3.5
53	2,252	2,083	169	7.5	3.0	1.3	5	3	3.5	4.7	13.0
54	1,975	1,834	141	7	2.8	1.4	5	3	3	4.5	14.3
55	2,116	1,992	124	6	2.5	1.2	5	3	2.5	3.5	9.8
56	1,532	1,454	78	5	2.0	1.3	5	2	2.5	4.9	13.0

### Secado

En los CUADROS 22 a 30 se presenta la información de la operación de secado por mes para cada lote, consistente en la variedad, yuca que entra, densidad de carga en la cámara, tiempo de secado, temperatura y consumo de carbón.

En los meses de Enero a Marzo esta operación incluyó en algunos lotes un reposo intermedio, por lo que se reporta el tiempo durante el cual se aplicó aire caliente (tiempo neto). El tiempo neto de estos lotes es más bajo que en lotes sin reposo porque durante el reposo hay evaporación de agua.

La carga en la cámara de secado cuya área era de 20 m<sup>2</sup> osciló entre 50-150 kgs/m<sup>2</sup>; en solo 5 de los 56 lotes se logró una carga por encima de los 130 kg/m<sup>2</sup> debido al deficiente suministro de materia prima. **La carga de diseño del sistema de secado es de 150 kg/m<sup>2</sup> para producir una tonelada de trozos secos al día.** Con cargas mayores se presentan problemas por compactación de los trozos el tiempo de secado se incrementa y se dificulta el volteo de la capa de trozos.

El tiempo de secado fluctuó entre 10 y 22.5 horas, dependiendo de la temperatura de secado y de la carga en la cámara. La temperatura de aire a la entrada de la cámara

de secado varió entre 40 y 65°C. El consumo de carbón coque estuvo en un rango entre 300 a 800 kgs/tonelada de yuca seca.

En general, cuando se aumentaba la carga en la cámara, disminuía el caudal de aire y la temperatura aumentaba hasta 55°C, al igual que el tiempo de secado. Lo contrario ocurría cuando se rebajaba la carga.

**CUADRO 22. Información de la operación de secado en la planta piloto de Chinú para Enero de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>				
1	P-12	1.898	95	13.5	50	300	Continuo
2	"	2.128	106	13.5	52	356	"
3	"	2.194	105	-	-	368	-
4	"	1.278	64	-	-	300	-
5	"	2.075	104	10.5	-	387	Reposo 15 h
6	"	1.651	82	12.5	-	582	Reposo 15 h
7	"	2.558	128	15	-	381	"
8	"	2.519	126	14.5	-	358	Continuo

**NOTAS :**

1. No se registraron algunos valores ya que se enfatizó mas en la capacitación del personal a manejar el proceso.
2. El reposo se hizo con el fin de acelerar la eliminación de cianuro y fue entre las 17:00 a las 8:00 horas del día siguiente.
3. El consumo alto de carbón del Lote 6 se debe al mal manejo del quemador por parte del operador.
4. Caudal de aire estimado = 260 m<sup>3</sup>/min.
5. El quemador se alimentaba con 10 kg de carbón cada 1/2 hora o 20 kg/h.
6. El carbón coque fue suministrado por un proveedor de Bogotá.
7. El área total del secado es de 20 m<sup>2</sup>.

**CUADRO 23. Información de la operación de secado en la planta piloto de Chinú para Febrero de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>				
9	Rev			16	-	410	Reposo 11 h
10	"	2.141	107	17	45	387	Reposo 5 h
11	Ven	2.505	125	14.5	52	375	Reposo 29 h (2 noches)
12	Rev	2.850	142	17.5	52	505	Reposo 8 h
13	P-12	2.208	110	15.5	50	438	Reposo 30 h (2 noches)
14	"	2.041	102	12.5	50	835	Reposo 10 h
		1.140	57				

**NOTAS :**

1. En el lote 11 el reposo fue entre las 17:00 a las 7:30 del día siguiente por 2 noches.
2. El reposo para el Lote 13 fue entre las 17:00 a las 7:00 del día siguiente, durante 2 días.
3. El quemador se alimentó con 10 kg de carbón cada 1/2 hora (20 kg/h).
4. Caudal estimado = 260 m<sup>3</sup>/min.
5. El carbón coque para este mes y los restantes fue suministrado por un proveedor de Bucaramanga.

**CUADRO 24. Información de la operación de secado en la planta piloto de Chinú para Marzo de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>				
15	Rev	1.809	90	12.5	-	498	Reposo 10 h
16	"	1.243	62	12.0	48	755	Continuo
17	"	1.613	80	10.5	50	539	Reposo 10 h
18	"	1.724	86	12.0	48	514	Reposo 7 h
19	Ven	1.644	82	12.5	50	405	Continuo
20	"	1.849	92	12.0	52	378	"
21	Rev	1.770	88	13.0	51	299	"
22	P-12	2.090	104	14.0	46	459	"

**NOTAS :**

1. El quemador se alimentó con 10 kg de carbón cada 1/2 hora (20 kg/h).
2. El reposo de 10 horas se hizo entre las 22:00 a las 8:00 del día siguiente, el de 7 horas entre las 24:00 a las 7:00 del día siguiente.

**CUADRO 25. Información de la operación de secado en la planta piloto de Chinú para Abril de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>				
23	Ven	1.866	93	12.0	52	480	Reposo 17 h
24	Rev	2.212	110	15.0	55	530	Continuo

**NOTAS :**

1. El quemador se alimentó con 15 kg de carbón cada 1/2 hora, es decir, 30 kg/h.
2. El reposo de 17 horas se hizo entre las 17:00 a las 10:00 del día siguiente.

**CUADRO 26. Información de la operación de secado en la planta piloto de Chinú para Mayo de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>				
25	Rev	2.221	119	22.0	55	444	Continuo
26	"	2.510	125	21.0	53	452	"
27	"	2.469	123	20.0	55	425	"
28	"	2.175	103	21.0	50	430	"
29	Cojón	2.211	110	18.0	55	438	"
30	"	1.160	58	14.5	52	589	"
31	"	2.140	107	20.0	55	436	"
32	Llan	2.150	107	17.5	52	546	"
33	Cojón	1.162	58	14.5	52	498	"
34	"	2.380	119	18.0	50	568	"

## NOTAS :

1. En todos los lotes el quemador de carbón fue alimentado con 30 kg/h.
2. Se operó durante la noche y esto incidió en el relativamente alto consumo de carbón por el descenso de temperatura.

**CUADRO 27. Información de la operación de secado en la planta piloto de Chinú para Junio de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>				
35	Rev	2.661	133	20.0	50	420	Continuo
36	"	2.365	118	21.0	52	449	"
37	"	1.690	169	16.5	52	494	"
38	"	2.385	119	19.5	52	379	"
39	"	1.706	85	19.0	50	392	"
40	Llan.	1.705	85	24.5	50	481	"
41	Rev	2.785	139	20.0	50	386	"
42	P-12	1.644	82	18.0	50	726	"
43	Ven	2.116	106	20.0	50	528	"

## NOTAS :

1. En los lotes 35 y 36 la alimentación de carbón fue de 30 kg/h.
2. En el lote 37 se experimentó con una sola cámara de 10 m<sup>2</sup> y se alimentó el quemador con 8 kg de carbón cada 1/2 h (16 kg/h).
3. Para el resto de lotes, la alimentación de carbón fue de 20 kg/h.
4. En el lote 43 se presentaron fallas de energía eléctrica por 4 horas.

**CUADRO 28. Información de la operación de secado en la planta de Chinú para Julio de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>				
44	Rev	2.231	111	20.0	52	522	Continuo
45	Rev	2.368	118	18.5	50	375	Continuo

## NOTAS :

1. En el lote 44 se presentaron fallas de energía eléctrica por 5 horas.
2. El quemador se alimentó con 10 kg de carbón cada 1/2 hora, equivalente a 20 kg/h.

**CUADRO 29. Información de la operación de la planta piloto de Chinú para Noviembre de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Caudal m <sup>3</sup> /min	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>					
46	P-12	1.287	61	16.0	40	714	340	Reposo 11 h
47	Rev	1.590	76	15.0	44	555	266	Continuo
48	P-12	2.056	98	22.0	48	622	265	"
49	Rev	3.024	144	22.0	45	355	300/248	"
50	"	2.037	97	15.0	51	526	321/245	"
51	P-12	3.031	144	22.5	50	557	300/220	"

## NOTAS :

1. El reposo fue de las 21:30 hasta las 9:00 del día siguiente.
2. Para los lotes 49 a 51, el caudal de aire se redujo del primero al segundo valor de la columna para las últimas 5 horas del secado con el fin de que aumentara la temperatura del aire.
3. A partir del lote 49, el área de transferencia de calor se aumentó en un 40% adicionándole 16 aletas de 0.05m x 1m x Calibre 26 en el lado externo del tubo interior. El intercambiador quedó con un total de 24 aletas.
4. El consumo alto de carbón del lote 46 se debió a que se utilizó una parrilla apropiada para carbón mineral. Para los lotes 46 a 49 la alimentación fue de 20 kg/h y para los lotes 50 a 51 fue de 30 kg/h.

**CUADRO 30. Información de la operación en la planta piloto de Chinú para Diciembre de 1991.**

Lote No.	Variedad	Yuca Fresca		Tiempo Secado h	Temperatura °C	Carbón kg/t	Caudal m <sup>3</sup> /min	Observaciones
		kg	kg/m <sup>2</sup>					
52	Rev	2.125	101	16.0	61	502	210	Continuo
53	"	2.083	99	14.5	65	537	200	"
54	"	1.834	87	13.5	64.5	525	200	"
55	Llan.	1.992	95	12.5	55	483	340	"
56	P-12	1.454	69	10.0	55	506	340	"

## NOTAS :

1. El área de transferencia de calor se aumentó en un 70% quedando el intercambiador de calor con 1m más de longitud. A este metro adicional se le colocaron 17 aletas de 0.05m x 1m, Calibre 14 en el lado exterior del tubo interior. La chimenea también se aumentó en 1 metro de longitud.
2. La alimentación del quemador de carbón se hizo con 30 kg/h.

El caudal que impulsó el ventilador hacia la cámara de secado estuvo entre 300 a 340 m<sup>3</sup>/minuto, el cual está dentro de las normas de diseño del sistema de secado. Sin embargo, la capacidad de la unidad de quemador e intercambiador de calor fue insuficiente para calentar este caudal hasta la temperatura requerida de 65°C. Este fue el principal factor que impidió alcanzar el tiempo objetivo de 8 horas. Para alcanzar temperaturas de 55 a 65°C, tal como se muestra en el CUADRO 30, se disminuyó el caudal a 200 m<sup>3</sup>/minuto y se aumentó el área de transferencia de calor en un 70%. La evaluación de este sistema de secado se presenta en la sección 6.2 del INFORME 6.

Se considera que el consumo de carbón coque está demasiado alto si se compara con el valor obtenido en una unidad experimental en el CIAT de Cali, en donde se reporta un consumo de 350 kgs de carbón mineral por tonelada de yuca seca. El carbón mineral del Valle del Cauca tiene un poder calorífico superior de 23.000 kJ/kg, mientras que el carbón coque usado en Chinú reporta un valor de 38.000 kJ/kg, o sea un 65% más. **Efectuando una comparación en términos de carbón coque, el consumo en Chinú debería estar por debajo de los 250 kgs/ton de yuca seca.**

**En resumen, las especificaciones del sistema de secado son las siguientes: una densidad de carga de 150 kgs/m<sup>2</sup>, una temperatura del aire de 65°C con un caudal de 340 m<sup>3</sup>/minuto, para un tiempo de secado de 8 horas.**

Finalmente, los CUADROS 31 a 39 presentan datos sobre balance de materia y requerimientos de mano de obra. El porcentaje de agua extraída durante el secado fluctuó entre el 54 y el 70%. El ripio es la cantidad de partículas de yuca que cae por las perforaciones de las láminas de la cámara; su proporción osciló entre el 1 y el 3%. Este porcentaje bajó en los meses de Noviembre y Diciembre hasta valores de 0.3% porque se reformó la cámara de secado, cambiando la mitad de las láminas del secador por otras con menor área de perforación. Las pérdidas de yuca seca que ocurren durante el descargue del secador no alcanzan el 1%.

En general, el consumo de mano de obra por tonelada de yuca seca estuvo demasiado alta, entre 25 y 70 horas-hombre, por dos razones básicas: el tiempo de secado fue excesivo y la carga era usualmente baja. Se debe aclarar que, en este caso particular, los consumos de mano de obra presentados en los cuadros ya mencionados no son exclusivos para esta operación, sino que incluyen la participación esporádica en otras actividades simultáneas como limpieza de equipos y pisos, y selección y adecuación. **El requerimiento de referencia de mano de obra, incluyendo las actividades paralelas, debe ser de 25 horas-hombre por tonelada de yuca seca.**

**CUADRO 31. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de Chinú para Enero de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
1	1,898	767	1,103	58	26	3	2	-	2	13.5	14.2	35.2
2	2,128	869	1,221	57	29	3	7	1	2	-	-	-
3	2,194	870	1,296	59	23	3	3	-	2	-	-	-
4	1,278	500	759	59	17	3	2	-	2	-	-	-
5	2,075	803	1,241	60	27	3	4	-	2	10.5	10.1	26.2
6	1,651	604	-	-	-	-	-	-	2	12.5	15.1	41.4
7	2,558	944	1,584	62	22	2	6	-	2	15.0	11.7	31.8
8	2,519	978	1,518	60	17	2	6	1	2	14.5	11.5	29.7

**CUADRO 32. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de chinú para Febrero de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
9	2,141	857	1,264	59	16	2	4	-	2	1.6	14.9	37.3
10	2,505	936	1,542	62	17	2	10	1	2	1.7	13.6	36.3
11	2,850	1,148	1,680	57	15	1	7	1	2	14.5	10.2	25.3
12	2,208	832	1,346	61	22	3	8	1	2	17.5	15.9	42.1
13	2,041	869	1,143	56	22	3	7	1	2	15.5	15.2	35.2
14	1,140	372	754	66	10	3	4	1	2	12.5	21.9	67.2

**CUADRO 33. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de Chinú para Marzo de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
15	1,809	663	1,132	63	10	1	4	-	2	12.5	13.8	37.7
16	1,243	372	859	69	10	1	2	-	2	12.0	19.30	64.5
17	1,613	576	1,019	64	10	1	8	1	2	10.5	13.02	36.5
18	1,724	564	1,150	67	8	-	2	-	2	12.0	13.9	42.6
19	1,644	641	990	60	10	1	3	-	2	12.5	15.2	39.00
20	1,849	714	1,122	61	11	1	2	-	2	1.2	13.0	33.61
21	1,770	668	1,090	62	10	1	2	-	2	13.0	14.7	38.9
22	2,090	620	1,446	69	22	1	2	-	2	14	13.4	45.2



**CUADRO 34. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de Chinú para Abril de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
23	1,866	583	1,261	68	20	3	2	-	2	12	12.9	41.2
24	2,212	754	1,435	65	17	2	6	-	2	15	13.6	39.8

**CUADRO 35. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de Chinú para Mayo de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
25	2,221	1,002	1,194	54	18	2	7	1	2	22	19.8	43.9
26	2,510	1,018	1,470	59	18	2	4	-	2	21	16.7	41.3
27	2,469	968	478	60	20	2	3	-	2	20	16.2	41.3
28	2,175	859	1,293	59	18	2	5	1	2	21	19.3	48.9
29	2,211	912	1,276	58	18	2	5	1	2	18	16.3	39.5
30	1,160	475	668	58	12	3	5	1	2	14.5	25	61.1
31	2,140	916	1,201	56	18	2	5	-	2	20	18.7	43.7
32	2,150	924	1,203	56	18	2	5	-	2	12.5	16.3	37.9
33	1,162	512	633	54	12	2	5	1	2	14.5	25.0	56.6
34	2,380	889	1,468	62	18	2	5	1	2	18	15.1	40.5

**CUADRO 36. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de Chinú para Junio de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
35	2,661	927	1,702	64	24	3	8	1	2	20	15.0	43.1
36	2,365	801	1,532	65	22	3	5	1	2	21	17.8	52.4
37	1,690	607	1,060	63	18	3	5	1	2	16.5	19.5	54.4
38	2,385	896	1,466	61	18	2	5	-	2	19.5	16.4	43.5
39	1,406	765	618	44	18	2	5	1	2	19	27.0	49.7
40	1,705	914	768	45	18	2	5	-	2	24.5	28.7	53.6
41	2,785	85	1,777	64	18	2	5	-	2	20	14.4	40.6
42	1,644	482	1,150	70	12	2	0	-	2	18	21.9	74.7
43	2,116	625	1,468	69	18	2	5	1	2	20	18.9	64

**CUADRO 37. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de chinú para Julio de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
44	2,231	718	1,495	67	16	2	2	0.3	2	20	17.9	55.7
45	2,368	839	1,508	64	18	2	3	0.3	2	18.5	15.6	44.1

**CUADRO 38. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de Chinú para Noviembre de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
46	1,287	427	842	65	7	1.5	11	1.5	2	16	25.0	75.0
47	1,590	540	1,038	65	7	1.3	5	1.0	2	15	18.8	55.6
48	2,056	659	1,375	67	7	1.0	15	2.0	2	22	21.4	66.8
49	3,024	1,126	1,891	62	3	0.3	4	0.3	3	22	22.0	58.6
50	2,037	779	1,252	61	3	0.4	3	0.4	2	15	14.7	38.5
51	3,031	1,185	1,841	61	3	0.3	2	0.2	3	24.5	24.2	62.0

**CUADRO 39. Información de la operación de operación de secado en la planta piloto de Chinú para Diciembre de 1991.**

Lote No.	Entra Kg	Sale Kg	Diferencia						Operarios	Tiempo h	M.O.	
			Agua		Ripio		Perdidas				h-hm/tyf	h-hm/tyf
			Kg	%	Kg	%	Kg	%				
52	2,125	885	1,233	58	5	0.6	2	0.2	3	16.0	22.6	54.2
53	2,083	809	1,265	61	5	0.6	4	0.5	3	14.5	21.0	54.0
54	1,834	628	1,199	65	4	0.6	3	0.5	3	13.5	22.0	64.5
55	1,992	766	1,218	61	5	0.6	3	0.4	3	12.5	19.0	49.0
56	1,454	572	876	60	4	0.6	2	0.3	3	10.0	21.0	52.4

Otro parámetro importante es el factor de conversión que expresa la cantidad de yuca fresca requerida para producir una unidad de trozo premolido. Este parámetro se presenta por mes para cada lote en la sección siguiente en los CUADROS 40 a 48; este factor fluctuó entre 2.4 a 3.8. En el CUADRO 49 se muestran los promedios ponderados por mes y para el período, para este último fue de 2.92. Sin embargo, este parámetro fue atípicamente alto, debido a la incidencia del fuerte ataque de bacteriosis presentado en la zona.

Es preciso anotar que hubo variaciones en la manera de calcular este factor, a saber: en los meses de Enero, Febrero, Abril, Mayo, Junio, y Julio no se incluyó el rechazo de yuca fresca obtenido en la operación de selección y adecuación porque este costo no lo asumió la planta piloto ya que fue vendido al mismo precio de compra de la yuca fresca a la planta de secado natural. En los meses de Marzo, Noviembre y Diciembre, se incluyó la mitad del rechazo porque éste se vendió a la mitad del costo de la yuca fresca. Esta modalidad permitió bajar el factor de conversión a valores aceptables a pesar de la mala calidad de la yuca, lo que subraya la ventaja de tener infraestructura para procesar el rechazo.

Tal como se aprecia en el CUADRO 49, los factores de conversión mayores se presentaron en Marzo, Abril, Junio, Julio, y Noviembre. En Marzo se debió tanto a la modalidad de estimar el factor de conversión como al alto porcentaje de rechazo (Ver CUADRO 6). En Abril, Junio y Julio, época lluviosa, la razón fue el alto contenido de humedad de la materia prima (Ver porcentaje de agua en CUADROS 34, 36 y 37), mientras que en Noviembre la causa fue que se procesó yuca joven, con mayor contenido de humedad (ver idem en CUADRO 38).

**El factor de conversión objetivo es de 2.75.** Este valor se puede conseguir si (i) se procesa yuca sana, y (ii) si se excluye el rechazo en el cálculo del factor de conversión.

### 2.4.3 COSTOS DE PROCESAMIENTO

En los CUADROS 40 a 48 se presentan los costos variables y totales por tonelada de yuca seca por mes para cada lote; la información incluye costos de materia prima, consumo de carbón, consumo de agua y empaques; los costos de mano de obra y energía eléctrica aparecen en los mismos cuadros como notas de pie de página. Los costos ponderados por mes y global para el período 1991 se resumen en el CUADRO 49.

Es importante anotar que el CUADRO 49 solamente presenta costos variables incurridos **dentro** de la planta piloto; en el INFORME 8, el modelo financiero incluye todos los rubros, tanto internos como externos. Los costos variables que se pueden considerar como externos son transporte, molienda, flete y comisiones.

En la última fila del CUADRO 49, correspondiente a los costos promedios globales para 1991, resalta la importancia del costo de materia prima dentro del total de costos variables, representando el 60%. El costo de materia prima por tonelada es función del factor de conversión y del precio de compra; por ejemplo, en Abril se presentó el mayor costo de materia prima porque estos dos factores fueron altos en ese mes. Otros rubros importantes son carbón coque, mano de obra y energía eléctrica.

**CUADRO 40. Costos de producción de yuca seca en la planta piloto de Chinú para Enero de 1991.**

Lote No.	Materia Prima		Yuca fresca '77	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbon		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg					kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
1	P-12	24.0	1,983	763	2.60	62,400	300	11,400	5.0	1,250	34	4,760	100,766	123,218
2	P-12	24.0	2,316	867	2.67	64,080	356	13,528	4.6	1,150	35	4,900	104,614	127,066
3	P-12	24.0	2,269	868	2.60	62,400	368	13,984	5.0	1,250	40	5,600	104,190	126,642
4	P-12	24.0	1,333	498	2.67	64,080	300	11,400	6.0	1,500	42	5,880	103,816	126,268
5	P-12	24.0	2,164	801	2.70	64,800	387	14,706	5.0	1,250	37	5,180	106,892	129,344
6	P-12	24.0	1,726	601	2.87	68,880	582	22,116	5.0	1,250	36	5,040	118,242	140,694
7	P-12	24.0	2,645	943	2.80	67,200	381	14,478	4.8	1,200	37	5,180	109,014	131,466
8	P-12	24.0	2,599	979	2.65	63,600	358	13,604	4.5	1,125	36	5,040	104,325	126,777
8	P-12	24.0	17,035	6,320	2.69	64,560	357	13,566	5.0	1,250	37	5,180	105,512	127,964

**NOTAS :**

1. Variedad P-12 = ICA-P12. Edad = 8 meses
2. Mano de Obra = 10 J/t x 1,400 \$/J = 14,000 \$/t
3. Energía Eléctrica = 94 kWh/t x 74 \$/kwh = 6,956 \$/t
4. Precios para carbon = 38 \$/kg, Agua = 250 \$/m<sup>3</sup>, Empaques: 140 \$/U
5. Capacidad utilizada: 40%

**CUADRO 41. Costos de producción de yuca seca en la planta piloto de Chinú para Febrero de 1991.**

Lote No.	Materia Prima		Yuca fresca kg	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbon		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg					kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
9	Rev	23.0	2,218	854	2.60	59,800	410	15,375	4.9	1,225	38	5,320	116,280	152,089
10	Rev	24.0	2,651	931	2.85	68,400	387	14,512	3.4	850	37	5,180	123,502	159,311
11	Ven	23.5	3,191	1,146	2.78	65,330	375	14,062	4.1	1,025	37	5,180	120,157	155,966
12	Rev	23.0	2,284	831	2.75	63,250	505	18,937	4.2	1,050	38	5,320	123,117	158,926
13	P-12	24.0	2,139	868	2.46	59,040	438	16,425	4.0	1,000	31	4,340	115,365	151,174
14	P-12	23.0	1,232	371	3.32	76,360	835	31,312	10.8	2,700	27	3,780	148,712	184,521
6		23.5	13,715	5,001	2.74	64,390	450	16,875	4.6	1,150	35	3,500	120,475	156,284

**NOTAS :**

1. Variedad P-12 = ICA-P12. Ven = Venezolana y Rev = Revoltura de estas sin conocer la proporción. Edad = 9 meses
2. Mano de obra = 14.4 J/t x 1,400 \$/J = 20,160 \$/t
3. Energía Eléctrica = 192 kWh/t x 75 \$/kwh = 14,400 \$/t
4. Precios para carbon = 37.5 \$/kg, Agua = 250 \$/m<sup>3</sup>, Empaques: 140 \$/U
5. Capacidad utilizada: 30%

**CUADRO 42. Costos de producción de yuca seca en la planta piloto de Chinú para Marzo de 1991.**

Lote No.	Materia Prima		Yuca fresca kg	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbon		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg					kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
15	Rev	23.0	1,936	662	2.92	67,160	498	18,675	6.8	1,700	23	3,220	126,735	165,483
16	Rev	24.0	1,333	371	3.59	86,160	755	28,312	12.9	3,225	27	3,780	157,497	196,205
17	Rev	23.0	1,728	575	3.00	69,000	539	20,212	8.5	2,125	26	3,640	130,957	169,705
18	Rev	24.0	2,160	564	3.82	91,680	514	19,275	6.4	1,600	26	3,640	152,175	190,923
19	Ven	23.0	2,069	641	3.22	74,060	405	15,187	6.8	1,700	26	3,640	130,567	169,315
20	Ven	23.0	2,332	714	3.26	74,980	378	14,175	6.2	1,550	24	3,360	130,045	168,793
21	Rev	24.0	2,152	668	3.22	77,280	299	16,212	6.4	1,600	27	3,780	129,852	168,600
22	P-12	24.0	2,669	620	4.30	103,200	459	17,212	7.7	1,925	27	3,780	162,097	200,845
8		23.5	16,379	4,815	3.40	79,900	462	17,325	7.4	1,850	26	3,640	138,695	177,443

**NOTAS :**

1. Variedad P-12 = ICA-P12. Ven = Venezolana. Rev = Revoltura de estas variedades sin conocer proporción. Edad = 10 meses
2. Mano de obra =  $14.9 \text{ J/t} \times 1.400 \text{ \$/J} = 20,860 \text{ \$/t}$
3. Energía Eléctrica =  $210 \text{ kWh/t} \times 72 \text{ \$/kwh} = 15,120 \text{ \$/t}$
4. Precios para carbon =  $37.5 \text{ \$/kg}$ , Agua =  $250 \text{ \$/m}^3$ , Empaques:  $140 \text{ \$/U}$
5. Capacidad utilizada: 40%

**CUADRO 43. Costos de producción de yuca seca en la planta piloto de Chinú para Abril de 1991.**

Lote No.	Materia Prima		Yuca fresca kg	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbon		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg					kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
23	Ven	25.0	1,914	583	3.28	82,000	480	18,000	7.7	1,925	37	5,180	143,805	282,350
24	Rev	26.4	2,384	754	3.16	83,424	530	19,875	5.3	1,325	37	5,180	146,504	285,049
2		25.8	4,298	1,337	3.21	82,803	508	19,050	6.3	1,575	37	5,180	145,308	283,853

**NOTAS :**

1. Ven = Venezolana, Rev = Revoltura de variedades ICA-P12 y Venezolana sin proporción establecida.
2. Mano de obra =  $14.9 \text{ U/t} \times 1.400 \text{ \$/U} = 20,860 \text{ \$/t}$
3. Energía Eléctrica =  $220 \text{ kWh/t} \times 72 \text{ \$/kwh} = 15,840 \text{ \$/t}$
4. Precios para carbon = 37.5 \$/kg, Agua = 250 \$/m<sup>3</sup>, Empaques: 140 \$/U
5. Capacidad utilizada: 10%

**CUADRO 44. Costos de producción de yuca seca en la planta piloto de Chinú para Mayo de 1991.**

Lote No.	Materia Prima		Yuca fresca kg	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbon		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg					kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
25	Rev.	25.0	2,753	1,002	2.75	68,750	444	16,650	3.0	750	27	3,780	105,870	127,342
26	Rev.	25.0	2,753	1,018	2.70	67,500	452	16,950	3.2	800	27	3,780	104,970	126,442
27	Rev.	25.0	2,662	968	2.75	68,750	425	15,937	3.9	975	27	3,780	105,382	126,854
28	Cojon	25.0	2,350	859	2.74	68,500	430	16,125	6.4	1,600	28	3,920	106,085	127,557
29	Cojon	25.0	2,500	912	2.74	68,500	438	16,425	3.6	900	26	3,640	105,405	126,877
30	Cojon	25.0	1,270	475	2.67	66,750	589	22,087	6.2	1,550	27	3,780	110,107	131,579
31	Llan.	25.0	2,535	916	2.77	69,250	436	16,350	4.3	1,075	26	3,640	106,255	127,727
32	Cojon	25.0	2,290	924	2.48	62,000	546	20,475	4.5	1,125	26	3,640	103,180	124,652
33	Cojon	25.0	1,272	512	2.48	62,000	498	18,675	4.9	1,225	27	3,780	101,620	123,092
34	Cojon	25.0	2,540	889	2.86	71,500	568	21,300	6.3	1,575	26	3,640	113,955	135,427
10		25.0	22,523	8,475	2.66	66,500	475	17,812	4.5	1,125	27	3,780	105,157	126,629

**NOTAS :**

1. Rev = Re. litura de variedades Cojon, ICA-P12 y Llanera sin proporción establecida. Llan = Variedad Llanera. Edad = 12 meses
2. Mano de obra = 5.2 J/t x 1.650 \$/J = 8,580 \$/t
3. Energía Eléctrica = 160 kWh/t x 46 \$/kwh = 7,360 \$/t
4. Precios para carbon = 37.5 \$/kg. Agua = 250 \$/m<sup>3</sup>. Empaques: 140 \$/U
5. Capacidad utilizada: 50%



**CUADRO 45. Costos de producción de yuca seca en la planta piloto de Chinú para Junio de 1991.**

Lote No.	Materia Prima		Yuca fresca kg	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbón		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg					kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
35	Rev.	24.0	2,781	927	3.00	72,000	420	16,380	6.8	1,700	19	2,660	110,780	140,273
36	Rev.	25.0	2,500	801	3.12	78,000	449	17,511	5.5	1,300	27	3,780	118,631	148,124
37	Rev.	25.0	1,800	607	2.96	74,000	494	19,266	6.2	1,550	26	3,640	116,496	145,989
38	Rev.	24.0	2,500	896	2.79	66,960	379	14,781	4.0	1,000	25	3,500	104,281	133,774
39	Rev.	24.0	1,800	765	2.35	56,400	392	15,288	8.4	2,100	21	2,940	94,768	124,26
40	Llan.	24.0	2,805	914	3.07	73,680	481	18,759	8.2	2,050	26	3,640	116,169	145,662
41	Rev.	24.0	2,900	985	2.94	70,560	386	15,054	4.2	1,050	25	3,500	108,204	137,697
42	P-12	24.0	1,744	482	3.60	86,400	726	28,314	9.5	2,375	25	3,500	138,629	168,122
43	Ven	24.0	2,221	625	3.55	85,200	528	20,592	9.5	2,375	26	3,640	129,847	159,340
9		24.2	21,051	7,002	3.00	72,600	455	17,745	6.7	1,675	24	3,360	113,420	142,913

**NOTAS :**

1. Rev = Revoltura de variedades Llanera e ICA-P12 sin proporción establecida. Llan = Variedad Llanera. Ven = Venezolana. Edad = 13 meses
2. Mano de obra = 5.7 J/t x 1.700 \$/J = 9,690 \$/t
3. Energía Eléctrica = 167 kWh/t x 50 \$/kwh = 8,350 \$/t
4. Precios para carbón = 39 \$/kg (Incremento 4%), Agua = 250 \$/m<sup>3</sup>, Empaques: 140 \$/U
5. Capacidad utilizada: 45%

**CUADRO 46. Costos de producción de yuca seca en la planta piloto de Chinú para Julio de 1991.**

Lote No.	Materia Prima		Yuca fresca kg	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbon		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg					kg/t	\$/t	m <sup>2</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
44	Rev	24.0	2,271	718	3.16	75,840	522	20,358	8.8	2,200	24	3,360	132,968	257,181
45	Rev	24.0	2,438	839	2.90	69,600	375	14,625	9.0	2,250	25	3,500	121,185	245,398
2		24.0	4,709	1,557	3.00	72,000	443	17,270	8.9	2,225	25	3,500	126,205	250,418

**NOTAS :**

1. Rev = Revoltura de variedades Venezolana e ICA-P12 sin proporción conocida. Edad = 14 meses
2. Mano de obra = 12.8 J/t x 1.700 \$/J = 21,760 \$/t
3. Energía Eléctrica = 210 kWh/t x 45 \$/kwh = 9,450 \$/t
4. Precios para carbon = 39 \$/kg, Agua = 250 \$/m<sup>3</sup>, Empaques: 140 \$/U
5. Capacidad utilizada: 10%

**CUADRO 47. Costos de producción de yuca seca en la planta piloto de Chinú para Noviembre de 1991.**

Lote No.	Materia Prima		Yuca fresca kg	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbón		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg					kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
46	P-12	26.0	1,406	427	3.29	85,540	714	28,560	14.0	3,500	27	4,050	144,590	185,907
47	Rev	26.0	1,825	540	3.38	87,880	555	22,200	10.2	2,550	25	3,750	139,320	180,63
48	P-12	26.0	2,310	659	3.50	91,000	622	24,880	13.3	3,325	26	3,900	146,045	187,362
49	Rev	26.0	3,427	1,126	3.04	79,040	355	14,200	8.2	2,050	28	4,200	122,430	163,74
50	Rev	26.0	2,360	779	3.02	78,520	526	21,040	8.0	2,000	26	3,900	128,400	169,717
51	P-12	26.0	3,384	1,185	2.85	74,100	557	22,280	6.5	1,625	25	3,750	124,695	166,012
6		26.0	14,712	4,716	3.12	81,120	527	21,080	9.2	2,300	26	3,900	131,340	172,657

**NOTAS :**

1. P-12 = variedad ICA-P12. Rev = Revoltura de variedades ICA-P12 y Venezolana. Edad = 6 meses
2. Mano de obra = 8.2 J/t x 1,700 \$/J = 13,940 \$/t
3. Energía Eléctrica = 200 kWh/t x 45 \$/kwh = 9,000 \$/t
4. Precios para carbon = 40 \$/kg, Agua = 250 \$/m<sup>3</sup>, Empaques: 150 \$/U
5. Capacidad utilizada: 30%

**CUADRO 48. Costos de producción de yuca seca en planta piloto de Chinú para Diciembre de 1991.**

Lote No.s	Materia Prima		Yuca seca kg	Factor de con- version	M.P. \$/t	Carbón		Agua		Empaques		Costos variables \$/t	Costos totales \$/t
	Var.	Precio \$/kg				kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t		
52	Rev.	25.0	2,418	885	2.73	68,250	502	20,080	7.7	1,925	26	3,900	160,824
53	Rev.	25.0	2,414	809	2.98	74,500	537	21,480	6.4	1,600	25	3,750	167,999
54	Rev.	25.0	2,081	628	3.31	82,750	525	21,000	8.0	2,000	28	4,200	176,619
55	Llan	25.0	2,214	766	2.89	72,250	483	19,320	5.6	1,400	25	3,750	163,389
56	P-12	25.0	1,628	572	2.84	71,000	506	20,240	3.5	875	25	3,750	162,534
5		25.0	10,755	3,660	2.93	73,250	510	20,400	6.4	1,600	26	3,900	165,819

**NOTAS :**

1. Variedades P-12 = ICA-P12, Llan = Llanera, Rev = Revoltura de ICA-P12 y Llanera sin proporcion establecida. Edad = 7 meses
2. Mano de obra =  $8.2 \text{ J/t} \times 1,700 \text{ } \$/\text{J} = 13,940 \text{ } \$/\text{t}$
3. Energía Eléctrica =  $138 \text{ kWh/t} \times 45 \text{ } \$/\text{kwh} = 6,210 \text{ } \$/\text{t}$
4. Precios para carbon =  $40 \text{ } \$/\text{kg}$ , Agua =  $250 \text{ } \$/\text{m}^3$ , Empaques:  $150 \text{ } \$/\text{U}$
5. Capacidad utilizada: 25%

CUADRO 49. Costos de producción de yuca seca en planta piloto de Chinú para 1991.

Mes	Yuca fresca precio \$/kg	Yuca fresca kg	Yuca seca kg	Factor de conversión	M.P. \$/t	Carbon		Agua		Empaques		Energía eléctrica \$/ton	Mano de obra \$/ton	Costos Variables \$/t	Costos totales \$/t
						kg/t	\$/t	m <sup>3</sup> /t	\$/t	U/t	\$/t				
Enero	24.0	17.035	6.320	2.69	64.560	357	13.566	5.0	1.250	37	5.180	6.956	14.000	105.512	127.964
Febrero	23.5	13.715	5.001	2.74	64.390	450	16.875	4.6	1.150	35	3.500	14.400	20.160	120.475	156.284
Marzo	23.5	16.379	4.815	3.40	79.900	462	17.325	7.4	1.850	26	3.640	15.120	20.860	138.695	177.443
Abril	25.8	4.298	1.337	3.21	82.803	508	19.050	6.3	1.575	37	5.180	15.840	20.860	145.308	283.853
Mayo	25.0	22.523	8.475	2.66	66.500	475	17.812	4.5	1.125	27	3.780	7.360	8.580	105.157	126.629
Junio	24.2	21.051	7.002	3.00	72.600	455	17.745	6.7	1.675	24	3.360	8.350	9.690	113.847	142.913
Julio	24.0	4.709	1.557	3.00	72.000	443	17.270	8.9	2.225	25	3.500	9.450	21.760	162.205	250.418
Noviembre	26.0	14.712	4.716	3.12	81.120	527	21.080	9.2	2.300	26	3.900	9.000	13.940	131.340	172.657
Diciembre	25.0	10.755	3.660	2.93	73.250	510	20.400	6.4	1.600	26	3.900	6.210	13.940	119.300	165.819
	24.5	125.177	42.883	2.92	71.540	458	17.610	6.2	1.153	29	3.926	9.577	14.198	119.590	156.451

El CUADRO 50 muestra el peso de los diferentes costos variables reales para 1991. Si se compara con la estructura de costos variables del modelo financiero en el INFORME 8, se podrá observar que porcentualmente la composición es muy similar; sin embargo, el monto en pesos por tonelada es de \$13.600 más bajo en el modelo debido principalmente a que éste no considera casos atípicos como la compra de materia prima con ataque de insectos o enfermedades, como fue el caso en 1991.

**CUADRO 50. Composición del costo variable (promedio ponderado global para 1991).**

Rubro	\$/ton	%
Materia Prima	71.540	60
Coque	17.610	15
Mano de obra	14.198	12
Energía eléctrica	9.577	8
Empaque	3.936	3
Agua	1.153	1

El CUADRO 51 presenta el consumo de mano de obra por mes; se destaca que fueron necesarios 2 días de trabajo de 5 operarios para procesar cada lote, resultando un consumo de mano de obra de 9.2 jornales por tonelada de yuca seca. Este consumo de mano de obra es alto debido a la baja utilización de capacidad y a la excesiva duración del secado.

El costo total es la suma de costo variable y costo fijo; sin embargo, debido a la baja utilización de la capacidad el costo fijo no es representativo. Este se compone de administración, mantenimiento, vigilancia, depreciación y gastos varios, para un promedio ponderado total de \$38.239. (Ver CUADRO 52).

El modelo financiero del INFORME 8 estima unos costos fijos por tonelada de \$11.668, excluyendo depreciación. El valor calculado en el CUADRO 52, excluyendo depreciación, es de \$22.288/ton.

En la última fila del CUADRO 49 se aprecia el promedio ponderado para el costo total por tonelada (costos variables y fijos) por valor de \$156.451. Para comparar esta cifra con la del modelo financiero, debemos sumarle los costos variables externos ya mencionados y restarle la depreciación, lo que da un valor de \$179.467 versus \$156.639 del modelo financiero.

**CUADRO 51. Consumo de mano de obra por mes durante la operación de la planta piloto de Chinú de 1991.**

Período	Lotes	Yuca seca kg	Días por Lote	Días Totales	Número Operarios	Jornales	
						J	J/t
Enero	8	6,320	2	16	4	64	10.0
Febrero	6	5,001	3	18	4	72	14.4
Marzo	8	4,815	3	18	4	72	14.9
Abril	2	1,337	3	5	4	20	14.9
Mayo	10	8,475	2	11	4	44	5.2
Junio	9	7,002	2	10	4	40	5.7
Julio	2	1,557	3	5	4	20	12.8
Nov.	6	4,716	2	7	5	35	7.4
Dic.	5	3,660	2	6	5	30	8.2
	56	42,883	2	96	5	397	9.2

**CUADRO 52. Costos fijos de producción en la planta piloto de Chinú para 1991.**

Período	Yuca Seca Kg	Adminis- tración %	Manteni- miento \$	Vigilancia \$	Depreciación \$	Gastos Varios \$	Costos Fijos \$/t
Enero	6,320	-	8,525	42,000	76,000	15,370	22,452
Febrero	5,001	30,000	3,360	42,000	76,000	27,723	35,809
Marzo	4,815	30,000	20,100	46,000	76,000	14,470	38,748
Abril	1,337	30,000	26,500	46,000	76,000	6,735	138,545
Mayo	8,475	40,000	11,000	46,000	76,000	8,980	21,472
Junio	7,002	40,000	43,580	46,000	76,000	933	29,493
Julio	1,557	40,000	31,400	46,000	76,000	0	124,213
Nov.	4,716	40,000	30,480	46,000	76,000	2,370	41,317
Dic.	3,660	40,000	6,280	46,000	76,000	1,980	46,519
	42,883	6,762	4,226	9,468	15,950	1,832	38,239

## 2.4.4 DESEMPEÑO DE EQUIPOS Y CAMBIOS IMPLEMENTADOS

En esta sección se consideran aspectos como capacidad, funcionamiento, problemas y cambios para los equipos de lavado, trozado, secado y premolienda.

### Lavadora

La lavadora opera por tandas de 110 a 120 kgs de raíces y el tiempo de lavado está entre 5 y 7 minutos; por ende, su capacidad oscila entre 950 a 1440 kg/hora. La lavadora emplea un caudal de agua de 0.03 m<sup>3</sup>/min y es eficiente en cuanto a la remoción de tierra y además retira bastante cascarilla exterior (peridermo) de las raíces.

En Abril 1991 se presentaron dos roturas de la unión cardánica localizada entre el tambor y el eje de transmisión de potencia por causa del desnivel entre estos dos elementos. Este desnivel lo produjo el movimiento hacia abajo de las chumaceras que soportan el eje. La reparación consistió en cambiar la unión cardánica y el eje. Este problema se solucionó definitivamente eliminando la posibilidad de este movimiento vertical.

### Trozadora

Esta máquina tiene una capacidad independiente de 6.600 kgs/hora; como está acoplada a la lavadora, cuya capacidad es menor, nunca alcanza este valor. La trozadora produce un trozo adecuado para la operación de secado subsiguiente. El disco se desmonta fácilmente para su aseo.

La única reforma que se efectuó a este equipo consistió en cambiar la sujeción de la tolva de descarga, la cual estaba soportada con tornillos en la lámina frontal por donde gira el disco trozador. Esto ocasionaba incrustación de material de yuca en los puntos de contacto entre la tolva y la lámina sostén, lo que obligaba a desmontarla después de finalizar la operación para su limpieza. La solución implementada fue sujetar la tolva en el ángulo externo de la estructura de la máquina.

La trozadora se elevó 15 cms mediante la colocación de bloques de madera impermeabilizada en su anclaje para facilitar su limpieza por debajo.

### Secado

La cámara de secado estaba conformada por dos compartimientos de 10 mts de largo por uno de ancho (medidas internas), o sea 10 m<sup>2</sup> de área de secado cada uno. El piso falso de un compartimiento era de láminas perforadas al 3% y el otro al 30%. El tiempo de secado de los trozos en el compartimiento del 3% demoraba alrededor de dos horas más, mientras que el del 30% generaba más ripio. En ambos casos el flujo



de aire no era muy homogéneo, aunque era peor en el compartimiento del 30%. La estrechez de los compartimientos dificultaba el volteo de los trozos y facilitaba la destrucción del repello interior con la pala metálica de volteo; este repello no era el más resistente.

Por lo anterior, se decidió unificar los dos compartimientos mediante la eliminación del muro intermedio, quedando una sola cámara de 2.10 por 10 mts de largo (medidas interiores). Así mismo, se unificó el piso falso con malla del 3%. El repello de las paredes interiores se cambió por uno con una mezcla de mortero más resistente y se pulió con una capa de cemento blanco.

Durante la campaña, las paredes internas del hogar del quemador se rompieron en dos ocasiones y hubo que soldarlas para evitar la entrada de gases de combustión a la cámara de secado.

La evaluación del quemador en Noviembre 1991 dejó en claro que requería mayor área de transferencia de calor; consecuentemente, esta área se aumentó en un 70%. Sin embargo, aunque la temperatura del aire subió a 65°C para un caudal de 200 m<sup>3</sup>/minuto y a 55°C para un caudal de 340 m<sup>3</sup>/minuto, el consumo de carbón continuo siendo demasiado alto.

### Premoledora

Esta máquina tiene una capacidad de 700 kgs por hora y es alimentada manualmente por un operario. La premoledora operó a plena capacidad y el tamaño del trozo premolido que produjo fue el adecuado para su molturación en molinos de trigo.

Inicialmente, la malla expandida que cubría los dos rodillos producía trozos demasiado grandes. Además, estaba sujeta a los rodillos mediante soldadura en los bordes; durante su operación la soldadura se reventaba. La solución consistió en reemplazar la malla por una de mayor espesor y se cambió el sistema de sujeción al rodillo mediante el uso de medialunas atornilladas, aprisionando los extremos de la malla.

Adicionalmente, se cambió la forma cónica de la tolva de descarga por una cilíndrica para facilitar la sujeción del empaque.

Finalmente, todos los equipos, incluyendo la mesa de selección, se pintaron con esmalte para mayor protección contra el óxido.

## **2.4.5 REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTALACIONES DE LA PLANTA**

En general, los equipos usados en el proceso son de fácil operación y el mantenimiento es sencillo, consistente únicamente en limpieza de partes y engrase de rodamientos. A continuación se presentan las rutinas de mantenimiento diarias y semanales para los diferentes equipos.

### Lavadora

#### Rutina diaria

- Revisar, mediante el uso de un nivel de agua, que el tambor esté en paralelo con el eje de transmisión. Si es necesario, ajustar (i) corriendo las chumaceras que soportan el eje, o (ii) desplazando horizontalmente los rodillos.
- Examinar que no haya tornillos sueltos dentro del tambor.

#### Rutina semanal

- Revisar el ajuste de los tornillos prisioneros de las chumaceras y apretar si es necesario.
- Limpiar la cadena de transmisión con trapo humedecido con gasolina o petróleo y aplicar grasa para rodamientos (Aero-Shell No. 5)
- Examinar el ajuste de la cadena de transmisión

### Trozadora

#### Rutina diaria

- Revisar el estado de las cuchillas del disco trozador
- Ajustar el disco trozador a la estructura frontal de la máquina

#### Rutina semanal

- Examinar el ajuste de las correas de transmisión.
- Revisar el ajuste de los tornillos prisioneros del soporte del motor

## Ventilador

### Rutina diaria

- Limpiar con trapo humedecido con gasolina o petróleo la grasa de las chumaceras y colocar nueva grasa para rodamientos sin sobreengrasar (llenado parcial).

### Rutina semanal

- Examinar el ajuste de las correas de transmisión.
- Revisar el ajuste de los prisioneros del soporte del motor.

## Premoledora

### Rutina diaria

- Examinar el espaciamiento de los rodillos y si es necesario ajustarlo. Para esto se debe disponer de un juego de llaves Hallen.
- Limpiar con trapo humedecido con gasolina o petróleo el polvo de la cadena de transmisión y luego aplicar grasa para rodamientos.

### Rutina semanal

- Revisar el ajuste de los tornillos prisioneros de las chumaceras y apretarlos si es necesario.
- Revisar el ajuste de la cadena de transmisión.

Anualmente se debe efectuar mantenimiento general a las instalaciones de la planta piloto. Se anticipa que esto puede involucrar actividades como pintura de equipos, resanar el repello de las paredes interiores de la cámara de secado, limpieza de desagües y reparaciones menores.

## **2.4.6 UTILIZACION DE CAPACIDAD.**

La capacidad instalada de la planta piloto es de 20 toneladas mensuales y se espera que pueda operar durante 10 meses (Enero a Agosto y Noviembre a Diciembre), lo que da una capacidad instalada de 200 toneladas anuales.

Durante 1991 la planta operó durante nueve meses, de Enero a Julio y de Noviembre a Diciembre, pero en dos de éstos se presentaron daños en los equipos y la producción fue muy baja. En los meses de Agosto y Septiembre no se procesó porque se remodeló la cámara de secado y se hicieron reparaciones en los equipos de lavado y trozado para facilitar su limpieza.

Se debe aclarar que otro factor determinante en la baja utilización de la capacidad instalada fue el subdiseño del quemador que ocasionó tiempos de secado demasiado largos, limitando el número y volúmen de lotes que se podían procesar mensualmente.

Consecuentemente, la utilización de la capacidad instalada de la planta piloto fue de 21.4% en 1991. El CUADRO 53 presenta la utilización de capacidad por mes y las principales limitaciones enfrentadas.

**CUADRO 53. Utilización de capacidad por mes y limitaciones**

Mes	Utiliz.	Factores limitantes
	(%)	
Enero	32	Arranque operación, falta capital trabajo, mala calidad materia prima en Chinú
Febrero	25	Falta capital trabajo, racionamiento energía eléctrica, mala calidad materia prima en Chinú
Marzo	24	Racionamiento energía eléctrica
Abril	7	Daños equipos lavado y trozado, racionamiento energía eléctrica
Mayo	42	Escasez materia prima en Chinú, incumplimiento proveedores intermediarios por lluvias
Junio	35	Escasez de materia prima en Chinú, racionamiento energía eléctrica
Julio	8	Falta agua por daño motobomba
Noviembre	24	Visita de evaluación NRI
Diciembre	18	Decisión voluntaria de restringir producción

#### 2.4.7 CONTROL DE CALIDAD

El control de la calidad se puede definir como los procedimientos seguidos para obtener un producto final con las características requeridas por el mercado. En el

caso de la harina de yuca, se pueden dividir estos procedimientos en dos: para control de calidad sanitaria y para control de calidad físicoquímica.

Se debe precisar que no todos los mecanismos de control de calidad se definieron en la Fase de Investigación de este proyecto, sino que algunos surgieron como respuesta

a condiciones particulares y a conocimientos nuevos adquiridos en el curso de la fase piloto.

A continuación se presentan estos procedimientos de control de calidad. El CUADRO 54 exhibe información sobre la calidad microbiológica de los lotes producidos en 1991. En el INFORME 3 se presentan las normas respectivas.

## CONTROL DE CALIDAD SANITARIA

### **Tratamiento de agua de lavado**

El agua que se almacena en el tanque subterráneo para uso en el lavado de raíces de yuca se trata con hipoclorito de sodio a una concentración de 10-20 ppm para evitar contaminación microbial. Con este tratamiento el agua cumple con los requisitos exigidos para agua potable. Como fuente de hipoclorito de sodio se usa límpido comercial al 5%.

### **Limpieza y desinfección de equipos**

La lavadora y trozadora se lavan con agua potable y se desinfectan aplicando una solución con hipoclorito de sodio durante 10 minutos, la cual se aplica con una bomba de espalda. Después de este tiempo, se lavan con abundante agua para retirar el hipoclorito de sodio y evitar la corrosión. La concentración utilizada es de 3 cc de límpido por litro de agua.

Además, el disco trozador se retira para su aseo y desinfección con la misma solución; el lavado se efectúa inmediatamente después de la operación mientras que la desinfección se hace al día siguiente antes de iniciar la operación.

En el caso de la cámara de secado, entre cada lote se recoge el ripio y se desinfecta las paredes interiores y las láminas perforadas aplicando con bomba la solución ya mencionada; a los 10 minutos, se retira la solución utilizando un trapeador y agua.

### **Higiene y aseo del personal**

El personal debe cumplir con las normas elementales de higiene y aseo consistentes en el lavado de las manos con agua y jabón antes de manipular el producto seco y después de utilizar el servicio sanitario. Por otra parte, el personal debe ducharse con agua y jabón antes de iniciar labores.

**CUADRO 54. Calidad microbiológica de los trocitos de yuca seca de la planta piloto de Chinú para Enero, Febrero, Marzo y Abril de 1991.**

Lote No.	Mesofilas U/gr. x 10 <sup>5</sup>	Coliformes U/gr.	E. Cali U/gr.	Estafilococo Aereus Coagulasa positiva U/gr.	Salmonella U/50 gr.	Hongos Levaduras Colonias/gr.	Bacillus Cereus U/gr.
1	11.50	18,500	0	0	0	0	0
2	13.75	18,000	0	0	0	140	160
3	13.18	22,000	0	0	0	0	40
4	1.14	1,400	0	0	0	2,000	0
5	0.95	6,000	0	0	0	10,000	0
6	0.95	7,800	0	0	0	3,000	0
7	0.64	3,000	0	0	0	2,400	0
8	1.27	4,000	0	0	0	1,400	400
9	1.91	4,800	0	0	0	2,000	350
10	0.06	0	0	0	0	0	0
11	0.32	0	0	0	0	1,000	0
12	0.32	140	0	0	0	0	0
13	2.54	200	0	0	0	200	0
14	0.19	850	0	0	0	0	0
15	0.13	50	0	0	0	0	0
16	0.19	850	0	0	0	400	0
17	0.38	150	0	0	0	0	0
18	1.27	3,000	0	0	0	0	0
19	0.63	800	0	0	0	100	0
20	0.63	800	0	0	0	0	80
21	0.00	2,400	0	0	0	50	80
22	2.54	4,400	0	0	0	0	0
23	0.19	1,600	0	0	0	0	0
24	0.076	110	0	0	0	120	100

**CUADRO 54. (cont.) Calidad microbiológica de los trocitos de yuca seca de la planta piloto de Chinú para Mayo, Junio y Julio de 1991.**

Lote No.	Mesofilas U/gr. x 10 <sup>5</sup>	Coliformes U/gr.	E. Cali U/gr.	Estafilococo Aereus Coagulaja positiva U/gr.	Salmonella U/50 gr.	Hongos Levaduras Colonias/gr.	Bacillus Cereus U/gr.
25	2.00	1,500	0	0	0	0	200
26	1.59	4,500	0	0	0	200	0
27	1.27	3,900	0	0	0	0	0
28	0.12	350	0	0	0	0	450
29	0.13	10	0	0	0	200	25
30	0.50	3,500	0	0	0	0	0
31	1.90	6,800	0	0	0	0	0
32	0.83	110	0	0	0	50	80
33	0.64	15	0	0	0	0	50
34	0.64	70	0	0	0	100	50
35	3.38	150	0	0	0	0	100
36	2.50	1,200	0	0	0	0	0
37	22.00	1,500	150	0	0	0	1,000
38	2.50	1,500	0	0	0	0	600
39	0.14	15	0	0	0	0	100
40	0.00	70	0	0	0	0	0
41	3.80	1,000	0	0	0	0	800
42	0.00	40	0	0	0	0	0
43	22.00	11,000	0	0	0	0	1,000
44	0.03	7	0	0	0	100	0
45	0.02	11	0	0	0	0	0

Los requisitos que debe cumplir el personal son los siguientes:

- tener buen estado de salud
- cabellos cortos y limpios
- manos limpias y uñas cortas y limpias
- libre de enfermedades cutáneas
- dotación de trabajo limpio

Los operarios han sido dotado con dos uniformes de trabajo, uno de color naranja para ser utilizado únicamente en las operaciones con producto fresco y el otro de color blanco para manipular el producto seco.

Este aspecto es supervisado conjuntamente por el Gerente y el Jefe de Producción de la planta.

### **Control de calidad de materia prima**

Los requisitos de calidad para la materia prima fueron mencionados en la Sección 2.3.4 y es importante establecer un mecanismo formal que garantice el cumplimiento de estos requerimientos.

En Noviembre y Diciembre se implementó un mecanismo en este sentido, consistente en (i) efectuar una preselección de las raíces en el momento de la cosecha con supervisión por parte de personal de la planta; la yuca aceptada se destina a la planta piloto y el rechazo a las plantas de secado natural y (ii) una inspección rápida en la operación de selección y adecuación.

### **Control de temperatura y tiempo de secado**

La temperatura es un parámetro de control importante en la operación de secado pues influye junto con el caudal de aire en el tiempo de secado. En la Fase Experimental del proyecto, cuando se trabajó con materia prima sembrada en el CIAT, se determinó que las especificaciones básicas de secado eran una temperatura de 60°C y un caudal aplicado de 110 m<sup>3</sup>/min para tiempos de secado entre 8 a 10 horas y no se presentaron problemas de calidad microbiológica de la yuca seca.

En 1991, durante la operación de la planta piloto, se presentaron problemas de calidad de la yuca seca debido principalmente a tres factores, a saber: (i) la contaminación microbiana de la materia prima desde el cultivo, (ii) las temperaturas bajas de secado y (iii) el tiempo de secado largo.

Por lo tanto, se considera que los trozos deben someterse a temperaturas mayores de 60°C para reducir la carga microbiana y el tiempo de secado debe ser de 8 horas

para evitar la multiplicación de microorganismos. Con respecto a la temperatura de control, aún falta investigación.

### **Desinfección de raíces**

En cuanto a calidad microbiológica, es importante identificar un procedimiento en el proceso que permita eliminar o reducir la contaminación microbiológica de las raíces. En Diciembre se probó una desinfección con una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm aplicada a la yuca fresca seleccionada y acondicionada en dos formas: por aspersión y por inmersión; pero, aunque en ambos se eliminó la contaminación por coliformes fecales, la yuca seca aún no cumplió con las especificaciones de calidad. En este sentido es necesario realizar más investigación.

Se debe anotar que el sistema de inmersión presenta las siguientes dos ventajas: (i)



minimiza el deterioro fisiológico de las raíces y (ii) ablanda y remueve la tierra, facilitando el lavado posterior.

## CONTROL DE CALIDAD FISICOQUIMICA

### **Lavado de raíces**

En la operación de lavado se deben controlar dos variables, el tiempo y el caudal de agua, que inciden en los contenidos de fibra y ceniza de la harina de yuca. El caudal de agua generalmente se debe mantener constante y el tiempo de lavado lo controla el operario mediante inspección visual de las raíces; para un caudal de 0.03 m<sup>3</sup>/minuto el tiempo de lavado debe ser de 5 minutos.

### **Ajuste de rodillos de premoledora**

Al comienzo de la operación de premolienda se debe observar si la dimensión del trocito es la apropiada o si se requiere ajustar los rodillos de la premoledora.

### **Medición de humedad**

Es importante controlar el contenido de humedad final del trocito de yuca por razones tanto de calidad como económicas. El nivel de humedad que se debe obtener es del 12%, equivalente al máximo contenido de humedad permitido por el ICONTEC (Ver INFORME 3) para evitar el ataque de hongos. Por otro lado, el sobresecamiento del trocito significa mayores costos de combustible y además eleva ligeramente el factor de conversión.

Hasta ahora, se ha utilizado un método empírico de control de humedad de dos pasos: (i) se aprisiona una muestra de trozos entre la mano y si éstos quiebran fácilmente se pueden considerar secos, (ii) se parte el trozo para observar si la parte interna también está seca. Este método es rudimentario y depende de la experiencia de los trabajadores, por lo que es importante tener un sistema más preciso. La Sección 6.5 del INFORME 6 describe los trabajos realizados en este sentido.

## **2.4.8 ANALISIS DE LAS FUENTES DE CALOR**

Originalmente se propuso el carbón como el combustible para la agroindustria de la harina de yuca porque no existían combustibles alternos viables en la Costa Atlántica, pero actualmente el gas natural se ha convertido en otra opción porque la empresa que lo distribuye en la región (SURTIGAS) está expandiendo el servicio a otras poblaciones menores.

Respecto al carbón, existen dos alternativas: mineral y coque. El primero se puede conseguir en la región en La Jagua de Ibirico (Cesar) y en Puerto Libertador (Córdoba); también se puede obtener proveniente de Amagá (Antioquia). De estos tres, el de peor calidad es el de Puerto Libertador; el de mejor calidad es el de La Jagua de Ibirico pero solo venden cantidades grandes. El coque no se produce en la Costa Atlántica y se trae desde Boyacá.

El CUADRO 55 presenta las ventajas y desventajas de estos tres combustibles ya mencionados. Se puede concluir que el gas natural es una buena alternativa y se debe tener en cuenta en la Fase de Expansión de esta agroindustria sin descartar el carbón mineral para zonas alejadas de centros urbanos.

**CUADRO 55. Ventajas y desventajas de tres combustibles para la agroindustria de la harina de yuca en la Costa Atlántica**

Combustible	Ventajas	Desventajas
Gas natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo precio</li> <li>- Baja contaminación ambiental</li> <li>- Quemadores eficientes</li> <li>- Control automático</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requiere inversión en infraestructura de conducción</li> <li>- Quemadores costosos e importados</li> <li>- Disponibilidad solo cerca a centros urbanos</li> </ul>
Carbón mineral	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio intermedio (1)</li> <li>- No requiere infraestructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta contaminación ambiental</li> <li>- Eficiencia del quemador menor</li> </ul>
Carbón coque	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor contaminación ambiental</li> <li>- No requiere infraestructura</li> <li>- Eficiencia del quemador intermedia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Precio alto (2)</li> </ul>

Notas:

1. \$25/kg en Junio 1991 (Jagua de Ibirico)
2. \$40/kg en Junio 1991 (Boyacá)

## 2.4.9 EVALUACION GENERAL DEL PROCESO

La operación de la planta piloto en 1991 sirvió para evaluar el proceso de producción de harina de yuca. Se puede concluir que, en general, las operaciones y equipos del proceso son apropiados y que con algunas reformas, se puede producir un producto adecuado a las necesidades de los mercados para consumo humano.

Las reformas, que ya han sido mencionadas en la sección 2.4.2, se resumen a continuación:

1. La demanda de mano de obra para la operación de selección y adecuación se debe reducir a 20 horas-hombre. Para esto, se deben cumplir las especificaciones de

calidad de materia prima expuestas en la sección 2.3.4. Además, es necesario implementar la preselección durante la cosecha. Según lo anterior, cinco operarios deberán realizar esta operación en cuatro horas.

2. Añadir una actividad de desinfección de raíces en la operación de lavado. Esto es necesario para acondicionar la calidad microbiológica de la materia prima.
3. Rediseño de la unidad de calor para operar con temperaturas por encima de 60°C y tiempos de secado de 8 horas. Esta labor es necesaria para dos propósitos, a saber: (i) la reducción del tiempo de secado a 8 horas para que la planta pueda operar a su capacidad especificada, y (ii) para mejorar la calidad microbiológica del producto final con estas dos condiciones de secado.

#### **2.4.10 PROPUESTA DE FLUJO DE OPERACIONES**

La FIGURA 2 muestra la propuesta de flujo de operaciones elaborada con la información obtenida del proceso en 1991. Estas condiciones de operación son viables y constituyen las especificaciones estándares del proceso.

El CUADRO 56 exhibe una programación de las actividades diarias de la planta piloto donde se incluyen actividades con raíces que llegan el mismo día y con raíces cuyo procesamiento se ha iniciado el día anterior. En otras palabras, el procesamiento de cada lote emplea dos días. Esta programación, ejecutada por 4 operarios y un Jefe de Producción, se explica a continuación.

Un día antes de la cosecha se podan los tallos de las plantas necesarias para un suministro de 2920 kgs de raíces. En la mañana del día de la cosecha se efectúa la preselección, el empacado y el transporte de las raíces hasta la planta, actividades que son realizadas por el agricultor y no son consideradas en el CUADRO 56. Antes de iniciar labores, tres operarios realizan la limpieza y desinfección de los equipos y área de trabajo entre las 7 a 9 am. Esta es la Actividad 1 del CUADRO 56. Simultáneamente, 2 operarios se encargan de descargar el secador y trasladar los trozos secos del día anterior hacia la zona de premolienda.

Posteriormente, 4 operarios ejecutan el lavado y trozado de la yuca que es seleccionada y acondicionada el día anterior, y cargan el secador con los trozos frescos, empleando 4 horas desde las 9 am hasta la 1 pm. la lavadora opera por tandas de 2 bultos cada una y en total se lavan 25 tandas que corresponden a 2774 kgs de yuca, el tiempo de lavado por tanda oscila entre 5 a 7 minutos y el flujo de

**CUADRO 56. Programación de las actividades por día de la planta piloto de Chinú Capacidad : 1 Ton/día**

Actividad	Horario		Operario encargado
	Inicia	Termina	
1. Recibir y pesar M.P.	10:00 A.M.	2:00 P.M.	1.
2. Limpieza y desinfección del equipo y area de trabajo	7:00 A.M.	9:00 P.M.	1.2.3.
3. Descargar secador y trasladar trozos secos del día anterior hasta premolienda	7:00 A.M.	9:00 P.M.	4.5.
4. Lavar trozos y cargar secador	9:00 A.M.	1:00 P.M.	2.3.4.5.
5. Encender quemador	10:00 A.M.	11:00 P.M.	5.
6. Manejo del secador (voltagear trozos cada 2 o 3 h, alimentar quemador cada 1/2 h y controlar temperatura del aire)	11:00 A.M.	7:00 P.M.	2.3.5.
7. Limpieza y desinfección del equipo y area de lavado trozado	2:00 P.M.	3:00 P.M.	1.2.3.4.
8. Selección y adecuación	3:00 P.M.	7:00 P.M.	1.2.3.4.

**NOTAS :**

1. Desayuno del personal = 1/2 hora
2. Almuerzo del personal = 1:00 P.M. a 2:00 P.M.
3. La premolienda, limpieza general y mantenimiento se realiza el día domingo
4. Jornal de trabajo = 9 horas
5. Requerimiento M.O. = 6 J/T

Consumo E.E. = 140 Kwh  
 Consumo agua = 6 - 8 m<sup>3</sup>

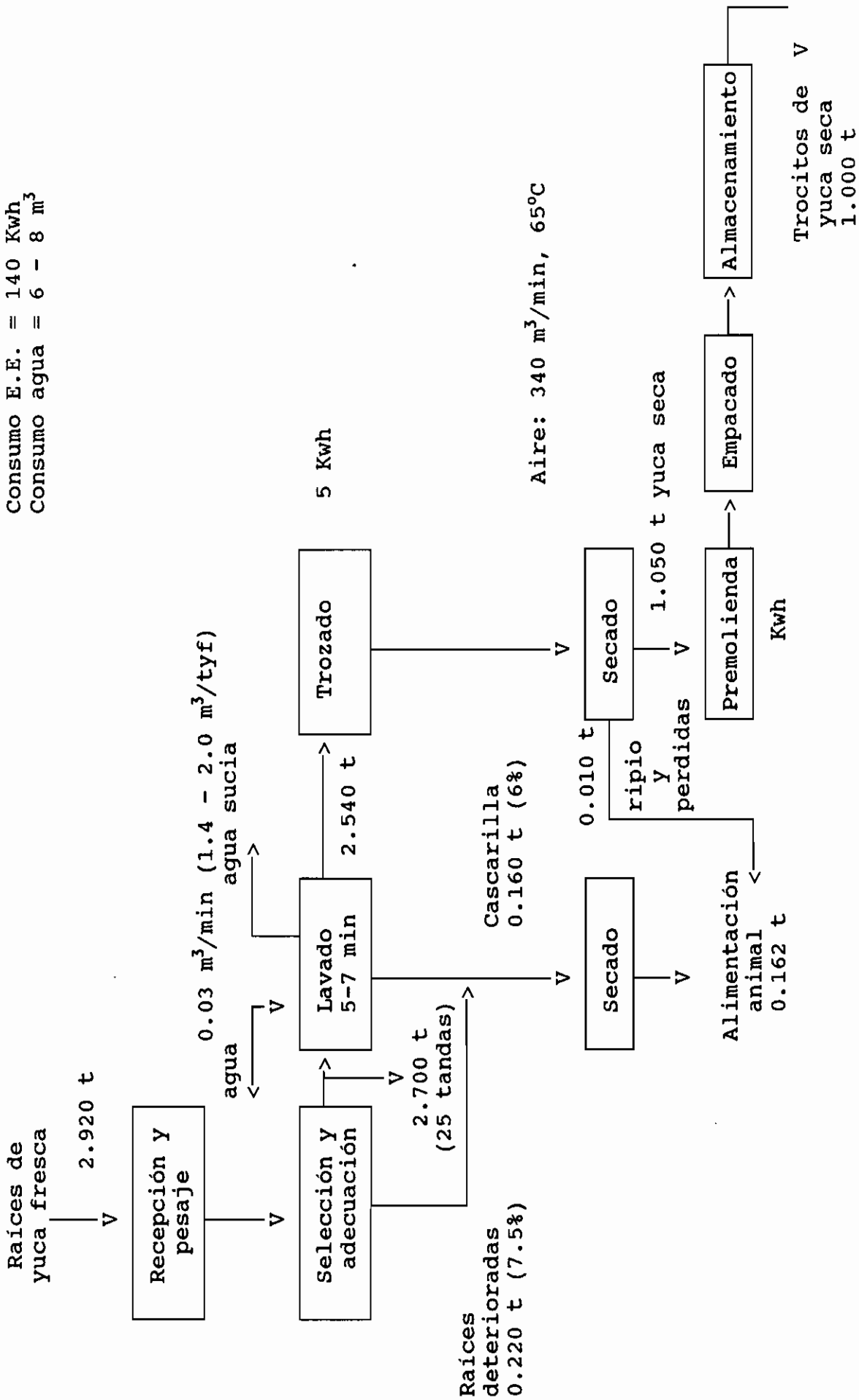


FIGURA 2. DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE TROCITOS DE YUCA SECA

agua que se aplica a presión es de  $0.03 \text{ m}^3/\text{min}$ . con estos valores, el gasto de agua está entre  $1.4$  a  $2 \text{ m}^3$  por tonelada de yuca fresca.

La recepción y pesaje es ejecutada de 10 am a 2 pm por el agricultor bajo la coordinación del Jefe de Producción. En las horas de la tarde, de 3 a 7 pm, se realiza la selección y adecuación de la materia prima que será lavada, trozada y secada en el día siguiente. Cinco operarios realizan la selección y adecuación en las cuatro horas establecidas y en esta operación se produce un rechazo de  $0.146$  toneladas de raíces, equivalente al 5% de la materia prima que entra.

# **PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA FASE DE PROYECTO PILOTO**

## **INFORME 3. PRODUCCION DE HARINA DE YUCA REFINADA EN EL MOLINO DE TRIGO EN MEDELLIN Por: Carlos Ostertag**

### **3.1 INTRODUCCION**

En la Fase Experimental de este proyecto se descubrió la viabilidad de procesar los trocitos de yuca en un molino comercial de trigo. Como el uso propuesto inicialmente para la harina de yuca era como componente de una harina compuesta trigo/yuca destinada a panificación, esta modalidad de molienda resultaba muy conveniente. Sin embargo, ante el potencial descubierto en otras categorías de alimentos además de la de panificación, se concluyó que era importante desarrollar una capacidad de molienda en planta por varias razones. Sin embargo, se prevé que ambas modalidades de molienda tendrán su lugar en el futuro de este proyecto.

Consecuentemente, se iniciaron contactos con molinos de trigo inicialmente en Barranquilla y, luego del estudio de mercados, en Medellín. En Barranquilla se contactaron tres molinos de trigo durante el segundo semestre de 1989 y uno, Generoso Mancini, expresó interés y efectuó ensayos de molienda con una tonelada de trocitos en Enero 1990. Aunque solamente obtuvo una extracción del 70% de harina de primera, el ingeniero estimaba que podía elevarlo al 90% mediante modificaciones leves al equipo.

Una de las conclusiones del estudio de mercados fue que el mercado más importante para la harina de yuca era Medellín y, por esta razón, en Julio 1990 se iniciaron contactos con tres molinos de trigo en esta ciudad. El contacto se hizo mediante una visita personal en la cual se suministró información verbal y escrita sobre las experiencias en molienda de trocitos de yuca durante la Fase Experimental y respecto al proyecto en general. De los tres molinos contactados (Cereales Coro, Harinera Nacional, Harinera Antioqueña) solo el último se interesó. Este molino de trigo, a través de su Gerente, Sr. Efraín Moreno, ha brindado toda la colaboración al proyecto.

El Jefe de Planta de Harinera Antioqueña, Sr. José Ramírez Estrada, efectuó una visita en Agosto 1990 al molino Derivados del Trigo de Buga, el cual había molturado trocitos de yuca durante la Fase Experimental. Posteriormente visitó al CIAT para tratar sobre el tema de la molienda de yuca.

### **3.2 COSTO DE TRANSPORTE**

En 1990 no se molturaron trocitos de yuca en Harinera Antioqueña procedentes de Chinú debido a la falta de agua en la planta piloto. Sin embargo, se molieron 1.5 tons

de trozos provenientes de CIAT. En Abril y Julio 1991 se molieron 17.0 y 14.1 toneladas de trocitos de yuca, respectivamente, procedentes de la planta de Chinú.

El transporte desde Chinú se hizo en camiones pertenecientes a empresas contactadas con la colaboración de la ANPPY. Para el primer viaje se canceló el flete concertado de 18 toneladas a razón de \$15.000 por tonelada para un total de \$270.000. En realidad, el costo por tonelada fue de \$15.882 porque se transportaron solo 17 toneladas, o sea que el transportista cobró un flete falso de una tonelada. Esta suma fue cancelada por el molino de trigo y COOPROALGA le reembolsó posteriormente. Para el segundo viaje la tarifa también fue de \$15.000/ton.

### 3.3 MOLIENDA

#### Procesamiento

Harinera Antioqueña posee dos molinos con equipos Allis Chalmers mecánicos y su capacidad instalada es de 50 ton/día que representa el 27% de la capacidad instalada en Medellín. El mantenimiento de los equipos y el aseo general del molino es muy bueno.

Como ya se mencionó, Harinera Antioqueña, hizo tres moliendas experimentales en las cuales los trocitos premolidos de yuca se procesaban casi como si se tratara de trigo. Las únicas operaciones descartadas fueron las de humidificación y reposo. La yuca pasaba por cuatro etapas de cilindro estriado, otras tantas de cilindro liso y por las operaciones de tamizado, igual que el trigo.

**CUADRO 1. Resultados de tres moliendas de trocitos de yuca en Harinera Antioqueña, Medellín (%)**

Molienda >	Primera	Segunda	Tercera
Fecha	Agosto/90	Abril/91	Julio/91
Cantidad molturada	1.5 tons	17.0 tons	14.1 tons
Harina de primera "A"	93.30	77.64	74.30
Harina de primera "B" ó escurrido	2.70	4.94	12.20
Extracción Harina	96.00	82.58	86.50
Mogolla	1.73	11.11	5.60
Salvado	1.40	3.70	4.60
Subtotal	99.13	97.39	96.70
Pérdidas *	0.87	2.61	3.30
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

\* Incluye peso de empaques, pérdida de humedad y pérdida en molienda



El CUADRO 1 presenta los resultados de las tres moliendas realizadas en Medellín. Estos resultados son muy variables debido a que las moliendas fueron de carácter experimental y los objetivos de la molienda respecto a la calidad del producto final no estaban claras. La harina obtenida en la primera molienda tenía demasiada cáscara y fibra, por lo que se le sugirió al Jefe de Planta bajar la extracción al 90%; sin embargo, en la segunda molienda la extracción bajó demasiado, hasta 83% y aunque se obtuvo una harina de primera muy pura, se consideró que no se había optimizado todavía la separación entre carbohidratos y la cáscara/fibra. Notese el alto porcentaje correspondiente a mogolla, lo cual era antieconómico. Por esta razón se buscó un incremento en el nivel de extracción de harina de primera. Esto se logró en la tercera molienda.

En general, los diferentes niveles de extracción son función del grado de separación de cilindros, abertura de los tamices, contenido de humedad, y contenido de cáscara exterior.

En el informe de Efraín Moreno relativo a la segunda molienda dice textualmente "tuvimos dificultades para el proceso porque al tratarse de una cantidad significativa, los aspiradores se atascaron y los cangilones correspondientes a la mecánica del movimiento del producto al parecer fueron pequeños, lo cual ocasionó pérdidas por polvo en todas las instalaciones".

Luego de la segunda molienda, el Jefe de Planta expresó su deseo de recibir trocitos más pequeños para unificar más su tamaño y facilitar el trabajo de los cilindros. Este cambio también sirve para disminuir el flete falso. Esto se cumplió en la planta piloto mediante la reducción de la distancia entre los dos rodillos de la máquina premoledora.

La harina de primera "A" del CUADRO 1 es aquella harina que pasa por el tamiz inicial. La harina de primera "B" ó "escurrido" es aquella que pasa luego de colocar un segundo tamiz con orificios mayores. Se cree que es posible obviar esta separación de harinas mediante el uso desde el inicio del segundo tamiz.

Luego de conocer el prototipo de molino a pequeña escala desarrollado por UNIVALLE y CIAT, los ejecutivos de Harinera Antioqueña han pensado en habilitar un molino Bulher con capacidad de 10 ton/día, actualmente sin uso, para moler los trocitos de yuca. Su idea es la de simplificar la molienda eliminando etapas en los cilindros estriados y lisos. De esta manera esperan rebajar costos de molienda y separar la molienda de yuca y trigo.

### Costos de Molienda

La tarifa de Harinera Antioqueña para la molienda de una tonelada de trocitos de yuca fue de \$18.500 durante 1991. Esta suma representa el 11.8% del costo de producción

de la harina de yuca (Ver INFORME 8). Esta tarifa cubre el proceso solamente; el flete en la ciudad se cobra a \$150 por bulto de 50 kgs.

### Subproductos

Tal como se presenta en el CUADRO 1, la mogolla y salvado son los subproductos de la molienda de trocitos de yuca y se caracterizan por su mayor contenido de proteína, fibra, ceniza y grasa respecto a la harina de primera.

La mogolla tiene más carbohidratos que el salvado. Este último contiene una gran proporción de la cáscara que traía el trocito originalmente. En el punto 3.4 sobre Aspectos de Calidad se amplía esta información.

## **3.4 ASPECTOS DE CALIDAD**

### Calidad físico/química

El color de la harina de yuca es blanco hueso; existe una tendencia en la industria de alimentos a preferir harinas blancas.

El CUADRO 2 presenta la composición proximal de la harina de primera obtenida en las molturaciones de Abril y Julio 1991, cuando se lograron extracciones de 82.6 y 86.5 respectivamente. El porcentaje de carbohidratos se obtiene restando la proporción de proteína, fibra, ceniza y grasa del porcentaje de materia seca. Esta proporción de carbohidratos está muy por encima de la norma ICONTEC que especifica un contenido mínimo de almidón del 62%.

La experiencia en molienda de trocitos de yuca en este proyecto indica que a mayor extracción de harina, menor el porcentaje de carbohidratos y mayor el de proteína, fibra, ceniza y grasa. El porcentaje de extracción también incide en el color de la harina; al aumentarse ésta disminuye su blancura. En conclusión, mediante la manipulación de las variables de molienda, se puede adaptar el producto final a las necesidades de los clientes.

Notese en el CUADRO 2, que aunque se aumentó el nivel de extracción, los porcentajes de componentes menores bajaron; esto se puede deber a diferencias en variedades y tiempos de lavado y a cambios en el diagrama de molienda.

El CUADRO 3 compara la granulometría de la harina de trigo de Harinera Antioqueña y la de la harina de primera de la molienda de Julio 1991. Se observa que, en general, la harina de yuca tiene partículas más finas que la harina de trigo.

El análisis proximal de la mogolla de la molienda de Abril que aparece en el CUADRO 2 señala que contiene casi un 71% de carbohidratos. Este porcentaje tan alto no es

típico porque en esa ocasión la extracción de mogolla fue muy alta y la de harina de primera baja. En comparación, la mogolla de Julio 1991 presentaba una proporción de 60% de carbohidratos ya que en esa molienda se logró una mejor separación entre parénquima (carbohidratos) y la cáscara/fibra.

El nivel de humedad de los productos obtenidos en la molienda de Abril 1991, entre 10-11%, es bastante apropiado. La norma ICONTEC es del 12%. Es importante evitar la resequedad del trocito por razones financieras.

## CUADRO 2. Análisis bromatológico de la harina de yuca y subproductos 1991.

### Porcentaje de:

	Materia seca	Carbohidratos	Proteína	Fibra	Ceniza	Grasa
Norma Icontec (1)	88.0	62.0	--	7.5	2.0	--
Harina de yuca (Abril) (2)	89.3	79.6	3.29	2.8	1.9	1.7
Harina de yuca (Abril) (3)	89.7	82.8	3.57	0.34	2.2	0.8
Harina de yuca (Julio) (4)	89.9	N.D.	2.80	2.3	1.7	--
Mogolla (Abril)	89.2	70.9	5.42	7.7	2.6	2.6
Mogolla (Julio) (5)	89.4	N.D.	7.18	16.5	3.3	--
Salvado (Julio) (5)	89.8	N.D.	5.24	11.8	3.2	--

#### Notas:

- (1) ICONTEC especifica 2.5% de fibra cruda y 5.0% de celulosa en bruto
- (2) Promedio de cinco muestras analizadas en el CIAT y correspondientes a la molienda de Abril 1991
- (3) Análisis efectuado por ANALTEC, Medellín con muestras correspondientes a la molienda de Abril 1991
- (4)\* Promedio de tres muestras analizadas en el CIAT y correspondientes a la molienda de Julio 1991
- (5) Promedio de dos muestras analizadas en el CIAT

## CUADRO 3. Composición de la granulometría de harina de trigo y harina de Yuca molturados por Harinera Antioqueña 1991.

Micrómetros	Harina de trigo	Harina de yuca *	Definición
250	3	--	Ripio
210	--	--	Ripio
150	11	7	Harina
104	27	10	Harina
Fondo	59	83	Fino

\* Molturada en Julio 1991

**CUADRO 4. Recuentos, medios de cultivo o pruebas y parámetros máximos permitidos en análisis microbiológicos de harinas para consumo humano.**

Análisis microbiológico	Medio de cultivo y/o prueba	Parámetro Limite
Recuento total de microorganismos mesófilos/gr	Agar nutritivo	200.000
N.M.P. de coliformes totales/gr	Prueba presuntiva: tubos de fermentación (Caldo Brila); prueba confirmativa: medio E.M.B.	100
N.M.P. de coliformes fecales/gr	Prueba presuntiva: igual a la anterior Prueba confirmativa: Test de Mackenzie	Menor de 3
Recuento de hongos y levaduras/gr	Agar Ogy	1.000
Recuento de estafilococo coagulasa positivo/gr	Vogel-Johnson	Menor de 100
Investigación de salmonella en 25 grs.	Medio de cultivo: Caldo Enriquec. (Selenite y Tetrat.); medio específico: Agar SS-Agar-Bismuto-Sulfito	Negativo
Bacillus cereus ufc/gr		1.000
Aflatoxinas		Ausente

Fuente: ICONTEC, Laboratorios Analtec-Medellín (1991), Secretaría de Agricultura

#### Calidad microbiológica

El CUADRO 4 muestra los diferentes recuentos de un típico análisis microbiológico que se realiza normalmente a harinas para consumo humano y que se implementó para la harina de yuca. Aunque los resultados fueron muy variables entre muestras y laboratorios, los análisis efectuados en Cali por el Laboratorio de Microbiología de Alimentos y UNIVALLE y en Medellín por empresas privadas como TECNAS,

DELMAIZ, Comestibles DAN y NOEL manifestaron un problema en ese sentido. En ocasiones, la muestra estuvo dentro de los parámetros; a veces estuvo ligeramente por encima y en otras los recuentos eran exageradamente altos. El problema microbial se concentraba en Bacterias Mesófilas, N.M.P. de Coliformes totales y fecales, y hongos y levaduras.

Un análisis microbiológico realizado en Cali (Laboratorio de Microbiología de Alimentos) a muestras de harina de primera, mogolla y salvado de la molienda de Julio 1991 en Medellín, mostró que la contaminación era mayor en la mogolla que en la harina de primera, y era todavía peor en el salvado. Esto sugería que la contaminación aumentaba en la cáscara y fibra, lo que era lógico si la contaminación microbial ocurría en la raíz desde la parcela.

Según información obtenida de Harinera Antioqueña y de algunos fabricantes de productos cárnicos, la calidad microbiológica de la harina de trigo es bastante buena y los recuentos están muy por debajo de los máximos permitidos. (Ver CUADRO 4). Por ejemplo, están acostumbrados a recuentos de 8.000 mesófilos/gr. para la harina de trigo. Esto quiere decir que los usuarios de esta harina esperan una calidad similar para otras harinas.

# PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA FASE DE PROYECTO PILOTO

## **INFORME 4. ASPECTOS DE MERCADEO** **Por: Carlos Ostertag**

### **4.1 INVESTIGACION DE MERCADOS**

#### Antecedentes

La Fase de Investigación del presente proyecto concentró su atención en determinar el potencial de la harina de yuca como sustituto de harina de trigo en panificación hasta niveles del 15%. Los estudios efectuados confirmaron esta posibilidad debido a la aceptación del pan elaborado con harina compuesta trigo/yuca por parte del consumidor en Bogotá. Sin embargo, esta fase dejó en claro que el obstáculo a vencer para penetrar el mercado de panificación, el más grande para la harina compuesta, será el panadero quien percibe grandes riesgos de desmejorar la calidad de sus productos al utilizar la harina compuesta.

En la propuesta para la actual Fase de Proyecto Piloto se planteó la hipótesis de que la harina de trigo es más indispensable en la elaboración de ciertos alimentos que en otros y de que el grado de sustitución posible era inversamente proporcional a este factor de "indispensabilidad". Se estimó que la harina de trigo en panificación es altamente indispensable pero que existen otras categorías de alimentos en donde la harina de yuca puede ofrecer ventajas en vez de desventajas; por esta razón se propuso un enfoque diferente: la harina de yuca como sustituto parcial o total de harinas y almidones en general (harina de trigo, harina de arroz, harina y almidón de maíz, almidón de yuca, etc.) en múltiples categorías de alimentos.

#### Metodología

El objetivo del estudio de mercados es conocer la demanda potencial para el producto harina de yuca en la industria alimenticia nacional. Como la harina de yuca es un producto nuevo en el mercado colombiano, es necesario entregar muestras al procesador para que éste la ensaye en sus procesos y formulaciones y así pueda obtener una idea aproximada de la utilidad de la harina de yuca para su empresa.

El estudio de mercados se efectuó a tres niveles, a saber:

- Nacionalmente en las principales ciudades del país (Bogotá, Medellín, Cali)
- En la Costa Atlántica (Barranquilla, Cartagena, Santa Marta)
- En el área próxima a la planta piloto localizada en Chinú, Córdoba (Montería, Sincelejo, Corozal, Chinú, Sampues, Sahagún, San Andrés)

La metodología desarrollada fué la siguiente:

1. Selección a priori de categorías de alimentos procesados con contenido de algún tipo de harina o almidón.
2. Inventario de productores de las mencionadas categorías de alimentos efectuado en tiendas y autoservicios a nivel nacional.
3. Selección de una muestra de fabricantes que incluyera todas las categorías de alimentos a nivel nacional.
4. Primera encuesta a la muestra de fabricantes enfocada hacia obtener información de productos producidos, materias primas utilizadas, precio, empaques, problemas, etc.
5. Entrega de una muestra de harina de yuca de acuerdo al volumen solicitado por los fabricantes interesados, con el fin de que se efectuaran ensayos de sustitución de otras harinas o almidones.
6. Segunda encuesta dirigida a los fabricantes que efectuaron los ensayos para conocer los resultados obtenidos en las pruebas de sustitución y el requerimiento de un indicador de intención de compra asumiendo que la harina de yuca costara un 10% menos que la materia prima sustituida.
7. Análisis del estudio y determinación de los mercados potenciales para la harina de yuca.
8. Cuantificación de los diferentes mercados para la harina de yuca, apoyado en el estudio, y complementado por la búsqueda de información secundaria y entrevistas en empresas claves.

El trabajo de campo se planteó en cuatro fases, a saber:

- Estudio de Productos (punto 2).
- Estudio Fabricantes 1 (puntos 4 y 5).
- Estudio Fabricantes 2 (punto 6).
- Cuantificación de Mercados (punto 8).

### Actividades desarrolladas

En Febrero de 1989 se planteó la nueva estrategia de mercadeo para la harina de yuca consistente en penetrar otras categorías de alimentos, sin excluir a la de panificación. En Marzo se elaboró la metodología para el estudio a nivel nacional y se diseñaron los formatos y cuestionarios requeridos. En el marco de una tesis de grado, se probaron y se perfeccionaron los cuestionarios y, posteriormente, se inició el estudio correspondiente a Cali (Marzo-Agosto 1989) bajo la dirección y el apoyo logístico del CIAT.

En Junio de 1989 se iniciaron contactos con la Corporación Fondo de Apoyo de Empresas Asociativas (CORFAS) con el fin de delegarle el trabajo de campo del estudio (excluyendo la cuarta fase o "Cuantificación de Mercados") en las poblaciones restantes y en Julio se llegó a un acuerdo, formalizado mediante un contrato entre CIAT y CORFAS. CORFAS es un buen candidato para efectuar este trabajo de campo porque tiene profesionales y oficinas situados en las ciudades en donde se pensaba realizar las encuestas. Además, la institución tiene experiencia en este tipo de trabajo y le interesa el campo del procesamiento de yuca debido a que presta asesoría técnica y crédito a las cooperativas de secado de yuca en la Costa Atlántica.

La fase de Estudio de Productos se ejecutó en el mes de Julio. En el mes de Septiembre se llevó a cabo la capacitación durante tres días de cuatro funcionarios de CORFAS en el CIAT. Estos funcionarios se desempeñaron posteriormente como organizadores y supervisores del estudio en sus respectivas zonas, contratando y capacitando donde fuera posible a estudiantes de Tecnología de Alimentos como encuestadores. Este mismo mes se enviaron los listados por zona de fabricantes a ser encuestados en la segunda fase (Fabricantes 1), la cual se inició en Octubre y terminó a finales de Enero de 1990, incluyendo la entrega de muestras. La fase de Fabricantes 2 se inició en Febrero y terminó a mediados de Abril, con la excepción de Bogotá, en donde se terminará a finales de Mayo 1990.

Los datos de Fabricantes 1 se alimentaron a un microcomputador IBM XT durante el mes de Febrero de 1990 usando el programa dBASE 3 Plus. En Abril y Mayo de 1990 se hizo lo mismo con los datos de Fabricantes 2. El procesamiento y análisis de la información se efectuó en el mes de Mayo.

Un funcionario del CIAT visitó cada zona dos veces durante el período del trabajo de campo con el fin de conocer los encuestadores y sus problemas e inquietudes.

### Informe del Estudio de Mercados

En este informe se distinguirán tres niveles de análisis, a saber:



- Fabricantes 1, o sea la muestra de empresas contactadas en esta fase.
- Fabricantes 2, o sea la muestra de aquellas empresas que efectuaron los ensayos.
- Intención de Compra Positiva, o sea la muestra de empresas que expresaron una Intención de Compra de "Definitivamente si" o "Probablemente si" luego de efectuar ensayos con harina de yuca.

Como ya se anotó anteriormente, este informe no incluye datos correspondientes a Bogotá, excepto en el tema concerniente a las materias primas utilizadas en donde si se incluyó esta zona.

Para efectos de presentar la información, se agrupan las poblaciones en zonas de la siguiente manera:

Medellín:	incluye Medellín, Itagüí, y Envigado.
Cali:	incluye a Cali, Pereira, Popayán, Palmira, Buga, etc.
Chinú:	incluye a Montería, Sincelejo, Corozal, Sampues, Sahagún, Chinú y San Andrés.
Barranquilla:	incluye a Barranquilla, Cartagena, Santa Marta y Ciénaga.

### **Fase de Fabricantes 1**

La muestra de empresas y productos.

La muestra de empresas procesadoras de alimentos contactadas en esta fase incluyeron empresas grandes, medianas y pequeñas (caseras). Sin embargo, en las ciudades de la Costa Atlántica, con la excepción de Barranquilla, existen pocas empresas grandes por lo que el perfil de la muestra en las zonas denominadas por el estudio como "Chinú" y "Barranquilla" tiende hacia la industria pequeña y casera tales como panaderas, etc. En contraste, el perfil de la muestra en Medellín y Cali se inclina hacia empresas grandes y medianas, reflejando la realidad de la industria alimenticia nacional. (Ver CUADRO 1).

El rango de productos elaborados por estas empresas es muy amplio y se pueden clasificar como alimentos industriales o artesanales. Muchos productos pertenecen a ambas categorías y su clasificación depende del volumen de producción de la empresa. La siguiente lista da una idea de los productos que se mencionaron pero no es exhaustiva. Todos estos productos incluyen una materia prima farinácea, sea grano, harina o almidón y similares.

## Materias primas

Al preguntar sobre las materias primas como harinas, almidones y granos utilizadas en las formulaciones de estos productos, se nombraron un total de 503 materias primas. El CUADRO 2 muestra la distribución de estas materias primas. Se puede resaltar la importancia de la harina de trigo como materia prima en esta muestra de productos.

**CUADRO 1. Empresas contactadas por zona y productos con harina que dijeron producir**

Zona	No. Empresas	%	No. Productos	%	Productos por Empresa
Medellín	53	24	86	24	1.62
Cali	57	26	101	28	1.77
Chinú	34	16	85	23	2.50
Barranquilla	73	34	90	25	1.23
<b>TOTAL:</b>	<b>217</b>	<b>100</b>	<b>362</b>	<b>100</b>	<b>1.67</b>

### Alimentos industriales

- . Barquillo (cono, cucurucho)
- . Besitos
- . Compota
- . Condimento (azafrán, color)
- . Fideo
- . Galleta (dulce, salada)
- . Goma
- . Harina de arroz
- . Harina de maíz
- . Harina de trigo
- . Harina precocida de maíz
- . Manjarblanco (arequipe)
- . Mezcla para apanar
- . Mezcla para colada
- . Mezcla para sopas
- . Pan
- . Pasta
- . Ponque (torta, pastel)
- . Rosquillas
- . Waffer

### Alimentos artesanales

- . Almojábana
- . Arepa
- . Bocado
- . Carimañola
- . Condimento
- . Cuca
- . Diabolín
- . Dulcera
- . Empanada
- . Enyucado
- . Galleta
- . Oblea
- . Pan
- . Pandebono
- . Pandequeso
- . Pandeyuca
- . Panderero
- . Pastel
- . Pizza
- . Ponqué
- . Tamal
- . Torta

El CUADRO 3 agrupa las materias primas por cultivos. Se puede destacar otra vez la importancia del trigo y sus derivados (harina, semola, y mogolla).

**CUADRO 2. Principales materias primas utilizadas en los productos producidos por las empresas en Fabricantes 1.**

Materia Prima	No. Veces Mencionada	%
1. Harina de trigo	231	46
2. Grano de maíz	34	7
3. Almidón de maíz	30	6
4. Almidón de yuca agrio	30	6
5. Harina de arroz	21	4
6. Almidón de yuca dulce	20	4
7. Harina de maíz	19	4
8. Harina precocida de maíz	15	3
9. Grano de trigo	13	3
10. Yuca	12	2
11. Grano de arroz	9	2
12. Granza de arroz	8	2
13. Semola de trigo	8	2
Otras	53	11
<b>TOTAL</b>	<b>503</b>	<b>100</b>

**CUADRO 3. Distribución de materias primas agrupadas por cultivo.**

Cultivo	No. Veces Mencionado	%
Trigo y derivados	263	52
Maíz y derivados	106	21
Yuca y derivados	68	14
Arroz y derivados	46	9
<b>TOTAL</b>	<b>503</b>	<b>100</b>

El CUADRO 4 presenta algunas características de las principales materias primas.

### Precios de materias primas

Los precios suministrados por materia prima presentan grandes variaciones debido: (a) diferencias en fechas; (b) diferencias geográficas; (c) diferentes expendios y (d)

**CUADRO 4. Características de las principales materias primas nombradas en Fabricantes 1.**

Materia Prima	\$/kg *	Tipo de empaque	Peso Kgs	Problemas
1. Harina de Trigo	160- 222	Papel principalmente. También polipropileno y lienzo	50	Precio alto, escasez
2. Grano maíz	70- 180	Fique principalmente	75 62 50	Precio alto, mala calidad
3. Almidón maíz	273- 464	Papel principalmente	50	No se manifestaron quejas
4. Almidón yuca agrio	300- 520	Papel y polipropileno principalmente	50	Precio alto, mala calidad
5. Harina arroz	70- 240	Polipropileno y papel	50	Pocas quejas
6. Almidón yuca dulce	140- 288	Poliétileno y papel	50	Pocas quejas
7. Harina maíz	100- 320	Polipropileno principalmente	50	Precio alto
8. Harina precocida maíz	200- 432	N.D.	50	Precio alto
9. Grano trigo	122- 150	A granel principalmente		Precio alto, mala calidad, escasez

\* Precios tomados en el periodo entre Marzo de 1989 a Enero 1990.

identificación errónea. Esta última razón es evidente en el caso de la harina de arroz, harina de maíz y harina precocida de maíz en donde evidentemente se presentaron confusiones entre materias primas similares por parte de las personas encuestadas.

Por ejemplo, la harina de arroz utilizada por los condimenteros es de menor calidad y precio frente a la harina de arroz utilizada por los fabricantes de manjarblanco. Estas diferentes calidades de harina de arroz no se distinguen sino que se utiliza un solo nombre genérico.

Aunque no es estadísticamente ortodoxo, con el fin de comparar los precios de las diferentes materias primas, se calculó un promedio entre el rango mínimo y máximo de precio para cada una. El CUADRO 5 presenta esta relación.

Se puede subrayar que las materias primas farináceas más caras en la industria nacional de alimentos son el almidón de yuca agrio, el almidón o fécula de maíz, y la harina precocida de maíz. El almidón de yuca dulce, la harina de maíz, y la harina de trigo presentan precios intermedios, mientras que la harina de arroz se puede considerar de precio bajo. Los granos de trigo y maíz presentan los precios menores debido a que no se ha incurrido en costos de procesamiento.

### **Tipo de empaques de la materia prima**

El CUADRO 4 presenta los tipos de empaque más usuales para cada materia prima. Se puede resaltar la importancia del papel y polipropileno. El CUADRO 6 muestra los empaques utilizados por zona para la harina de trigo. Se puede apreciar que el empaque de papel es dominante en Medellín y la Costa Atlántica, mientras que el polipropileno y lienzo se utilizan en la zona de Cali.

### **Unidad de Compra**

Tal como lo muestra el CUADRO 4, casi todas las materias primas vienen en empaques de 50 kgs.

### **Problemas con las materias primas**

El CUADRO 4 exhibe los principales problemas percibidos por los compradores. La principal queja fue por el precio alto. Muchos compradores piensan que la harina de trigo, almidón de yuca agrio, harina maíz, grano de maíz, harina precocida de maíz, y el grano de trigo son demasiado caros. Además, consideran que el almidón de yuca agrio, grano de maíz, y grano de trigo presentan una calidad deficiente. También se quejaron por la escasez del trigo y harina de trigo.

**CUADRO 5. Relación de precio entre las diferentes materias primas.**

Materia Prima	Rango (\$/Kg)	Promedio	Índice
1. Almidón yuca agrio	300-520	410	100
2. Almidón maíz	273-464	369	90
3. Harina precocida maíz	200-432	316	77
4. Almidón yuca dulce	140-288	214	52
5. Harina maíz	100-320	210	51
6. Harina trigo	160-222	191	47
7. Harina arroz	70-240	155	38
8. Grano trigo	122-150	136	33
9. Grano maíz	70-180	125	30

**CUADRO 6. Tipos de empaque para la harina de trigo por zona.**

Zona	Papel	Polipropil.	Lienzo	Poliétileno
Medellín	33	6	2	8
Cali	1	15	12	1
Chinú	57	0	0	1
B/quilla	33	8	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>10</b>
<b>%</b>	<b>70</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>6</b>

### Proveedores de materias primas

Se observó la tendencia de que las grandes empresas consumidoras de materias primas farináceas las adquieran directamente de los diferentes tipos de molinos, otras plantas procesadoras o del IDEMA, mientras que las empresas más pequeñas compraban a intermediarios tales como mayoristas o depósitos especializados en harinas. Algunas fábricas caseras compran en graneros, tiendas o supermercados.

La harina de trigo se compra principalmente a los molinos de trigo, IDEMA y mayoristas. El almidón de yuca dulce, utilizado principalmente en la zona de Chinú, se adquiere donde mayoristas y directamente con agricultores. La harina de arroz se expende principalmente en molinos de arroz. El almidón de maíz se compra directamente a empresas procesadoras de maíz como Maizena, Del Maíz, Unicor y mayoristas. El almidón de yuca agrio es expendido por mayoristas principalmente.

Se debe anotar que cada intermediario en la cadena de distribución va encareciendo cada vez más el precio unitario de la materia prima.

### Utilización de extrusor

Esta pregunta se incluyó debido a que el extrusor permite el desarrollo de nuevos productos en base de harina de yuca. El CUADRO 7 indica que solamente el 12% de las empresas contactadas dijeron tener algún tipo de extrusor. La incidencia de este equipo de procesamiento de alimentos fue más alto en las zonas de Cali y Barranquilla. La mayoría de las empresas que cuentan con extrusores producen pasta, mezcla de cereales precocidas (coladas, refrescos, sopas, etc.), carne procesada, harina precocida de maíz, y cereales inflados.

### Utilización de laboratorios de calidad

El CUADRO 8 muestra que casi la mitad de la muestra de empresas utiliza los servicios de un laboratorio de control de calidad. Sin embargo, las zonas de Medellín y Cali presentan una mayor incidencia (79 y 58% respectivamente) porque, como se había mencionado anteriormente, las empresas de estas zonas son más grandes y sofisticadas que las de Chinú y Barranquilla. Se puede resaltar que sólo el

**CUADRO 7. Empresas que utilizan extrusor.**

Zona	No.	%	Muestra
Medellín	3	6	53
Cali	10	18	57
Chinú	2	6	34
Barranquilla	11	15	73
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>217</b>

**CUADRO 8. Empresas que utilizan laboratorio de control de calidad.**

Zona	No.	%	Muestra
Medellín	42	79	53
Cali	33	58	57
Chinú	2	6	34
Barranquilla	25	34	73
<b>TOTAL</b>	<b>102</b>	<b>47</b>	<b>217</b>

6% de la muestra de empresas en la zona de Chinú utilizan los servicios de un laboratorio de control de calidad.

## Utilización de asistencia técnica

El CUADRO 9 muestra la proporción de muestra de empresas por zona que utilizan los servicios de asistencia técnica. El estudio demostró que las empresas dependen bastante de sus proveedores de materias primas para este fin.

**CUADRO 9. Empresas que utilizan servicios de asistencia técnica.**

Zona	No.	%	Muestra
Medellín	26	49	53
Cali	17	30	57
Chinú	3	9	34
Barranquilla	27	37	73
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>	<b>34</b>	<b>217</b>

## Intención de Compra antes del ensayo

Con el fin de detectar el grado de interés que despertaba la idea de la harina de yuca a un precio menor que el de las materias primas tradicionales, se solicitó una medida de Intención de Compra mediante la siguiente escala de cinco puntos:

<b>Definitivamente sí la compraría</b>	<b>5</b>
<b>Probablemente sí la compraría</b>	<b>4</b>
<b>No sé si la compraría</b>	<b>3</b>
<b>Probablemente no la compraría</b>	<b>2</b>
<b>Definitivamente no la compraría</b>	<b>1</b>

El CUADRO 10 presenta los resultados. La columna a la derecha de la titulada "5+4" ("Definitivamente y "Probablemente sí compraría") es la más importante, pues muestra la proporción de productos para los cuales la Intención de Compra fue positiva. La Intención de Compra positiva promedio fue del 75%; las zonas de Chinú y Cali presentan niveles más altos, de 96 y 80% respectivamente. Medellín y Barranquilla presentan niveles más bajos, de 64 y 58%. Si se considera que en sólo el 7% de los casos la Intención de Compra fue decididamente negativa ("Definitivamente" y "Probablemente no compraría"), podemos concluir que la industria alimenticia nacional está abierta a materias primas nuevas y que la propuesta de una harina de yuca como alternativa de reducción de costos es atractiva.



**CUADRO 10. Intención de compra de una harina de yuca a menor precio que la materia prima tradicional antes del ensayo (\*).**

Zona	5	%	4	%	5+4	%	3	%	2	%	1	%	n
Medellín	4	5	51	59	55	64	28	33	0	–	3	3	86
Cali	12	12	69	68	81	80	6	6	8	8	6	6	101
Chinú	0	–	82	96	82	96	1	1	2	2	0	–	85
B/quilla	7	8	45	50	52	58	30	33	1	1	6	7	90
TOTAL	23	6	247	68	270	75	65	18	11	3	15	4	362

(\*) La muestra (n) es igual al número de ensayos potenciales, o sea el número de productos que las empresas dijeron producir.

### Muestras de harina y trocitos de yuca entregadas

El CUADRO 11 describe la cantidad de muestras entregadas a las empresas participantes con el fin de efectuar ensayos de formulación. Se debe aclarar que alrededor del 15% de las empresas contactadas en la fase de Fabricantes 1 no solicitaron muestras, o sea que se autoexcluyeron de la fase de Fabricantes 2. La gran mayoría de las empresas que decidieron participar en los ensayos pidieron muestras de harina de yuca, aunque se les dio la opción de recibir trocitos de yuca. Al recibir las muestras, se le solicitó al fabricante realizar ensayos basado en sus propios criterios y en su conocimiento de su proceso y producto. Hubo un lapso de entre 20 a 40 días entre la entrega de la muestra y el contacto en el marco de la fase de Fabricantes 2.

### Fase de Fabricantes 2

Este cuestionario, implementado luego de los ensayos efectuados con harina de yuca, se enfocó en: (a) conocer los productos en los cuales se ensayó la formulación con harina de yuca; (b) nivel de sustitución; (c) la materia prima sustituida; (d) los resultados obtenidos; (e) comparación entre el producto con harina de yuca y el producto tradicional; (f) ventajas y desventajas de la harina de yuca en la formulación ensayada; (g) intención de compra; y (h) volumen al mes de harina de yuca que comprará la empresa. La Intención de Compra fue el indicador base para detectar mercados potenciales y se requirió asumiendo que la harina de yuca costara un 10% menos que la materia prima sustituida.

Se debe anotar que no todas las empresas que recibieron la muestra efectuaron los ensayos. Además, algunos fabricantes que sí los realizaron, ensayaron la harina de yuca en productos diferentes a los que habían mencionado en la fase de Fabricantes 1.

**CUADRO 11. Número de muestras de harina y trocitos de yuca entregados a empresas.**

Zona	Harina de Yuca		Trocitos de yuca	
	No. Muestras	Kg	No. Muestras	Kg
Medellín	46	1.037	2	80
Cali	47	875	4	111
Chinú	32	285	0	0
B/quilla	60	1.056	2	15
<b>TOTAL</b>	<b>185</b>	<b>3.253</b>	<b>8</b>	<b>206</b>

### **Productos en los que se ensayó la harina de yuca**

El CUADRO 12 presenta la lista de los productos en los cuales se ensayó la harina de yuca. Se debe anotar que, en ocasiones, múltiples empresas ensayaron con el mismo producto.

### **Materias primas sustituidas**

La principal materia prima sustituida en los ensayos fue la harina de trigo, seguida de lejos por el almidón de yuca dulce, la harina de arroz, y el almidón de maíz. (Ver CUADRO 13).

### **Niveles de sustitución con harina de yuca**

Es bueno comentar de antemano que la proporción de materias primas farináceas en las formulaciones de los diferentes productos es muy variable; por ejemplo, en carnes procesadas la harina o almidón incorporado puede representar del 2 al 10%, mientras que en galletas la proporción se acerca casi al 100%.

Igualmente, los niveles de sustitución en los ensayos variaron desde el 2% hasta el 100%. Se observó la tendencia de que cuando la materia prima farnacea significaba una proporción baja en la formulación del producto, el nivel de sustitución con harina de yuca fue alta, y viceversa. Dentro de productos idénticos también se observó gran variación en niveles de sustitución, ya que no se suministraron reglas de sustitución al fabricante.

**Cuadro 12. Productos en los que se ensayó la harina de yuca**

<b>Productos Industriales</b>	<b>Productos Artesanales</b>
· Barquillo (cono, cucurucho)	· Almojábana
· Carne procesada (salchichón, jamón, salchicha, mortadela, etc.)	· Arepa
· Condimento (azafrán, color)	· Bocado
· Fideo	· Bollo de yuca
· Galleta (dulce, salada)	· Buñuelo
· Goma	· Carimañola
· Harina precocida de maíz	· Condimento
· Manjarblanco (arequipe)	· Cuca
· Mezcla con harina de trigo	· Dedito
· Mezcla para apanar	· Diabolín
· Mezcla para coladas	· Dulcera
· Mezcla para fritura	· Empanada
· Mezcla para horneado	· Enyucado
· Mezcla para refresco	· Galleta (polvorosa)
· Mezcla para sopa	· Hojaldra
· Pan (diferentes tipos)	· Mantecado
· Pasta	· Oblea
· Ponqué (torta)	· Pan
· Pudín	· Pandebono (pandequeso, pandeyuca)
· Salsa	· Pandero
· Tostada	· Pastel (torta, ponqué, bizcocho)
· Waffer	· Pizza
	· Rosquita
	· Tamal

**CUADRO 13. Principales materias primas sustituidas en los ensayos efectuados por los fabricantes.**

Materia Prima	No. Veces Mencionada	%
1. Harina de trigo	128	58
2. Almidón de yuca dulce	19	9
3. Harina de arroz	14	6
4. Almidón de maíz	13	6
5. Almidón de yuca agrio	12	5
6. Yuca	10	5
7. Grano de maíz	6	3
8. Grano de arroz	5	2
Otras	14	6

El CUADRO 19 muestra los rangos de sustitución de harina de yuca en productos donde la Intención de Compra fue positiva.

### Resultados de los ensayos

Mediante la siguiente escala de cinco puntos se preguntó sobre los resultados del ensayo ejecutado:

<b>Excelente resultado</b>	<b>5</b>
<b>Buen resultado</b>	<b>4</b>
<b>Aceptable resultado</b>	<b>3</b>
<b>Mal resultado</b>	<b>2</b>
<b>Pésimo resultado</b>	<b>1</b>

El CUADRO 14 exhibe las calificaciones de los resultados obtenidos e indica que el 46% de los resultados se calificaron como "Excelente y buen resultado". El 21% de los ensayos se calificaron como "Aceptable resultado". Sólo el 33% de los ensayos se calificaron negativamente, o sea "Mal y pésimo resultado".

El CUADRO 15 presenta la lista y frecuencia de productos correspondientes a los ensayos calificados por los fabricantes como "Excelente resultado" y "Buen resultado". Los productos en paréntesis son similar ,s a los productos a su izquierda. La columna a la extrema derecha indica los productos cuyos ensayos se calificaron como "Excelente resultado."

**CUADRO 14. Resultados de los ensayos efectuados en productos sustituyendo otras materias primas con harina de yuca (\*).**

Zona	5	%	4	%	5+4	%	3	%	2	%	1	%	n
Medellín	7	14	13	26	20	40	11	22	17	34	2	4	50
Cali	10	16	17	27	27	42	19	30	13	20	5	8	64
Chinú	8	15	27	51	35	66	5	9	13	25	0	0	53
B/quilla	6	11	13	24	19	35	11	20	18	33	5	9	54
TOTAL	31	14	70	32	101	46	46	21	61	28	12	5	221

(\*) La muestra (n) es igual al número de ensayos efectuados.

Se puede subrayar el éxito obtenido con carne procesada, condimento, empanada, galleta dulce de todo tipo, y ponqué o pastel. Aunque en panificación hubo éxitos, se debe anotar que la cantidad de ensayos fallidos es grande.

### Comparaciones con el producto tradicional

También se solicitó una comparación entre el producto tradicional de la empresa y el obtenido en el ensayo de sustitución. Los fabricantes calificaron el producto con harina de yuca como "Mejor", "Igual" o "Peor". El CUADRO 16 muestra las frecuencias de las comparaciones por zona. Las comparaciones en la zona de Barranquilla fueron más negativas hacia el producto con harina de yuca que en el resto de zonas. El 54% de los productos con harina de yuca fueron evaluados como "Mejor" o "Igual".

El CUADRO 17 relaciona las evaluaciones del resultado de los ensayos (de 1 a 5) con estas tres comparaciones. La mayoría (89%) de los productos evaluados como "Mejor" fueron el resultado de ensayos calificados como "Excelente" y "Bueno". El 100% de los productos evaluados como "Igual" fueron el resultado de ensayos calificados como "Excelente", "Bueno", y "Aceptable". De los productos evaluados como "Peor", el 88% corresponden a ensayos calificados como "Aceptable resultado" y "Mal resultado".

### Intención de compra de harina de yuca

El CUADRO 18, en la columna a la derecha de la titulada "5+4", muestra que el 57% de los ensayos indujeron a una Intención de Compra positiva ("Definitivamente" o "Probablemente si compraría") por parte de los fabricantes. Se puede resaltar que este porcentaje fue mayor en la zona de Chinú (72%). El 32% de los ensayos indujeron a una Intención de Compra negativa por parte del fabricante ("Definitivamente" o "Probablemente no compraría").

**Cuadro 15. Ensayos con calificación de "Excelente y Buen Resultado"**

Producto	Frecuencia		Producto	Frecuencia	
	5+4	5		5+4	5
Arepa	2		Harina plátano	1	1
Barquillo (cucurucho)	2		Manjarblanco (arequipe)	3	
Bollo de yuca	2	1	Masa frita	1	
Buñuelo	1		Mezcla cubierta para tortas	1	1
Carimañola	1		Pan	10	1
Carne procesada (albondigón)	7	2	Pandeyuca (pandebono, almojabana, pan de queso)	8	1
Colada	1	1	Pollo apanado	1	
Condimentos (Azafrán)	4	2	Ponqué (bizcocho, torta rollo, pastel, mantecado)	9	1
Cuca	1		Pudín	1	
Dulce de guayaba	1	1	Rosquita	1	1
Empanada	8	7	Salsa	1	
Enyucado	1	11	Sopa	1	
Fideo	1		Tamal	1	
Galleta dulce (pandero, polvorosa, waffer)	29		Tostada	1	
<b>TOTAL</b>				<b>101</b>	<b>31</b>

El CUADRO 19 presenta los productos en los cuales se obtuvo al menos un ensayo que indujo a una Intención de Compra positiva. Por ejemplo, si se efectuaron cinco ensayos con un producto X y ninguno indujo a una Intención de Compra positiva, el producto X no se incluyó en este Cuadro. Este Cuadro incluye otra información importante como el porcentaje de ensayos positivos por producto, rangos de niveles de sustitución, comparación con productos tradicionales, y la materia prima sustituida.

**CUADRO 16. Comparación entre el producto con harina de yuca y el producto tradicional.**

Zona	Mejor	%	Igual	%	Peor	%	Comparó (n)	No Comparó	Total
Medellín	11	22	18	36	21	42	50	0	50
Cali	14	22	22	35	27	43	63	1	64
Chinú	5	11	25	54	16	35	46	7	53
B/quilla	3	8	8	21	28	72	39	15	54
<b>Total:</b>	<b>33</b>	<b>17</b>	<b>73</b>	<b>37</b>	<b>92</b>	<b>46</b>	<b>198</b>	<b>23</b>	<b>221</b>

**CUADRO 17. Las comparaciones de los productos de acuerdo a la calificación del resultado del ensayo (\*).**

Comparación	5	%	4	%	3	%	2	%	1	%	n
Mejor	13	37	17	52	3	9	0	0	0	0	33
Igual	14	19	40	55	19	26	0	0	0	0	73
Peor	0	0	2	2	22	24	59	64	9	10	92
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>14</b>	<b>59</b>	<b>30</b>	<b>44</b>	<b>22</b>	<b>59</b>	<b>30</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>198</b>

**CUADRO 18. Intención de compra si la harina de yuca costara un 10% menos que la materia prima sustituida (\*).**

Zona	5	%	4	%	5+4	%	3	%	2	%	1	%	No Contestó	n
Medellín	5	10	21	42	26	52	3	6	3	6	16	32	2	50
Cali	17	27	20	31	37	58	9	14	4	6	14	22	0	64
Chinú	8	15	30	57	38	72	0	0	3	6	12	23	0	54
B/quilla	12	22	14	26	26	48	8	15	7	13	13	24	0	54
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>19</b>	<b>85</b>	<b>38</b>	<b>127</b>	<b>57</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>55</b>	<b>25</b>	<b>2</b>	<b>221</b>

**CUADRO 19. Productos en los cuales se obtuvo al menos un ensayo que indujo a una intención de compra (I.C.) positiva (\*).**

Producto	No. Ensayos	No. con I.C. positiva	%	Comparación	Nivel Sustitución	Materia Prima Sustituída
Carne procesada	9	9	100	Igual, mejor	100	Harina de trigo
Galleta, pandero, waifer, pitorrosa, cuca.	37	32	86	Igual, mejor	5 - 50	Harina de trigo
Cono, cucurucho, barquillo	5	4	80	Igual, mejor	5 - 100	Harina de trigo, almidón de yuca dulce
Pastei, torta, bizcocho, mantecado, ponqué, rollo	15	11	73	Igual	5 - 30	Harina de trigo
Bocadillo, mermelada, dulce de gusayba	8	4	67	Igual, mejor	50 - 100	Almidón de maíz, harina de arroz
Condimento	8	5	63	Igual, mejor	15 - 100	Harina de arroz, arroz, granza de arroz, maíz
Empanada	13	8	62	Mejor, igual	50 - 100	Almidón de maíz, harina de trigo, almidón de yuca dulce
Pandebono, pandequeso, pandeyuca, almofábana, diabollín	18	8	50	Igual	10 - 100	Almidón de yuca agrio
Pasta, fideo	8	4	50	Igual, mejor	20 - 35	Harina de trigo, harina de arroz
Pan, tostada	42	18	43	Igual	5 - 35	Harina de trigo
Colada	3	3	100	N.D.	10 - 50	Harina de trigo, harina de arroz, harina de maíz, harina de avena
Mezcla sopas	2	2	100	Mejor, igual	20 - 100	Yuca, harina de arroz
Mezcla fritura, masa frita	2	2	100	Mejor, igual	5 - 33	Maíz, almidón de yuca dulce
Bollo de yuca	2	2	100	N.D.	30 - 50	Yuca, harina de plátano
Manjarblanco, arequipe, cortado	11	3	27	Mejor	50 - 100	Almidón de maíz, harina de arroz
Mezcla hornear	1	1	100	Igual	10	Almidón de yuca dulce
Salsa	1	1	100	Mejor	100	Harina de trigo
Burfuelo	1	1	100	Igual	100	Almidón de yuca agrio
Tamal	1	1	100	Igual	33	Maíz
Arepa	2	1	50	N.D.	20 - 23	Maíz
Floquita	4	1	25	Igual	25 - 100	Harina trigo
Apanados	4	1	25	Mejor, igual	5 - 100	Harina de trigo
Cerimafola	5	1	20	Igual	25 - 100	Yuca

(\* Las columnas de Comparación, Nivel de Sustitución, y Materia Prima Sustituída sólo incluyen datos correspondientes a ensayos con intención de Compra Positiva.



## **Ventajas de la harina de yuca**

El CUADRO 20 presenta los comentarios por producto respecto a ventajas de la harina de yuca en los ensayos que indujeron a una Intención de Compra positiva. Se mantiene el mismo orden del CUADRO 19.

Cabe anotar que una gran empresa procesadora de carne sustituyó el 100% de la harina de trigo con harina de yuca en el producto "salchicha" con excelente resultado, ya que en pruebas sensoriales obtuvo el 67% de la preferencia frente a otra versión con 100% de harina de trigo. En otro ensayo efectuado por una empresa asesora de la industria cárnica, la salchicha en la cual se sustituyó el 50% de la harina de trigo por harina de yuca obtuvo también mejor evaluación sensorial que la versión con 100% harina de trigo. Otra empresa grande procesadora de carne efectuó ensayos en laboratorio y encontró que 1 kg de harina de yuca retiene 800 grs de agua versus 660 grs por parte de la harina de trigo. Según esta última empresa la retención de la harina de yuca es comparable a la de la proteína de soya sin tratamiento mecánico.

## **Volumen de compra mensual de la muestra**

A las empresas que expresaron una Intención de Compra positiva se les solicitó un estimado del volumen mensual de harina de yuca en toneladas que estarían dispuestas a comprar. Se debe aclarar que algunas empresas expresaron una Intención de Compra positiva pero no suministraron información sobre el volumen mensual. El CUADRO 21 presenta el volumen mensual de harina de yuca por zona de la muestra. Sin embargo, este volumen no se debe interpretar como una cuantificación de demanda ya que corresponde sólo a una muestra de empresas. Para deducir una demanda nacional este estudio ofrece una buena base, pero es necesario complementarlo con información secundaria (importaciones y consumo de materias primas) y con entrevistas en empresas para cuantificar ciertos mercados de interés.

Como se había anotado anteriormente, el perfil de las empresas en la muestra global variaba por zona, habiéndose incluido empresas más grandes en las zonas de Medellín y Cali y más pequeñas o artesanales en las zonas de Barranquilla y Chinú.

Esta diferencia refleja la realidad de la industria alimenticia nacional. Se puede destacar que el volumen muestral para la zona de Barranquilla es bastante desalentador, máxime si tenemos en cuenta que la muestra en esta zona sí incluía algunas empresas grandes; el volumen promedio por empresa en esta zona es de sólo 0.26 t por mes, por debajo de la zona de Chinú, ésta sí caracterizada por empresas alimenticias artesanales. En contraste, Medellín y Cali exhiben un volumen mensual mucho más importante. El volumen promedio para estas dos zonas indica una concentración de demanda interesante.

El CUADRO 22 presenta las empresas en donde se concentra la demanda muestral.

### Conclusiones

1. Los productos alimenticios en donde es más viable la incorporación de la harina de yuca en su formulación son: carne procesada, galletería de todo tipo, pastas y fideos, panificación, ponqués y pastelería en general, condimentos, empanadas, productos de panadería elaborados con almidón de yuca agrio (pandebono, etc.), mezclas para coladas, mezclas para sopas, mezclas para freír, mezclas para hornear, mezclas para apanar, dulces blandos, conos, y salsas.
2. Los productos en donde la harina de yuca exhibe ventajas claras de tipo funcional sobre la materia prima sustituida son: carne procesada, galletería de todo tipo, conos, condimentos, empanadas y mezclas para apanar.
3. La principal materia prima sustituida sería la harina de trigo; cerca del 80% del volumen demandado de harina de yuca se destinaría a sustituir esta materia prima importada. Otras materias primas sustituidas serían la harina de arroz, almidón de maíz, y el almidón de yuca dulce y agrio.
4. La harina de yuca se debe empacar en presentaciones de bolsas de papel de 50 kgs.
5. La harina de yuca se puede vender rentablemente a un precio inferior al de todas las materias primas ya mencionadas. Su precio puede estar entre un 15 a un 20% por debajo del precio de la harina de trigo. Respecto a las materias primas restantes, esta diferencia de precios será mayor.
6. Es probable que la harina de yuca no pueda competir en precio con algunas materias primas de baja calidad utilizadas en la categoría de condimentos.
7. Los niveles de sustitución de materias primas con harina de yuca van desde el 5 al 100%.
8. Se requieren dos tipos de sistemas de distribución para la harina de yuca:
  - a. planta-molino de trigo-cliente volumen grande;
  - b. planta-molino de trigo-mayorista-cliente volumen pequeño
9. De las dos grandes ciudades más cercanas a la zona de producción de trocitos de yuca (Barranquilla y Medellín), la última presenta una demanda mucho mayor y más concentrada (clientes de mayor volumen).

**CUADRO 20. Ventajas de la harina de yuca por producto en ensayos que indujeron a una intención de Compra (I.C.) positiva.**

Producto	Ventajas	Producto	Ventajas
Carne procesada	-Hidrata más/absorbe más agua -Amarra mejor/liga más -Mejora la consistencia/la mordida del producto -Presenta buen color	Pandebono Pandequeso Pandeyuca Almojábana Diabólico	-Gusto sabor
Galleta Pandero Waffer Polvorosa Cucas	-Más crocante/más crunch -Mejor textura -Más suave -Buen sabor -Buena presentación	Pasta Fideo  Pan Tostada	-Compacta bien -Buena calidad  -Buen rendimiento
Pastel Torta Bizcocho Mantecado Ponqué Rollo	-Buen volumen -Mejor sabor	Colada  Mezcla sopas  Mezcla fritura Masa frita	-Espesó bien  -Buen sabor  -Compactó bien
Bocadillo Mermelada Dulce guayaba	-Buen sabor -Parte bien	Bollo de yuca  Manjarblanco Arequipe Cortado	-Más suave -Compacta bien  -Rinde
Condimento	-Mejor textura -Mejor volumen -Mejor disolución en agua/asimila bien agua -Buen color	Salsa	-Mejor estabilidad
Empanada	-Tostaron bien -Mejor presentación -Mejor sabor -Masa más consistente -Gusta más -No absorbe grasa/manteca	Arepa Rosquita  Apanados	-Más suave -Buen sabor  -Tuesta más

10. La zona de Chinú (Monterfa y Sincelejo) presenta una demanda importante por parte de clientes de bajo volumen que se puede servir a través de dos mayoristas especializados en materias primas farináceas.

#### 4.2 CUANTIFICACION DE LA DEMANDA POTENCIAL

Esta sección describe la labor efectuada que corresponde al punto ocho de la metodología del Estudio de Mercados, el cual consistía en la cuantificación de la demanda para la harina de yuca.

Existieron tres fuentes de información para este proceso, a saber: el Estudio de Mercados, la información secundaria y entrevistas en empresas claves.

El Estudio de Mercados suministró (i) la lista de categorías alimenticias donde es más viable la incorporación de la harina de yuca en las formulaciones, (ii) la lista de materias primas farináceas competitivas, (iii) la información que sirvió como base para estimar una probabilidad de adopción de la harina de yuca en las diferentes categorías, y (iv) niveles o rangos de sustitución por categoría.

La información secundaria utilizada provino de un informe fechado Noviembre 1989 de la Federación Nacional de Molineros de Trigo (FEDEMOL), la Revista Nacional de Agricultura y otras fuentes gubernamentales. Los datos que se utilizaron se referían a volúmenes anuales de producción local e importación de trigo y los volúmenes consumidos en la principales categorías de alimentos.

Las entrevistas se realizaron en empresas de especial interés para el caso, como Comestibles La Rosa (galletería), Rica Rondo (cárnicos), Aliños El Cheff (condimentos), PANI (panificación) y otros.

Armados con esta información se elaboró el CUADRO 21, el cual es un intento de calcular la demanda racionalmente. En la primera columna aparecen las categorías alimenticias promisorias, en la segunda aparece el volumen de trigo y otras materias primas farináceas consumidas por categoría, en la tercera un porcentaje estimado promedio de sustitución por categoría, en la cuarta un porcentaje estimado de adopción de la harina de yuca, y en la quinta columna se exhibe el estimado de demanda anual por categoría para la harina de yuca. El estimado de la demanda potencial se da como un rango cuyos valores extremos están un 33% por encima y por debajo de la sumatoria de los volúmenes por categoría.

**CUADRO 21. Volumen mensual de harina de yuca por zona de las empresas que expresaron una Intención de Compra Positiva (\*).**

Zona	Volumen mensual (t)	%	No. Empresas	Volumen promedio por Empresa (t)
Medellín	100.59	33	12	8.38
Cali	183.52	61	25	7.34
Chinú	12.11	4	22	.55
B/quía	4.63	2	18	.26
<b>TOTAL</b>	<b>300.85</b>	<b>100</b>	<b>77</b>	<b>3.91</b>

(\*) n = Al No. de empresas con Intención de Compra Positiva que suministraron información sobre volumen mensual.

**CUADRO 22. Empresas en donde se concentra la demanda muestral para la harina de yuca (t).**

Empresa	Producto	Materia Prima Sustituída	Volumen Mensual
Zona Medellín: Del Maíz	- Mezcla para hornear. - Mezcla para fritura	- Almidón de yuca. - Almidón de yuca.	50
Kukita	- Waffer	- Harina de trigo	15
Panificadora Castilla	- Pan - Cuca	- Harina de trigo - Harina de trigo	10
Comestibles DAN	- Carne procesada	- Harina de trigo	6.5
Cebú	- Carne procesada	- Harina de trigo	3
Pastelitos	- Pastel	- Harina de trigo	2
Zenu	- Carne procesada	- Almidón de maíz	2
Zona Cali: ICBF	- Colada	- Harina de trigo - Harina de arroz	50
La Rosa	- Galleta dulce	- Harina de trigo	40
Deriv. del Trigo	- Panificación	- Harina de trigo - Arroz	20
Aliños El Chef	- Azafrán	- Maíz - Harina de trigo	20 15
Rica Rondo	- Carne procesada - Galleta dulce	- Harina de trigo - Harina de plátano	10 7
Colombina	- Harina de plátano - Fideo	- Harina de arroz - Harina de maíz	5
Pampa	- Fideo	- Harina de arroz - Harina de trigo	3 3
Don Gusto	- Apanado - Azafrán	- Granza de arroz	2.25
Ind. El Avión			
Pollos Frisby			
Aliños El Vaquero			

Este volumen es a mediano plazo, de cinco a diez años, y supone que (i) la calidad de la harina de yuca será adecuada de acuerdo a las exigencias del mercado, y (ii) se efectuarán actividades promocionales para penetrar el mercado.

### 4.3 PROMOCION A CLIENTES EN MEDELLIN

La actividad promocional de la harina de yuca en esta ciudad se inició en el marco del Estudio de Mercados ya mencionado y consistió en el contacto personal del

encuestador, la entrega de un volante informativo y de una muestra de 100 grs en 53 empresas del sector alimenticio. Posteriormente, se entregó otra muestra de mayor volumen para ser utilizada en los ensayos de sustitución. Este proceso se llevó a cabo de Octubre 1989 a Enero 1990.

En Agosto 1990 se realizó la molienda de 1.5 toneladas de trocitos en Harinera Antioqueña. A los dos meses, se envió material informativo (una carta con describiendo los antecedentes del proyecto, análisis bromatológico de la harina de yuca, información sobre usos potenciales, etc.) y muestras de harina de yuca de 50 a 250 kgs a nueve empresas grandes y medianas representantes de categorías de alimentos claves y que habían expresado una intención de compra positiva luego de los ensayos de sustitución. Estas empresas fueron: ZENU, Comestibles DAN, y CEBU (carnes procesadas); Conos Colombia (conos); DELMAIZ (productos derivados del maíz); Kukita (waffers); Panificadora Castilla (panificación); La Tranquera (empanadas), y Pastelitos (pasteles).

En Enero 1991 se efectuó una visita a las primeras siete empresas arriba mencionadas para conocer su experiencia con la harina de yuca. Las últimas dos empresas no se visitaron por diversos motivos. En la siguiente sección (4.3) se informa sobre los resultados de los ensayos y las opiniones de las empresas involucradas. Esta visita se cumplió en compañía del Gerente de la ANPPY y del Gerente de Harinera Antioqueña.

En Mayo-Junio 1991, luego de la segunda molienda, se inició otro ciclo de visitas y de entrega de muestras en el cual se volvió a contactar a algunas empresas de la lista anterior (Comestibles DAN, Conos Colombia, Kukita y Panificadora Castilla) y otras nuevas como Helados La Fuente (barquillos, helados), NOEL (galletería), y TECNAS (materias primas para elaborar carnes frías), e INDUGA (panificación). Dos empresas, ZENU y DELMAIZ, declinaron recibir la visita porque consideraban que ya estaban bien informados. Cabe destacar que fue en esta ocasión cuando TECNAS expresó su interés en comercializar la harina de yuca en la categoría de cárnicos.

Estas visitas se hicieron en compañía del asesor CIAT en la planta piloto y del Gerente de Harinera Antioqueña.

El último ciclo de visitas y muestras se llevó a cabo en Octubre 1991, en compañía de un funcionario CIAT y del Gerente de Harinera Antioqueña. En esta ocasión se repitió visita a NOEL, Kukita, Comestibles DAN, TECNAS, Conos Colombia pero también se efectuaron contactos con empresas no contactadas antes, como CRUNCH (mecato), PINKI (pollo apanado), y Pastelería Santa Elena.

Para terminar, se enviaron cartas informativas a ejecutivos claves de las empresas ZENU y NOEL.

En conclusión, se efectuó labor promocional con 16 empresas de alimentos. Aunque el objetivo comercial de colocar la harina de yuca en el mercado de consumo humano no se alcanzó por razones que se exponen en la siguiente sección de este anexo, sí se cumplieron las siguientes metas: (i) se promocionó la harina de yuca entre 16 clientes potenciales importantes; la mitad de estas empresas han recibido de dos a cuatro muestras, (ii) se contactó e interesó a dos empresas, TECNAS y Harinera Antioqueña, que están en una posición envidiable para realizar labores de comercialización, (iii) se involucró en estas visitas promocionales a cuatro personas claves en el proyecto para que conocieran más sobre el lado comercial.

**CUADRO 23. Cuanficación de la demanda anual a mediano plazo para la harina de yuca en la industria de alimentos en Colombia**

Categoría	Volumen Farínacea *	% Subst	% Adopc	Volumen Har. Yuca	%
Galletería dulce *	57798	20	50	5780	26
Galletería salada *	17339	--	--	--	--
Panificación *	395338	5	20	3953	18
Uso casero *	60000	100	5	3000	13
Pastas *	86697	10	15	1300	6
Carne procesada *	1500	100	80	1200	5
Pastelería *	20807	20	30	1248	6
Barquillos *	2564	30	60	462	2
Mezclas sopas **	4000	100	30	1200	5
Empanadas **	20000	50	10	1000	4
Fideos sopas **	15000	20	30	900	4
OTROS **	20000	20	20	800	4
Mezcla coladas **	15000	20	20	600	3
Dulces blandos **	2500	100	20	500	2
Condimentos **	4000	100	10	400	2
<b>TOTAL</b>				<b>22,443.00</b>	

\* La farínacea es harina de trigo si la categoría tiene un asterisco al lado; si tiene dos asteriscos, la farínacea es otra

#### 4.4 RETROALIMENTACION POR PARTE DE CLIENTES

A continuación se presenta en detalle los principales comentarios de las empresas que se pudieron entrevistar.

##### ZENU

Esta empresa es la primera productora de productos cárnicos en Colombia y tiene distribución nacional.

Ya había detectado la calidad microbiológica defectuosa de la harina de yuca durante el Estudio de Mercados. En el análisis microbiológico de Noviembre 1989 dice textualmente: "la muestra analizada se considera bacteriológicamente rechazada. Recuento total de Mesófilos y NMP de Coliformes Totales por encima del estándar; el recuento de Hongos y Levaduras está en el tope del máximo permitido".

Efectuaron ensayos exitosos en salchichas. Aunque la harina de yuca estaba contaminada, el producto final no tuvo problemas de calidad microbiológica.

Caracterizaron la harina de yuca en su laboratorio, incluyendo la determinación de la temperatura de gelatinización. Les interesa la harina de yuca porque gelatiniza a una temperatura por debajo de los 68°C. Consideran al almidón de papa como la mejor materia prima farinácea y en segundo lugar la harina de yuca. En alguna ocasión expresaron que preferían una harina de yuca con menos fibra.

Dijeron no estar interesados en recibir más muestras hasta tanto no se les garantizara una buena calidad microbiológica. El contacto se efectuó con el Jefe de Control de Calidad pero se envió una carta informativa al Gerente de Producción.

##### Comestibles DAN

Esta es una empresa mediana con distribución regional (Departamento de Antioquia). Es la empresa que quizás ha avanzado más en el uso de la harina de yuca. Han efectuado múltiples análisis microbiológicos. El primero (1989) reportó mesófilos en 300.000. Otro correspondiente a la molienda de Abril 1991 en Medellín reportó estos problemas: Mesófilos en 630.000 y 480.000; N.M.P. de Coliformes Totales mayor de 2.400; Hongos y levaduras 5.100 y 3.800. El proceso incluye temperaturas de 60-70°C durante media hora.

Encontró que un kilo de harina de yuca retiene 800 gr de agua frente a 660 gr de la harina de trigo.

Han realizado ensayos sustituyendo el 50 y 100% de la harina de trigo en salchichones, obteniendo magníficos resultados. Las pruebas organolépticas



demonstraron que la consistencia del producto mejoró, y la calidad microbiológica del producto final al término de un mes es excelente, siendo el conteo de Coliformes igual al de la versión de trigo. El salchichón tiene un 7% de harina.

Comestibles DAN desea comprar pero espera que la calidad microbiológica de la materia prima mejore. Desafortunadamente, el entusiasta profesional encargado de estos ensayos, David Colorado Gómez, salió de la empresa, contratado por la competencia. Su reemplazo, Francisco Moreno, informó sobre su intención de repetir los ensayos.

### CEBU

Esta es una empresa entre mediana y pequeña. Realizaron ensayos de sustitución del 50% de la harina de trigo en su línea económica de cárnicos. Informaron que habían detectado un leve sabor amargo. No mostraron mucho interés.

### DELMAIZ

Esta empresa es grande y es de propiedad de Maizena (CPC), quien también es dueña de INYUCAL, productora de productos derivados de la yuca, en Barranquilla. Informaron que deseaban usar la harina como mejorador en algunos productos como mezclas para fritar y hornear. Efectuaron análisis de granulometría. Detectaron conteo alto de hongos y levaduras.

### TECNAS

TECNAS forma parte de un grupo de tres empresas que atienden a la industria cárnica; ALICO importa tripas y presta asesoría técnica, TALSA vende maquinaria y TECNAS mercadea ingredientes. Durante el Estudio de Mercados recibieron muestras de harina de yuca y efectuaron ensayos.

TECNAS efectuó ensayos y los reportó al proyecto. Su entusiasta representante, Sr. Richard Gartz, quien ya no labora con la empresa, recordó las siguientes ventajas de la harina de yuca en la elaboración de cárnicos: reduce mermas de cocción, absorbe más agua, y por su mayor viscosidad aporta más estabilidad a la mezcla. Además, en pruebas sensoriales la versión con harina de yuca le gana a la versión de harina de trigo. También precisó que el considerar la fibra de la harina de yuca como algo negativo era un prejuicio sin fundamento de la industria de cárnicos.

El Sr. Gartz manifestó que TECNAS estaba interesado en atender la industria cárnica como distribuidor de harina de yuca, estimando obtener un volumen de 10 toneladas al mes en tres meses.

Sin embargo, manifestó la importancia de solucionar el problema microbiológico y ofreció varias sugerencias al respecto. El análisis microbiológico les arrojó recuentos de Hongos y Levaduras por encima de los límites permitidos.

Su reemplazo, Sr. Luis Javier Meza, ha continuado la colaboración y ha continuado con los ensayos. Ha surgido la duda de que el proceso tan largo de molienda en Harinera Antioqueña este afectando la capacidad de absorción de agua de los gránulos de almidón negativamente.

### Conos Colombia

Esta empresa mediana hizo ensayos con la harina de yuca en conos y waffles. Su Jefe de Producción, una dama, es bastante reacia al cambio. Han manifestado su interés en reducción de costos. Alegaron inicialmente que la harina de yuca se pega a la maquinaria. Dijeron que pensaban reemplazar totalmente el almidón de yuca y posteriormente hablaron de sustituir parcialmente la harina de trigo.

### Helados La Fuente

Esta empresa grande efectuó ensayos usando harina de yuca al 5 y 10% en cucuruchos con resultados positivos. Consideran que el gluten de la harina de trigo es una desventaja en este producto. Detectaron la deficiente calidad microbiológica.

### NOEL

Esta firma es una de las dos principales productoras de galletas en el país. Efectuaron sus ensayos en galletería dulce pero se quejaron porque encontraron gorgojos y detectaron la deficiente calidad microbiológica. Visitaron al CIAT buscando información sobre la harina de yuca y sorgo. Parecen estar interesados. Tanto NOEL como Kukita manifestaron que los mercados externos son muy estrictos respecto a calidad.

Se debe anotar que La Rosa (Nestlé), la otra gran productora de galletas localizada en Risaralda, reportó resultados exitosos en galletería dulce con diferentes porcentajes de harina de yuca, hasta del 20%.

### Kukita

Esta empresa mediana produce waffles. Anteriormente compraban Proyuca de Maizena para mejorar la calidad de los waffers pero era demasiado costoso. En 1988 rebajaron el porcentaje de agua y eliminaron el Proyuca de la fórmula con buenos resultados. Les interesa la posibilidad de bajar costos.

Ha efectuado varios ensayos de sustitución, incluyendo estudios sobre el comportamiento del producto final en almacenamiento. El proceso en galletería incluye temperaturas hasta de 275° C por noventa segundos. Manifestó haber

encontrado un recuento demasiado alto de Coliformes totales en un waffer elaborado con harina de yuca.

Reconoce que la harina de yuca le mejora la estructura al waffer.

#### Panificadora Castilla

Su dueño posee un molino en donde muele diversos cereales. Trata de usar al máximo los subproductos en su panadería. Manifestó haber ensayado la harina de yuca en cucas y empanadas. Preguntó si la harina de yuca servía para producir productos inflados. No mostró mucho interés.

#### Pastelería Santa Elena

Ensayaron con panderos, substituyendo el almidón de yuca 100 y 50%. Reportaron resultados poco satisfactorios.

#### CRUNCH

Realizó pruebas de sustitución en "besitos", pero encontró un sabor amargo y la harina de yuca hizo que el volumen disminuyera. Lo piensa ensayar en el producto "achira".

#### Pinki

Efectuaron ensayos en mezclas para apanar pollos.

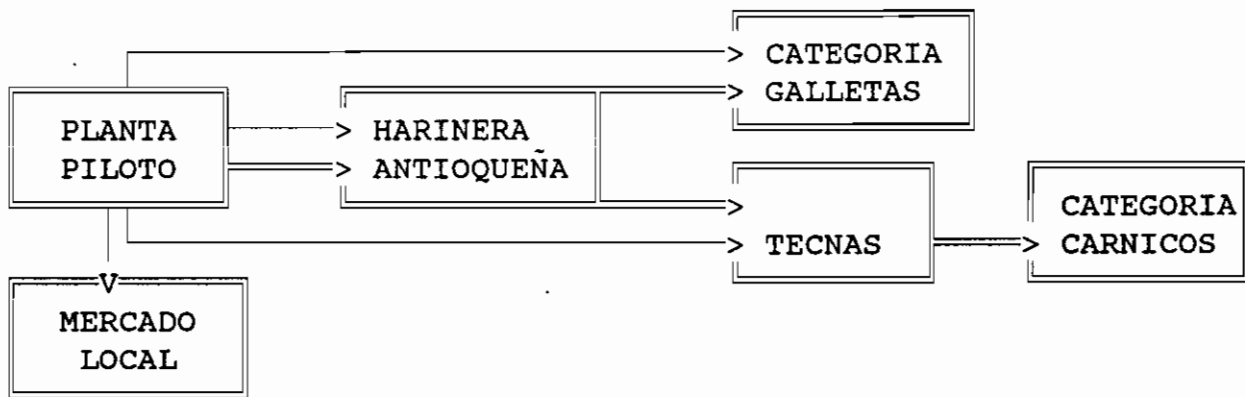
Las conclusiones luego de esta relación con clientes potenciales son las siguientes: (i) se requiere garantizar una calidad microbiológica de la harina de yuca dentro de los parámetros legales, (ii) para la industria cárnica la calidad microbiológica tiene que estar muy por debajo de los parámetros máximos, especialmente en el caso de Mesófilos, (iii) las empresas productoras de alimentos son bastante conservadoras en el uso de materias primas nuevas, (iv) es de vital importancia que el proyecto esté mejor informado sobre las propiedades de la harina de yuca y, por ende, la caracterización de la harina de yuca y subproductos por parte de un Tecnólogo de Alimentos es urgente.

### **4.5 CANALES DE DISTRIBUCION PROPUESTOS**

La FIGURA 1 resume la estrategia de distribución propuesta para la harina de yuca en Medellín. Se plantean dos posibilidades, a saber (i) molienda en molino de trigo que

aparece con una línea doble, y (ii) molienda en planta, representada por una línea sencilla.

La primera estrategia supone que la planta piloto produce trocitos premolidos y los despacha al molino de trigo en Medellín, el cual moltura por contrato y distribuye a las empresas en la categoría de galletas y a TECNAS. El molino de trigo cobra el flete en Medellín y presta el servicio de bodegaje y facturación. Sin embargo, el molino no compra ni el trocito ni la harina. TECNAS sí compra el producto (puesto en la bodega de Harinera Antioqueña) y lo usa en sus productos o los revende a empresas en la categoría de cárnicos.



**FIGURA 1. CANALES DE DISTRIBUCION PROPUESTOS PARA LA HARINA DE YUCA EN MEDELLIN**

En otras palabras, Harinera Antioqueña atiende la categoría de galletas y TECNAS la de cárnicos, aprovechando la ventaja comparativa de cada empresa.

En la segunda estrategia, la planta piloto produce la harina de yuca directamente y la despacha al molino de trigo, a empresas en la categoría de galletas, a TECNAS y al mercado local. En este caso, el molino de trigo tampoco compra la harina sino que presta y cobra los servicios de transporte, almacenamiento y facturación. La planta piloto vende a TECNAS directamente y a las otras empresas también directamente o a través de Harinera Antioqueña. Tal como lo muestra la FIGURA 1, esta estrategia hace viable vender harina de yuca en el área de influencia de la planta piloto.

#### **4.6 DESARROLLO DEL PRODUCTO**

En esta sección se describen los siguientes aspectos del producto: composición físico-química, granulometría, empaque y unidad de venta y nombre.

La harina de yuca está compuesto de partículas finas y su color es blanco hueso. Su composición química se presenta en el la sección 3.4 del INFORME 3. Sintetizando, su humedad está alrededor del 10%; el contenido de materia seca es de 90%, compuesto por carbohidratos (80%), proteína (3%), fibra (3%), ceniza (2%), y grasa (2%). Sin embargo, se advierte que no se debe considerar esta composición química como definitiva, ya que todavía no está claro los requerimientos de las diferentes categorías alimenticias. El contenido de cianuro debe estar cerca a 50 ppm máximo.

La unidad de venta para la harina de yuca debe ser de 50 kgs. En 1991 se vendió al mercado para consumo animal en unidades de 40 y 45 kgs porque existía un inventario de empaques pequeños.

Según información de la empresa Compañía de Empaques de Medellín, la densidad de la harina de yuca es menor que la de la harina de trigo, por lo que la primera exige un empaque mayor. Esta empresa recomendó utilizar una bolsa de polipropileno de 110 x 60 con densidad de 80. Esta especificación de densidad es importante para evitar la pérdida de partículas por los poros. Los empaques usados actualmente son de 96 x 60 y de densidad 70.

El nombre o marca propuesto por la ANPPY y el asesor CIAT para la harina de yuca fue de YUKARIBE. En Junio 1991 se solicitó ante la Superintendencia de Industria y Comercio la información correspondiente a los antecedentes de registro de esta marca para distinguir productos comprendidos en la clase 30. La respuesta fue de que YUKARIBE no se encontraba registrada en la clase 30. No se ha procedido a su registro porque no se ha tomado una decisión sobre quién debe ser el dueño de la marca.

#### **4.7 MERCADEO DE SUBPRODUCTOS**

La empresa productora de concentrados, SOLLA, compró las 2.65 y 1.3 toneladas de mogolla y salvado respectivamente, producidas por Harinera Antioqueña en las dos moliendas de 1991. El Sr. Fabio Zapata de esta empresa manifestó la disposición de la empresa de continuar comprando estos subproductos. El precio de venta fue de \$70/kg para ambas materias primas, pero SOLLA está dispuesta a pagar un precio mayor por la mogolla.

#### **4.8 POLITICA DE PRECIOS**

La estrategia de precios planteada para la harina de yuca desde el inicio de las

actividades de comercialización ha sido una de penetración de mercados, o sea que esté de un 15 a un 20% por debajo del precio de la harina de trigo, principal materia prima competitiva a substituir. Para establecer este nivel de precios se consultó el costo de producción del modelo financiero (Ver INFORME 8) para ver si permitía un margen de utilidad adecuado.

Durante el segundo semestre de 1991, el precio promedio de la harina de yuca en Medellín osciló entre \$220-\$240/kg, dependiendo de las condiciones de pago, y la harina de yuca se ofreció a \$185 y a \$190/kg.

Se considera que la categoría de cárnicos está dispuesta a pagar un precio más alto, inclusive equivalente al de la harina de trigo. Esto significa que al distribuidor TECNAS se le puede vender al mismo precio que a las empresas en la categoría de galletas. TECNAS puede revender a \$205/kg y obtener su margen.

Esta estrategia de penetración del mercado se puede cambiar cuando ya el mercado conozca las ventajas de la harina de yuca y se consolide su posición en el mercado.

En general, el precio para la harina de yuca se debe revisar cada tres o seis meses mediante el análisis de su costo de producción y del precio de las materias primas competitivas, especialmente la harina de trigo.



## **PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA FASE DE PROYECTO PILOTO**

### **INFORME 5. ASPECTOS ORGANIZACIONALES**

**Por: Carlos Ostertag y Miguel A. Viera**

En este anexo se analiza qué tan apropiada es la organización actual de la cooperativa con respecto a las gestión de una agroindustria de harina de yuca.

La Cooperativa de Productores de los Algarrobos (COOPROALGA) con sede en Chinú es una organización campesina de primer grado conformada por 35 socios, quienes son pequeños agricultores dedicados al cultivos de yuca en asocio con maíz o ñame. En la actualidad, COOPROALGA administra dos plantas, una de trozos secos para alimentación animal y la otra de harina de yuca.

La Asamblea de Socios, el órgano de máxima autoridad, se reúne ordinariamente una vez al año y extraordinariamente cuando se requiera. El Consejo de Administración, compuesta por tres personas, es elegido por votación cada dos años por la Asamblea de Socios. Este Consejo designa al Gerente y al Tesorero de la empresa. Actualmente, el líder natural de la organización es el Gerente de la cooperativa y cumple funciones de administración en las dos plantas.

El Gerente nombra a los Jefes de Producción de las dos plantas, y conjuntamente con éstos, a los operarios. La política de la cooperativa es la emplear a socios y no socios y hacer una rotación quincenal de éstos para promover una mejor distribución de los ingresos.

#### **5.1 ASPECTOS CRITICOS DE LA GESTION**

En esta sección se identifican las áreas críticas de las gestión de una agroindustria de harina de yuca.

##### Suministro contínuo de materia prima

Este aspecto es importante para alcanzar una alta utilización de capacidad y una rentabilidad aceptable.

Existen dos períodos, uno de oferta alta (Noviembre a Abril) y otro de oferta baja (Mayo a Octubre). En el último período se supone que la planta no opera durante los meses de Septiembre y Octubre. En el primer período la oferta es local y suficiente, por lo que no se anticipan problemas. En la época de oferta baja sí hay problemas de suministro y se requiere desarrollar estrategias de abastecimiento que puedan ser implementadas por la cooperativa.



### Manejo eficiente del proceso

El manejo del proceso incluye la planeación, ejecución y control diario de las operaciones, mantenimiento y reparación de equipos, aseo general, y control de calidad. El proceso es eficiente en la medida en que se minimicen los costos y que la calidad del producto final sea aceptable.

### Sistemas de información

La operación de la planta requiere de dos tipos de registros: de parámetros del proceso y contables. Para el primer caso, se diseñaron formatos que facilitan la recolección de la información cuyo análisis periódico permite identificar correctivos.

El aspecto contable se puede separar en dos partes; uno consistente en el registro diario de información en formatos existentes (comprobantes de ingreso y egreso, facturas, recibos, órdenes de remisión, etc.), y el otro en la elaboración periódica de los estados financieros.

### Comercialización

Esta función se divide en cuatro componentes, a saber: producto, precio, distribución y promoción. Para la definición del producto o productos hay que profundizar en la identificación de requerimientos de las diferentes categorías de alimentos con respecto a las características físico-químicas y sanitarias.

Para establecer el precio de venta cada trimestre, se deben manejar tres aspectos: una estructura actualizada de costos de la harina de yuca, el precio de las materias primas competitivas y estrategias de precios.

Es necesario establecer y mantener canales de distribución para la harina de yuca que garantice un abastecimiento oportuno a los clientes. La venta o promoción de la harina de yuca entre clientes potenciales es una actividad que requiere de una persona capacitada.

## **5.2 ORGANIZACION DE LA PLANTA DE HARINA DE YUCA**

En esta sección se hace una evaluación de la organización campesina actual respecto a la capacidad de gestión en las áreas críticas del negocio y se plantean soluciones viables para deficiencias de gestión detectadas.

### Suministro continuo de materia prima

Se considera que la cooperativa debe mejorar su capacidad de consecución de materia prima en épocas de oferta baja, de Julio a Septiembre.

Se proponen dos alternativas, a saber: (i) contratar un comprador de yuca que localice y coordine la compra de yuca en zonas cercanas, y (ii) alquilar tierras para sembrar yuca destinada a ser cosechada en los meses de Julio a Septiembre. Ambas alternativas pueden ser manejadas por las cooperativas.

### Manejo eficiente del proceso

La experiencia del proyecto piloto demostró que el proceso es manejable de manera eficiente por los grupos campesinos siempre y cuando reciban una capacitación en servicio adecuada.

El aspecto de control de calidad es importante y será necesario utilizar los servicios de un laboratorio en la región, posiblemente el de la Seccional de Salud Municipal de Sincelejo, para efectuar análisis microbiológico de muestras antes de despachar el producto a los clientes.

### Sistemas de información

Se anticipa que la cooperativa puede tener problemas en el análisis de los datos de procesamiento, por lo que es importante preparar a un grupo de personas en este sentido mediante capacitación en servicio. Además, como herramienta de consulta, se debe desarrollar un manual que sirva de guía de estudio.

En la parte contable se recomienda que el Jefe de Producción o el Tesorero esté capacitado para llevar los soportes contables y que los estados financieros sean la responsabilidad del asesor contable de la cooperativa.

### Comercialización

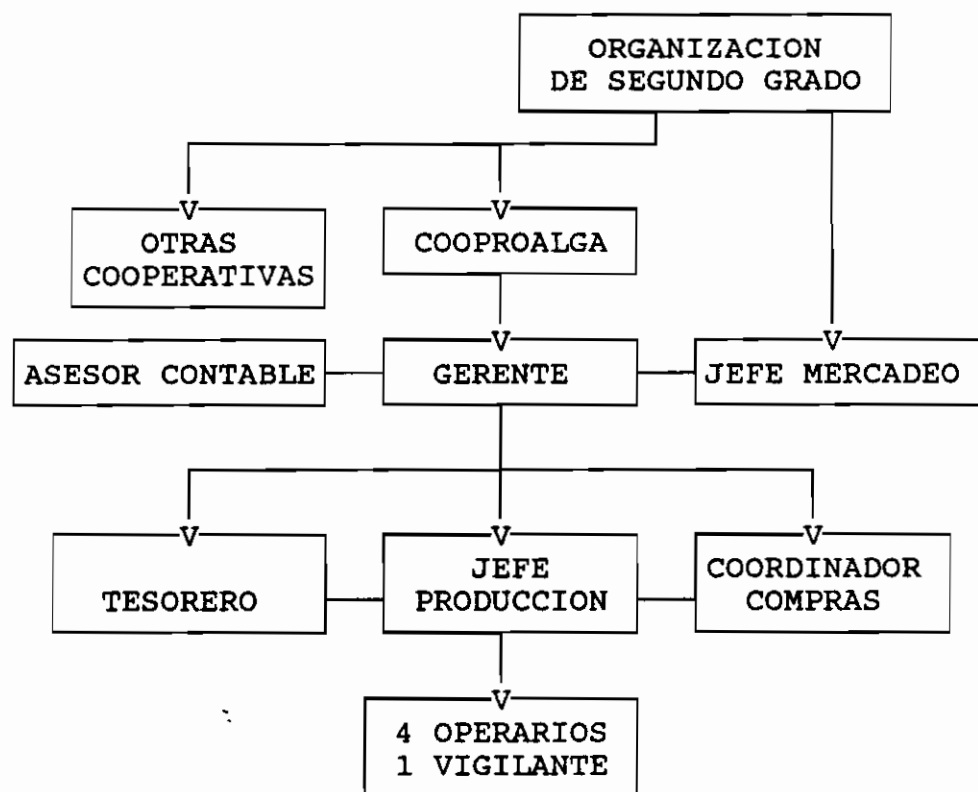
En general, se puede comentar que el grupo campesino ha tenido muy pocas experiencias en la comercialización de harina de yuca debido a la evolución particular de este proyecto y por otras razones también; por ejemplo, se involucró en esta actividad al Gerente de la ANPPY pero, a causa de divisiones dentro de la agroindustria yuquera, se han creado dos organizaciones de segundo grado más y ya la ANPPY agrupa solo unas pocas cooperativas.

Respecto a la definición del producto, se considera que el proyecto tiene que avanzar más en la identificación de las necesidades de las diferentes categorías de alimentos respecto a las características físico-químicas para poder transmitir esta información a los grupos campesinos.

El manejo de las relaciones con canales de distribución y la promoción de la harina de yuca entre clientes potenciales requiere de una persona con conocimientos de

ventas y tecnología de alimentos. Se recomienda que una organización de segundo grado contrate a un Jefe de Mercadeo con este perfil para que se encargue de todos los diferentes aspectos de la comercialización. Su costo puede ser absorbido por varias cooperativas.

La FIGURA 1 presenta una propuesta de organigrama para una planta procesadora de harina de yuca.



**FIGURA 1. ORGANIGRAMA PROPUESTO PARA UNA PLANTA PRODUCTORA DE HARINA DE YUCA**

### 5.3 REQUERIMIENTOS DE CAPACITACION

En la sección anterior se detectaron algunas necesidades de capacitación, a saber:

- Análisis de datos del proceso, dirigido al Gerente y Jefe de Producción

- Aspectos de calidad de materia prima, para el Coordinador de Compras
- Comercialización en todos sus cuatro aspectos, dirigido al Jefe de Mercadeo

Para concluir, se propone capacitar a futuros Gerentes y Jefes de Producción mediante dos cursos cortos, uno enfocado en la "Administración de una Microempresa Rural" y el otro sobre "Gestión de una Empresa Productora de Harina de Yuca". Existe suficiente material didáctico para el primero, pero para el segundo es necesario desarrollar un manual basado en la experiencia en este proyecto y que abarque los aspectos críticos de gestión aquí mencionados.

# PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA

## FASE DE PROYECTO PILOTO

### INFORME 6. INVESTIGACION DE APOYO

#### 6.1 MEJORAMIENTO DE EQUIPOS

Por: Adolfo León Gómez (Profesor UNIVALLE)

##### 6.1.1 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO Y MEJORAMIENTO DE EQUIPOS

Se presenta a continuación la estrategia de diseño y mejoramiento de equipos para la planta piloto. No se pretende repetir partes de las memorias de cálculo de las máquinas sino que se plantean aspectos más generales del trabajo efectuado.

Aunque los criterios generales de diseño se mantuvieron respecto a la Fase de Investigación del proyecto, en la Fase Piloto se cambió su ponderación. Inicialmente, además de la satisfacción de los requerimientos funcionales, se dió prioridad a los criterios de simplicidad y costo inicial mientras que en la Fase Piloto se dió prioridad a la confiabilidad, la eficiencia, la seguridad, productividad, calidad sanitaria y estética.

A manera de síntesis, este manejo de los criterios se vió plasmado en el desarrollo de las siguientes estrategias y formas constructivas:

1. En la lavadora se decidió emplear una transmisión de potencia positiva en vez de una transmisión por fricción por encontrarla limitada para las capacidades de carga proyectadas. Este cambio implicó la incorporación de una cadena de transmisión en la reducción final de la máquina.

Aunque el comportamiento de la solución adoptada fue satisfactoria, en el caso de operación individual la lavadora podrá ser operada con una transmisión simplificada consistente de un moto-reductor de dimensiones adecuadas. La solución adoptada fue la más coherente con la arquitectura de tipo tandem adoptada para el par lavadora-trozadora.

2. Se incorporó una junta cardánica que permita absorber las fluctuaciones de la rotación concéntrica y alineamiento general, producidas por la calidad geométrica y dimensional de las pistas de apoyo del tambor, que por sus dimensiones hacen que un eventual maquinado eleve los costos iniciales apreciablemente.

Aunque desde el punto de vista cinemático la decisión correcta es el empleo de una doble junta cardánica que pueda satisfacer la homocineticidad, se planteó evaluar la unión simple por encontrar que la fluctuación de la velocidad angular del tambor ante el máximo ángulo de desalineamiento sería baja.

Como resultado de la evaluación, se encontró que el comportamiento dinámico fue bueno pero era necesario mantener las especificaciones de soldadura del espigo de la junta por la magnitud del torque presente. Soldaduras de mala calidad por causa de baja penetración, inclusiones de escoria, etc., ocasionaron la falla prematura de la unión. Dadas las condiciones de mantenabilidad de las zonas donde las máquinas estarán ubicadas, se ha decidido modificar el diseño.

3. Gracias al empleo de una transmisión más eficiente, fue factible operar con mayores cargas, sólo limitadas por la calidad de lavado. El grado de limpieza y descascarado es función de la fricción entre raíces y, secundariamente, entre éstas y la cubierta del tambor. Esto implica que hay un compromiso entre porcentaje de llenado, tiempo de lavado y calidad del mismo.
4. Debido a la adopción de la configuración tandem para el sistema lavadora-trozadora, se desarrolló un sistema de embrague que permita la desconexión de la lavadora sin detener la trozadora lo que posibilita hacer operaciones improductivas menores en esta última sin continuas paradas-arranque del motor y eventualmente también permitirá hacer operaciones de picado únicamente.
5. En la búsqueda de mejores condiciones sanitarias, se decidió emplear intensivamente el galvanizado; para mejorar aun más la calidad sanitaria, queda como alternativa el empleo del acero inoxidable 18-8 o el 304. Al igual que otras posibles modificaciones, ésta quedaría sujeta a la evaluación luego de la operación sostenida en la planta piloto.
6. El revestimiento del tambor cumple un papel secundario en el lavado-descascarado pero es importante que permita la evacuación de la cascarilla. Sin embargo, genera un compromiso porque se debe limitar las pérdidas de parénquima en el caso de trozos o raíces pequeñas. Se evaluaron diferentes alternativas disponibles en el mercado, y se adoptó la más satisfactoria.
7. El diseño del interior del tambor fue modificado con el objeto de minimizar el daño producido por paletas, tolva de descarga y tubería de lavado. Esto implicaba que en las evaluaciones había que controlar el desperdicio producido.

Por otro lado, se incorporó el concepto de facilidad de limpieza y que el diseño interno no presentara lugares de acumulación y retención de residuos.

8. Debido al recorrido mayor de la cadena cinemática de la máquina lavadora-trozadora y la mayor probabilidad de accidentes por la magnitud del sistema, se desarrollaron sistemas de seguridad así:

- Guardas para transmisiones de banda y cadena
  - Enclavamientos para evitar arranques inoportunos durante el cargue
  - Empleo de alarma sonora para indicar el momento de arranque de la máquina
9. Se emplearon conceptos de Ergonomía para definir la ubicación de controles. El esfuerzo físico requerido para el cargue sólo puede reducirse con rampas de acceso o con cargue mecanizado utilizando alguna técnica de manejo de materiales. Este tema no se planteó para esta fase.
10. Dentro de las restricciones, se ha tratado de mejorar la apariencia general de los equipos.

### **6.1.2 ASPECTOS METODOLOGICOS-HERRAMIENTAS DE DISEÑO Y EVALUACION**

En general, se usó el computador intensivamente para apoyar el proceso de diseño: el análisis estructural de la máquina lavadora fue efectuado por paquetes comerciales y el bastidor de la máquina y sus ejes fueron verificados con el SAP80, lo que permitió acercarse a soluciones óptimas en cuanto a criterios de rigidez, vida en fatiga y costo.

Se ha incorporado, para la producción de documentación gráfica, el uso de AutoCAD, lo que aumenta la flexibilidad del proceso de diseño.

En la parte de evaluación, se refinaron dos aspectos respecto a desarrollos anteriores:

1. Se analizó el comportamiento energético del tandem lavadora-trozadora para corroborar los estimativos de potencia consumida y determinar el tipo y tamaño de motor requerido para las máquinas de serie. Esto implicó el empleo de instrumentación para el monitoreo de potencia eléctrica.
2. Se refinó el comportamiento del prototipo haciendo uso de técnicas de balanceo para minimizar las fuerzas de sacudimiento en los apoyos del tambor y de la estructura en general.

### **6.1.3 ASPECTOS GENERALES**

Lo que se plantea a continuación es parte de las observaciones no técnicas que se hicieron durante el desarrollo de la segunda fase:

1. Se encontró una resistencia natural por parte del fabricante para acatar la documentación técnica formal por razones de aparente conveniencia para el fabricante hasta su deseo de hacer aportes al diseño. No debe confundirse la incorporación gradual de mejoras de diseño y/o manufactura con la actividad "artesanal" de la improvisación y el informalismo.
2. Cuando se exploran alternativas funcionales que no han sido probadas previamente es lícito alterar el diagrama de flujo general del diseño. En particular, es razonable predimensionar en forma ágil los elementos operativos mínimos para la evaluación funcional y luego proceder a dimensionar formalmente, si ha sido exitosa la alternativa.

Esta situación fue la planteada para el desarrollo del sistema de molienda y clasificación donde, después de evaluar diferentes configuraciones de sistemas, se observó que sería posible hacer la reducción de tamaño y la clasificación en una máquina relativamente simple que, con una productividad de 200-300 kg/hora, aprovechara las bajas propiedades mecánicas de la yuca seca y operara con bajo consumo de potencia y una rigidez estructural no muy exigente.

Todo lo necesario para los pasos iniciales consistió en lo siguiente:

- (i) formulación de la configuración funcional de la máquina y su morfología
  - (ii) predimensionamiento de elementos principales con cálculos resumidos
  - (iii) construcción de un prototipo a costo mínimo, por ejemplo maximizando el uso de elementos existentes como ventilador, separador ciclónico, ductos
  - (iv) pruebas y evaluación para determinar el potencial de la alternativa
  - (v) modificaciones y pruebas hasta definir la validez de la alternativa
  - (vi) formalización del diseño, que implica los cálculos y selección de elementos de acuerdo a procedimientos convencionales de diseño mecánico
3. Es posible que el taller escogido para la construcción de un prototipo quede en condición de privilegio para la explotación posterior de la tecnología, lo que puede alterar su actitud ante el mercado y llevarlo a cotizar por valores no reales. Esto hace imperativo proceder a un recosteo de la máquina después de la etapa de evaluación-modificaciones, sometiendo tanto la documentación gráfica como la máquina en sí al concepto de varios talleres.



4. Se ha consolidado un modelo de operación que vincula a estudiantes de último año de Ingeniería Mecánica en actividad de Proyecto de Grado o Práctica Industrial al desarrollo de prototipos bajo la dirección de los Investigadores del Proyecto. Se considera que esta práctica permite formar recurso humano con mejores capacidades de abordar problemas asociados con la agroindustria, además de ser eventuales promotores y gestores de la tecnología desarrollada.

## **6.2 DIAGNOSTICO PARA MEJORAMIENTO DEL PROCESO Y CALIDAD DEL PRODUCTO**

**Por: David Trim y Peter Wareing (Investigadores del Natural Resources Institute, Inglaterra). Traducido por Carlos Ostertag.**

Dos profesionales del Natural Resources Institute (NRI) de Inglaterra visitamos a Colombia durante cuatro semanas para investigar problemas referentes a calidad microbiológica y al sistema de secado artificial.

El equipo efectuó seguimiento al desempeño de la planta piloto en Chinú durante dos semanas, período en el cual se produjeron seis lotes de trocitos secos.

Como parte de procedimientos de rutina, se obtuvieron datos sobre volumen de raíces frescas, raíces preparadas, trocitos húmedos y secos, agua, consumo de agua y coque y utilización de mano de obra. Se consiguieron datos detallados sobre la calidad microbiológica de raíces y trocitos durante el proceso. Además, se registró el comportamiento del sistema de secado para cinco de los seis lotes.

### Evaluación de aspectos microbiológicos

Se tomaron muestras representativas en varias etapas del proceso productivo: del agua fresca del pozo que alimenta al tanque en la planta piloto, del agua del tanque, de la cáscara y parénquima de las raíces, de la tierra en las raíces, de residuos de la lavadora de raíces (compuesto por corteza y materia orgánica), trocitos húmedos y secos.

Los análisis de los lotes 1 a 4 se realizaron en el laboratorio del Servicio Seccional de Salud de Sucre (SSSS) en Sincelejo y los correspondientes a los lotes cinco y seis se efectuaron en los laboratorios del NRI. En el NRI también se hicieron los análisis de muestras de tierra, cáscara y parénquima de raíces, y de tres ensayos de secado hechos en Cali a temperaturas de 45°C, 60°C, y 75° C.

Los resultados de los análisis practicados en Sincelejo se presentan en el CUADRO 1. El Recuento Total de Mesófilos (RTM) fueron altos en todas las etapas del proceso productivo, y la tierra y la cáscara dieron RTMs por encima de  $10^7$  ufc/g (unidades formadoras de colonias por gramo de muestra). Los RTMs de los trocitos húmedos fueron del orden de los  $10^5$  ufc/g, excluyendo el lote 1, y los RTMs para los trocitos secos estuvieron entre  $10^7$  y  $10^8$  ufc/g.

Se identificó un problema inicial con el agua usada para lavar raíces en el lote 1, ya que el RTM para el agua del pozo fue de  $4.6 \times 10^3$  ufc/g pero para el agua del tanque, supuestamente limpia, fue de  $1.2 \times 10^5$  ufc/g. Evidentemente, había alguna fuente de contaminación en el tanque, posiblemente causado por el ingreso de residuos de tierra. Cuando se elevaron los niveles de cloro libre a 2.5 mg/l (lote 2), y luego a 10-20 mg/l (lote 4), el RTM del agua se redujo a  $4.7 \times 10^3$  ufc/g. La mayor

concentración de cloro puede explicar los recuentos menores registrados para los trocitos húmedos en los lotes 2,3 y 4:  $10^5$  ufc/g comparado con  $10^7$  ucf/g.

**CUADRO 1. Calidad microbiológica de las muestras del proceso (Sincelejo)**

Muestra	Recuento Mesófilos 35°C <sup>2</sup>	Recuento esporas 35°C <sup>2</sup>	NMP <sup>1</sup> Colifor. <sup>2</sup>	NMP Colifor. fecales <sup>2</sup>
<b>LOTE 1</b>				
Agua de pozo	$4.6 \times 10^3$	$8.3 \times 10^1$	<3	<3
Agua tanque <sup>3</sup>	$1.2 \times 10^5$	$1.3 \times 10^2$	1100	7
Tierra	$6.8 \times 10^7$	$5.7 \times 10^5$	>1100	40
Cáscara raíz <sup>4</sup>	$1.4 \times 10^7$	$3.0 \times 10^5$	>1100	7
Residuo lavado	$1.9 \times 10^7$	$2.7 \times 10^4$	>1100	90
Trozo fresco	$1.4 \times 10^7$	$1.6 \times 10^4$	>1100	4
Trozo seco	$3.3 \times 10^9$	$2.2 \times 10^5$	>1100	40
<b>LOTE 2</b>				
Agua tanque <sup>5</sup>	$2.1 \times 10^4$	$1.0 \times 10^2$	<3	<3
Trozo húmedo	$3.4 \times 10^5$	$2.5 \times 10^3$	>1100	<3
Trozo seco	$9.6 \times 10^7$	$1.9 \times 10^5$	>1100	<3
<b>LOTE 3</b>				
Trozo húmedo	$8.6 \times 10^5$	$7.2 \times 10^3$	>1100	500
Trozo seco	$2.6 \times 10^9$	$5.2 \times 10^4$	>1100	1100
<b>LOTE 4</b>				
Agua tanque <sup>6</sup>	$4.7 \times 10^3$	$2.6 \times 10^2$	<3	<3
Cáscara raíz <sup>4</sup>	$1.1 \times 10^7$	$5.0 \times 10^4$	>1100	1100
Trozo húmedo	$4.9 \times 10^5$	$2.8 \times 10^3$	1100	500
Trozo seco	$4.2 \times 10^9$	$2.4 \times 10^4$	>1100	500

- Notas: 1. NMP = Número más probable  
 2. Expresado por gramo de muestra en base húmeda; como ufc/g para muestras de cáscara de raíz, trozo y tierra, y ufc/ml para agua.  
 3. < 0.1 mg/l cloro libre  
 4. Incluye corteza y cáscara  
 5. 2.5 mg/l cloro libre  
 6. 10-20 mg/l cloro libre

La contaminación bacteriana fue siempre mayor en los trocitos secos que en los húmedos, aún después de compensar por el aumento en el contenido de materia seca (2.5 veces) por el secado. Este crecimiento bacteriano se debe probablemente a varios factores:

- (a) el tiempo de secado es excesivamente largo (ver abajo);
- (b) el trozo de yuca es un substrato muy bueno para el crecimiento bacteriológico, las células rotas exudan su contenido incluyendo azúcares y aminoácidos;
- (c) la temperatura de los trocitos permanece alrededor de 30°C hasta que estén casi secos, creando condiciones adecuadas para el crecimiento de bacterias.

Los análisis duplicados se hicieron en el NRI con muestras de trocitos secos (CUADRO 2). Estas muestras presentaron recuentos levemente menores que las analizadas en Sincelejo. Esto puede deberse a la edad mayor de las muestras (tres semanas), o a que la heterogeneidad de las muestras en Chinú causaron variación en los resultados. Sin embargo, los recuentos todavía están demasiado altos.

Los recuentos de coliformes para los trocitos secos fueron altos (> 1100 ufc/g) para todos los lotes (CUADROS 1 y 2) y por encima de la norma colombiana para harina de yuca de menor a 100 ufc/g para todos los lotes. Se encontraron coliformes a este nivel en todo el proceso, incluyendo raíces, cáscara, residuos de lavado y trozos húmedos.

Se detectaron coliformes fecales en la mayoría de muestras tomadas en Chinú (CUADRO 1). La contaminación fecal de humanos y animales es muy probable en los cultivos de yuca, dada las condiciones sanitarias tan precarias. La prueba para coliformes fecales da resultados positivos esencialmente para *Escherichia coli*, el cual está asociado solo con material fecal. Algunos organismos del grupo de coliformes pueden dar resultados positivos en la pruebas para coliformes, sin estar asociados necesariamente con contaminación fecal. Para confirmar estos resultados, se identificaron bacterias mediante el uso de medios especiales para coliformes. *E. coli* fue el coliforme aislado de manera predominante en todos los lotes producidos en Chinú, confirmando el diagnóstico positivo respecto a coliformes fecales.

El recuento de esporas para trocitos secos (CUADRO 1) está dentro de las normas colombianas respecto a mesófilos ( $2.0 \times 10^5$  ufc/g), pero también es mayor para los trozos secos que para los trozos húmedos, indicando algún crecimiento durante el ciclo de secado.

**CUADRO 2. Calidad microbiológica de las muestras del proceso (Chatham)**

Muestras	Recuento Mesófilos 35°C <sup>2</sup>	Recuento esporas 35°C <sup>2</sup>	NMP <sup>1</sup> Colifor. <sup>2</sup>	NMP Colifor. fecales <sup>2</sup>
Trozos secos de Cali				
45°C <sup>4</sup>	3.7 x 10 <sup>7</sup>	3.2 x 10 <sup>4</sup>	> 1100	<3
60°C	2.7 x 10 <sup>5</sup>	3.8 x 10 <sup>3</sup>	21	<3
75°C	2.8 x 10 <sup>5</sup>	1.9 x 10 <sup>3</sup>	11	<3
Otras muestras de Cali				
Tierra	7.7 x 10 <sup>7</sup>	8.1 x 10 <sup>5</sup>	> 1100	15
Cáscara raíz	3.0 x 10 <sup>7</sup>	6.2 x 10 <sup>4</sup>	> 1100	<3
Parénquima	1.2 x 10 <sup>3</sup>	1.5 x 10 <sup>2</sup>	<3	<3

Notas: 1. NMP = Número más probable

2. Expresado por gramo de muestra en base húmeda; como ufc/g para muestras de cáscara, corteza, tierra, y ufc/ml para agua

3. Los lotes 1-4 son análisis duplicados de trozos analizados inicialmente en Sincelejo.

4. Temperatura en Sincelejo

### Evaluación del sistema de secado

El desempeño del sistema de secado fue seguido de cerca mediante el registro de la temperatura y contenido de oxígeno del gas de la chimenea del quemador, del flujo

de aire de secado, y temperatura y humedad del aire que entra y sale de la cámara de secado.

Para los lotes 1 a 4, el consumo de coque del quemador se mantuvo en 20 kg/hora, la cantidad usual empleada en la campaña previa. En un intento por aumentar la temperatura del aire de secado y de reducir el tiempo de secado, se aumentó esta cifra a 30 kg/hora en los últimos dos lotes. Para los lotes 1 a 3, el caudal de aire se mantuvo a la tasa empleada previamente, de 4.5-5.0 kg/segundo. Para los lotes restantes, se siguió un procedimiento en dos etapas. Inicialmente, las compuertas a la entrada de la cámara de secado se abrieron para permitir el máximo de caudal, de 5.5-6.0 kg/segundo; ésto se mantuvo hasta que la temperatura del aire que salía de la cámara de secado empezó a subir. Luego las compuertas se cerraron

parcialmente para bajar el caudal a 4.0-4.5 kg/segundo para así aumentar la temperatura del aire de entrada.

El mayor consumo de coque (lotes 5 y 6) no elevó de manera proporcional la generación de calor útil por parte del quemador/intercambiador de calor. La eficiencia térmica del quemador/intercambiador de calor promedió cerca a 70 y 50% para tasas de consumo de coque de 20 kg/hora y 30 kg/hora respectivamente. El primer valor se puede considerar como bueno para este tipo de sistema y es improbable que se puedan obtener ganancias significativas y efectivas respecto al costo sin mayores modificaciones de diseño. La disminución de la eficiencia térmica del coque con el consumo de 30 kg/hora señala que el área de intercambio de calor es insuficiente para aprovechar la generación adicional de calor del quemador. A pesar de la tasa constante de alimentación del coque al quemador, la temperatura del aire de secado que sale del intercambiador de calor varió bastante sin una razón obvia.

En ninguno de los lotes secados en Chinú se pudo alcanzar la temperatura deseada para el aire de entrada, de 60°C. La tasa promedio de evaporación de humedad aumentó cuando se aplicaron caudales de aire mayores (lotes 4, 5 y 6) y además se consiguió una mejor eficiencia de pique en los lotes más grandes (4 y 6).

El sistema de secado de Chinú se basó en los resultados de investigación llevados a cabo en el CIAT en su planta experimental en Cali (Alonso et al, 1986). Basándose principalmente en consideraciones de utilización de energía y manejo, se calculó un tiempo de secado de 8 horas usando aire calentado a 60°C y con un caudal de 95 m<sup>3</sup>/min por tonelada de tozos húmedos. El período de secado en Chinú fue mucho más largo porque:

- (a) la temperatura del aire al entrar a la cámara de secado fue menor a 60°C debido a una generación de calor inadecuada por parte del quemador/intercambiador de calor.
- (b) la humedad inicial del trozo típico secado en Chinú (68%) es mucho mayor que la del trozo producido en el proyecto de investigación de Cali (58%). Como resultado, en Chinú se tienen que evaporar 1.785 kgs de humedad por tonelada de trozos secos (promedio de los lotes 2 a 6) comparados con 1.062 kgs por tonelada en Cali. Este es un factor que contribuye bastante a la alta relación consumo de combustible/trozo seco en Chinú en comparación con los ensayos de Cali.
- (c) la mayor humedad del aire ambiental de Chinú.

## Ensayos en CIAT

Durante la última semana de la visita se efectuaron ensayos de secado de trozos en Cali a diferentes temperaturas de aire. Las raíces provenientes de parcelas de CIAT se prepararon, lavaron y trozaron en equipos idénticos a los de Chinú, y luego se secaron. La planta de secado consistió de un quemador de coque, un intercambiador de calor de carcaza y tubos montados encima del quemador, un ventilador con capacidad de 2 m<sup>3</sup>/segundo y una cámara de secado de 3 mt de largo por 2 de ancho. Se secaron tres lotes (800-900 kgs) de trozos a temperaturas de 45°C, 60°C, y 75°C con tiempos de secado de 14, 9.5 y 8 horas respectivamente.

El CUADRO 2 muestra que los trozos de los lotes secados a 60°C y 75°C presentaron un RTM, recuento de esporas y coliformes menores que aquellos secados a 45°C. Esto refuerza la evidencia de Chinú que el sistema actual de secado (baja temperatura del aire/tiempos de secado largos) es un factor determinante principal en la calidad microbiológica deficiente de la harina.

Los coliformes fecales estuvieron por debajo del nivel de detección (<3 ufc/gramo) en raíces y trozos secos producidos en Cali (CUADRO 2) aunque estuvieron presentes en niveles bajos en la tierra (15 ufc/gramo). Adicionalmente, en ninguna de las muestras de cáscara, trozos secos o tierra de Cali se pudo detectar E. coli. Se identificaron, sin embargo, otros coliformes como *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes*, y *Klebsiella pneumoniae*. Estas no aparecerían normalmente en una prueba para coliformes fecales. Esta información confirmaría que no todos los coliformes fueron de origen fecal, y que muchos existen como un componente normal de la microflora del suelo sin indicar necesariamente una contaminación fecal.

Las muestras de parénquima analizadas en el NRI arrojaron un RTM de 10<sup>3</sup> ufc/gramo. Esto podría indicar un grado de contaminación interna (Banwail 1979; ICMSF 1980b).

## Discusión y recomendaciones

Ninguno de los lotes de trozos secos producidos en Chinú durante la visita alcanzaron la norma de calidad microbiológica para harina de yuca. Los trocitos producidos en Cali tampoco alcanzaron la norma a pesar de sus recuentos menores.

Apenas recientemente se introdujo en Colombia una norma oficial para la harina de yuca y debe notarse que es más estricta que la harina de trigo. La harina de trigo se obtiene habitualmente de trigo importado con recuentos microbiales por debajo de la norma, por ejemplo RTM's de 10.000 ufc/gramo. Muchos usuarios de harina, por ejemplo la industria de carne procesada, exigen una calidad superior a la norma oficial. Para que la harina de yuca pueda entrar a los mercados más promisorios, su

calidad deberá estar por encima de la norma oficial; los RTM's deben estar de  $5 \times 10^4$  y  $1 \times 10^5$ .

En términos generales, es evidente que existen grandes factores intrínsecos que atentan contra la producción en la planta piloto de harina de yuca de la calidad microbiológica necesaria. Estos son:

- (a) la alta contaminación microbiológica de las raíces frescas;
- (b) la incapacidad de las prácticas operacionales y de los equipos actuales para producir trozos húmedos con recuentos microbiales bajos;
- (c) la incapacidad del sistema de secado para secar trozos rápidamente y a temperaturas suficientemente altas como para inhibir el crecimiento de microorganismos.

No es posible recomendar modificaciones definitivas al actual sistema de producción que garantice la obtención de las mejoras en la calidad microbiológica necesarias para que la harina de yuca supere las normas requeridas en los mercados potenciales. Es posible, sin embargo, recomendar ciertos cambios a corto plazo en la planta piloto con una expectativa razonable de efectuar mejoras. Esto permitiría la continuación del modelo y suministraría datos adicionales para el modelo financiero. También se hacen recomendaciones respecto a investigaciones a mediano plazo en áreas que ofrecen ventajas potenciales pero para las cuales no se pueden especificar prácticas operacionales todavía.

#### Calidad de raíces frescas

Es improbable, ciertamente a corto plazo, que las prácticas agrícolas y hábitos sociales se puedan cambiar para reducir la carga microbial de las raíces frescas. Consecuentemente, se tiene que reconocer que la planta piloto tendrá que continuar manejando raíces frescas en el mismo estado actual.

#### Preparación de trozos húmedos

Las mejoras recomendadas para consideración a corto plazo son:

- (a) cambiar los procedimientos de consecución y preparación en la planta piloto para minimizar el tiempo para el lavado y trozado de raíces ya preparadas. El uso de machetes para levantar raíces para su preparación dañan el tejido de éstas y debe desalentarse.
- (b) mantener el agua para lavado a una concentración de cloro libre de 10-20 mg/litro.



- (c) aunque los procedimientos sanitarios actuales no son malos y no se cree que sean la causa principal de los altos RTM's, se recomienda el uso de un lavador a presión equipado con agua caliente y detergente para lavar la planta.
- (d) el área de procesamiento de trozos debe separarse del área procesadora de raíces y del quemador y se debe mantener como un área de especial limpieza. Se deben emplear medidas mejoradas de higiene del personal, tal como pediluvios.

La investigación debe efectuarse en los siguientes temas:

- (a) diseño mejorado del tambor de la lavadora que involucre la separación de las operaciones de eliminación de corteza y lavado
- (b) sumersión de trozos húmedos en agua caliente

### Secado de trozos

Se puede considerar que el quemador/intercambiador de calor existente funciona a una eficiencia térmica aceptable, de 70%, para un consumo de coque de 20 kg/hora pero la producción de calor es insuficiente para la carga de secado. A corto plazo, para conseguir temperaturas del aire de secado por encima de 60°C, se recomienda instalar un segundo quemador/intercambiador de calor en paralelo con el quemador actual. El secado debe comenzar tan pronto haya una capa de 5 cm de trozos en vez de esperar a que se haya cargado todo el lote.

A mediano plazo hay dos áreas de investigación:

- (a) Alonso et al (1986) identificaron las condiciones de secado (caudal de 95 m<sup>3</sup>/tonelada de trozos húmedos a 60°C), permitiendo un tiempo de secado de ocho horas, y que son óptimas en términos de la eficiencia térmica del sistema. Sin embargo, la eficiencia con el doble del caudal de aire es solo marginalmente menor (44% vs. 48%) y el tiempo de secado se rebaja a la mitad. En vista de las mejoras probables en la calidad microbiológica de los trozos por reducción del tiempo de secado, se recomienda llevar a cabo una serie de ensayos para investigar el efecto del caudal y temperatura del aire sobre el tiempo de secado, calidad microbiológica, calidad de harina y concentraciones de cianuro residual. Si se identifican condiciones de secado alternas que ofrezcan menores tiempo de secado y mejor calidad del producto, es posible que la operación comercial de la planta necesitaría el secado de dos lotes de 1.5 toneladas al día (en vez de un lote de tres toneladas). Se requerirían dos cámaras de secado para proveer la flexibilidad necesaria. Posteriormente, se debería diseñar un sistema de quemador/intercambiador de calor adecuado. A más largo plazo, este sistema debería de abarcar el calentamiento solar del aire.

- (b) Tratamiento de calor post-secado de los trocitos/harina. Se ha realizado investigación sobre el efecto del calentamiento de harinas de cereales en la calidad microbiológica (Wiseblatt 1967; Vojnovich & Pfeifer 1967). Estos científicos descubrieron que el RTM de la harina calentada por cuatro horas a 60°C se redujo de  $4.9 \times 10^4$  a  $2.0 \times 10^2$  ufc/gramo. El calentamiento post-cosecha de trocitos se debe investigar a temperaturas entre 60 y 130°C.

### **6.3 EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE REDUCCION DE TAMAÑO DE TROZOS DE YUCA Y SEPARACION DE HARINAS ORIENTADA HACIA EL DISEÑO DE UN EQUIPO PRODUCTOR DE HARINA REFINADA DE YUCA DE 200 A 300 KG/HORA.**

**Por: Lisímaco Alonso (CIAT), Alejandro Fernández (Profesor UNIVALLE) y Carlos Vélez (Profesor UNIVALLE)**

El objetivo de esta sección es la de describir el trabajo realizado para diseñar un sistema de molienda y tamizado a pequeña escala que pueda ser utilizado en las plantas productoras de harina de yuca. La implementación de las operaciones de molienda y tamizado en planta permiten atender los mercados locales y rebajan el costo de producción de la harina de yuca.

En el marco de este tema se efectuaron 4 estudios con diferentes equipos y combinaciones de equipos de molienda y tamizado.

#### **6.3.1 ESTUDIO I: PRODUCCION Y CARACTERIZACION DE HARINA DE YUCA OBTENIDA EN UN MOLINO DE MARTILLOS DE CAPACIDAD MEDIA, OPERADO A ALTAS VELOCIDADES**

En la Fase de Investigación los estudios con este equipo se orientaron a determinar la capacidad de producción (kg/hr), extracción de harina (porcentaje en el producto con granulometría inferior a 210  $\mu\text{m}$ , el contenido de material fino en el producto (porcentaje de harina inferior a 63  $\mu\text{m}$ ), y su desempeño energético (kw-h/t de producto). También se analizó, en las harinas de algunos tratamientos, el contenido de fibra y cenizas. Estos estudios se adelantaron en un rango de velocidad periférica de los martillos entre 38-66 m/s. La máxima extracción de harina obtenida fue del 59%, con un contenido de fibra de 1.7% y de ceniza de 2.3%.

Dada la extracción tan baja obtenida con el molino operado a las condiciones de velocidad arriba especificadas, en estos nuevos ensayos se estudió la producción de harina con el molino operado a velocidades superiores.

Para la realización de las pruebas, se modificó el sistema de transmisión de potencia del molino de martillos instalado en los laboratorios de la Sección de Alimentos de la Universidad del Valle. Se instaló un sistema de velocidad variable, obteniéndose un rango de velocidad periférica de los martillos entre 56 y 104 m/s.

Otras especificaciones de dicho molino son: 24 martillos oscilantes, versatilidad en el sistema de evacuación de las harinas al poderse operar ya sea neumáticamente ó mediante descarga libre por gravedad, 10 hp de potencia disponible; capacidad media, de 0.7-1.2 t/h.

Los siguientes niveles de velocidad se seleccionaron para las pruebas: 66, 78, 91, y 103 m/s, con una aproximación de  $\pm 1.6$  m/s. También se usó un conjunto de cribas con agujeros de: 3/8, 1/4, 3/16, 1/8 pulg. (9.52, 6.35, 4.76, 3.17 mm).

Para la realización de las pruebas se utilizó un esquema de bloques completamente al azar con 48 pruebas, correspondientes a 4 niveles de velocidad, 4 niveles de tamaño de criba y 3 bloques (repeticiones en el tiempo). Para cada operación se utilizaron 10 kg. de yuca seca en trozos, con humedad entre 12.6 y 13.6% (b.h).

**CUADRO 1. Resumen de resultados de extracción y características físico-químicas de la harina de yuca obtenidas en un molino de martillos operado a las condiciones especificadas (1)**

Funcionamiento del molino		Humedad (% bh)	Harina extraída (%) (2)	Produc. finos (%) (3)	Fibra (% bs)	Ceniza (% bs)	HCN (ppm)	Viscosidad suspensión (cps)
Criba (pulg.)	Velocidad (m/s)							
3/8	66	13.2	45.4	27.0	2.4	1.4	35	392
	78	13.6	48.3	28.3	1.9	1.4	28	87
	91	13.2	57.8	37.7	2.4	1.7	31	104
	103	13.1	57.7	36.0	2.0	1.7	29	178
1/4	66	12.5	50.3	27.0	2.5	1.6	41	184
	78	13.2	57.7	36.3	1.9	1.5	30	124
	91	13.2	66.0	41.0	2.0	1.5	26	191
	103	13.1	71.1	45.3	2.3	1.6	46	130
3/16	66	12.5	58.4	36.3	2.6	1.5	39	179
	78	13.4	65.1	40.0	2.4	1.5	30	109
	91	12.0	70.5	44.3	2.2	1.7	76	212
	103	13.0	75.5	50.3	3.0	1.7	31	114
1/8	66	13.5	68.3	45.0	2.5	1.5	29	378
	78	13.4	73.9	49.7	2.2	1.6	29	209
	91	13.2	91.4	65.3	2.2	1.5	37	95
	103	13.2	96.3	66.7	1.9	1.7	36	334

Notas: (1) Promedios de tres repeticiones experimentales

(2) Harina extraída: % del producto molido con granulometría menor de 211  $\mu\text{m}$

(3) Finos Producidos: % de harina con granulometría menor de 104  $\mu\text{m}$

A los productos obtenidos en cada prueba se les analizó lo siguiente: porcentaje de material con granulometría superior a 210  $\mu\text{m}$  (ripió), porcentaje de harina extraída con granulometría inferior a 211  $\mu\text{m}$ , porcentaje con granulometría inferior a 104  $\mu\text{m}$ . Al material considerado harina se le determinó contenido de fibra cruda total, cenizas totales, ácido cianhídrico; adicionalmente, se hicieron medidas de viscosidad de las harinas en suspensión. Esta última determinación fue estandarizada para los estudios

y su procedimiento se incluye en el ANEXO 1. Estas viscosidades se reportan como viscosidad Brookfield (a 100 rpm y spindle 03) en geles de suspensiones acuosas de harina al 4%.

### Resultado y análisis

En el ANEXO 2 se incluyen los análisis físico-químicos de las harinas obtenidas en las 48 pruebas (CUADRO A2.1). También se incluye el análisis estadístico de varianza (CUADRO A2.2).

El CUADRO 1 resume los resultados promedios de estos análisis de harinas, organizados en las diferentes combinaciones de velocidad por tamaño de criba ensayadas.

Según el análisis de varianza (CUADRO A2.1), las variables "velocidad de los martillos" y "tamaño de perforación de las cribas" influyeron significativamente en los niveles de extracción de harina y en la proporción de finos en la harina; esto se puede visualizar gráficamente en las FIGURAS 1 y 2. Se logró obtener extracciones de harina por encima de 85%, de acuerdo a lo deseado, con velocidades de martillo superiores a 78 m/s y usando una criba de 1/8.

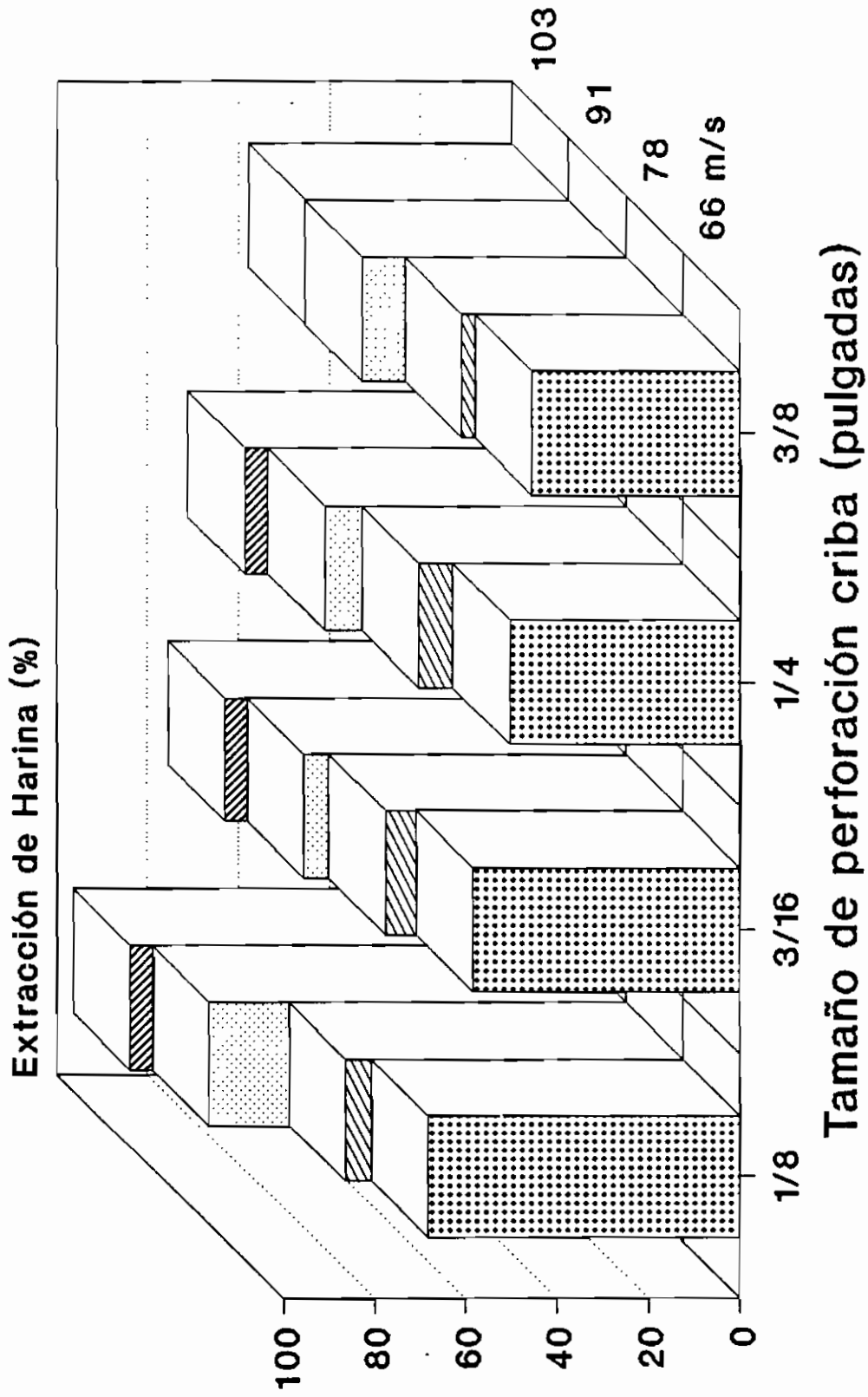
Las variaciones en los contenidos de fibra (rango máximo 1.9-3.0%), ceniza (rango máximo 1.4-1.7%) y ácido cianhídrico total (rango máximo 35-76) aparecieron estadísticamente poco sensibles a los factores en mención, especialmente los contenidos de fibra; como ejemplo se muestra la FIGURA 3 mostrando las variaciones en el contenido de fibra.

En contraste con estos resultados sobre fibra, los estudios previos en la Fase de Investigación con este molino de martillos mostraron niveles menores, entre 0.02 y 1.9%; como se especificó previamente, las velocidades de martillos ensayadas fueron menores, entre 37.7 y 66 m/s.

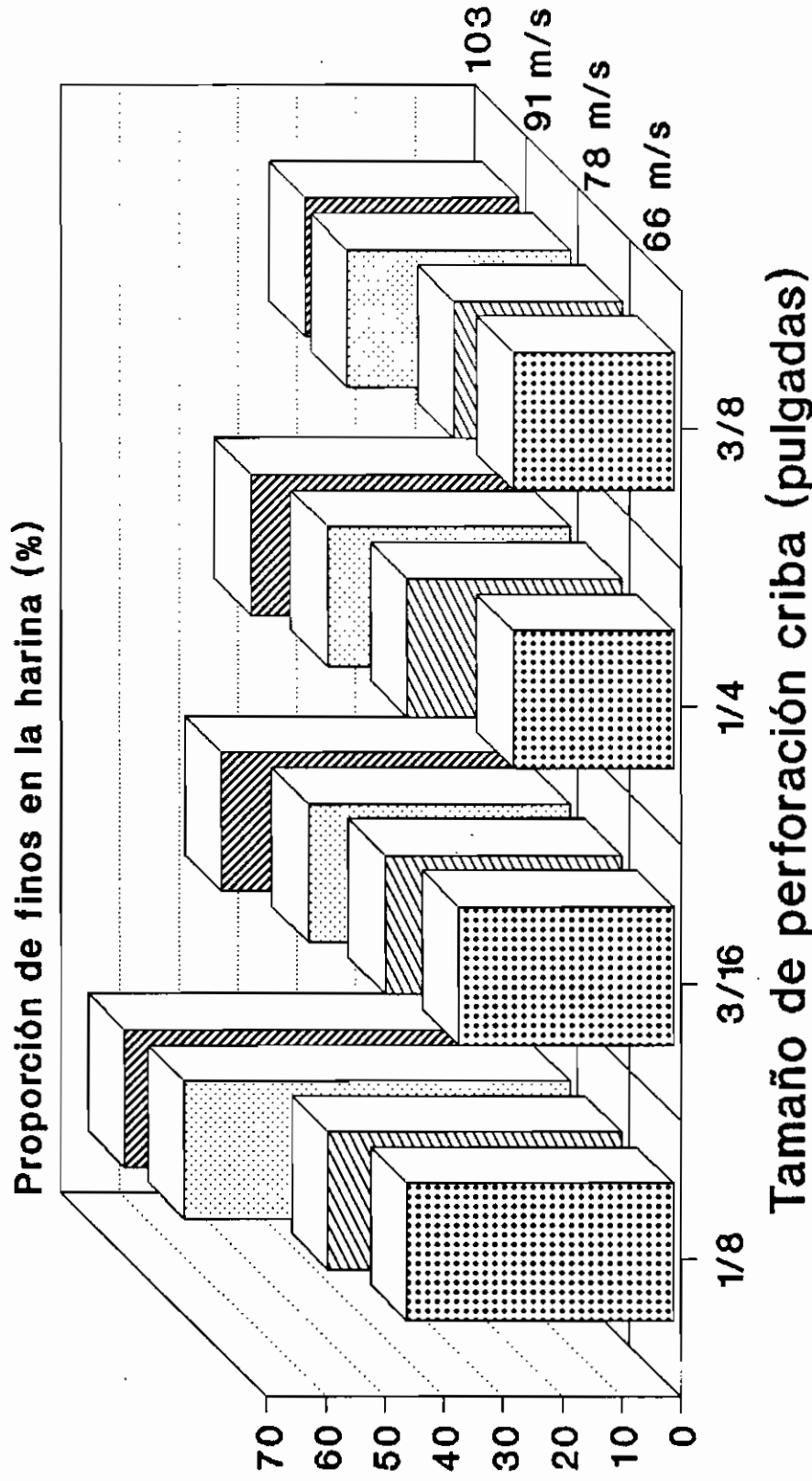
Se destaca que los niveles de HCN total en la harina estuvieron, en casi todas las muestras, por debajo del límite permisible de 50 ppm de acuerdo a la norma ICONTEC 2716. Además, se puede observar los mayores niveles de HCN obtenidos en el ripio, en donde se concentró en gran proporción los residuos de la epidermis. También hubo una importante segregación de la fibra hacia el ripio, como puede observarse comparativamente con la harina en el CUADRO 2.

Como ya se mencionó, se hicieron medidas de viscosidad en suspensiones acuosas y cocinadas de las harinas, como se observan en el CUADRO 1. Tratando de encontrar relación entre la finura de las harinas y las viscosidades, se preparó la FIGURA 4. No fue clara una tendencia; se alcanzaron las dos medidas más altas en

**FIGURA 1. Extracción de harina en molino de martillos (0.6-1.2 t/h)**

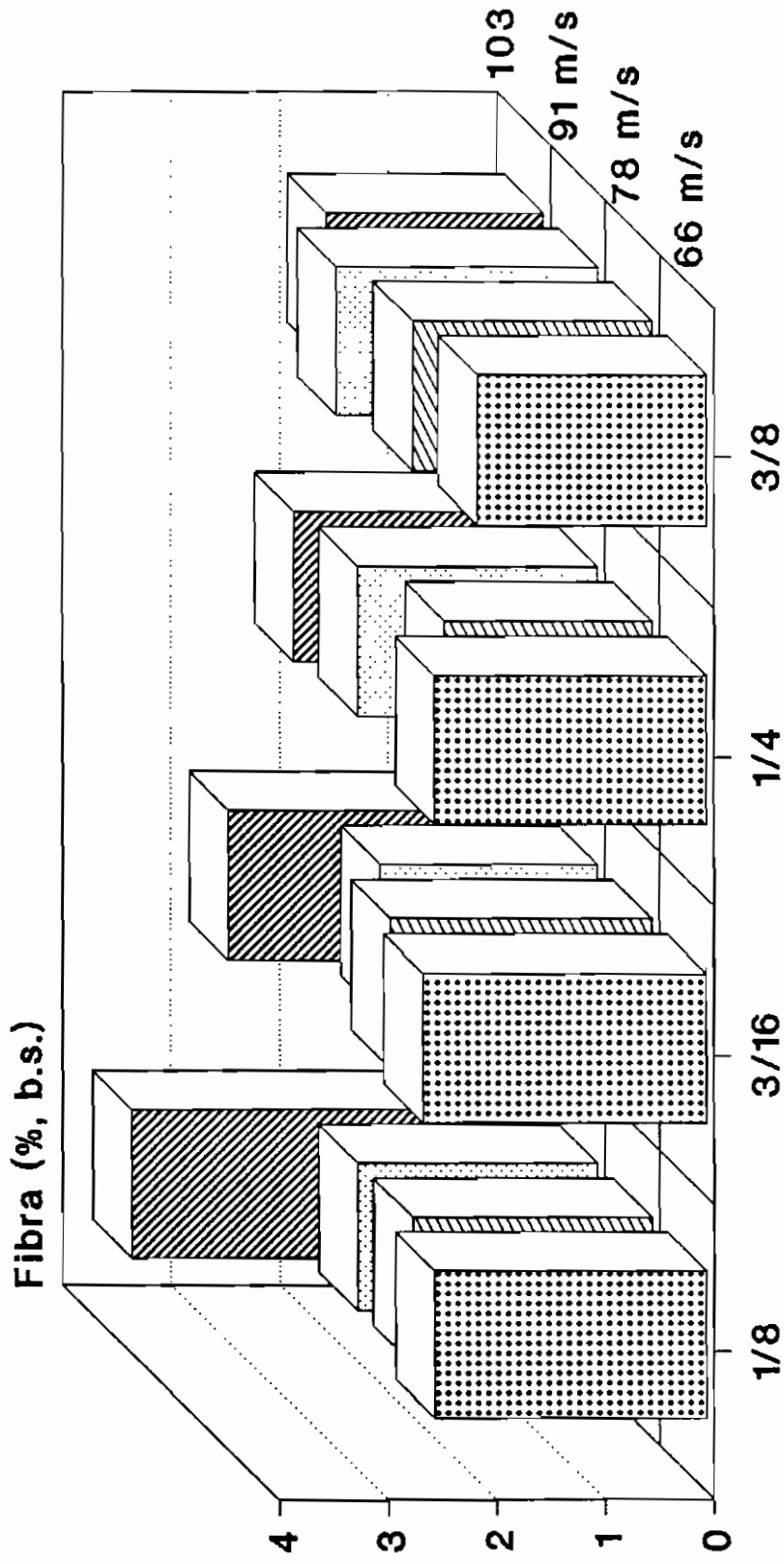


**FIGURA 2. Proporción de material en la harina con granulometría inferior a 104  $\mu\text{m}$**



Harina obtenida en molino de martillos de capacidad 0.6-1.2 t/h

**FIGURA 3. Contenido de fibra en harinas de yuca obtenidas en un molino de martillos**

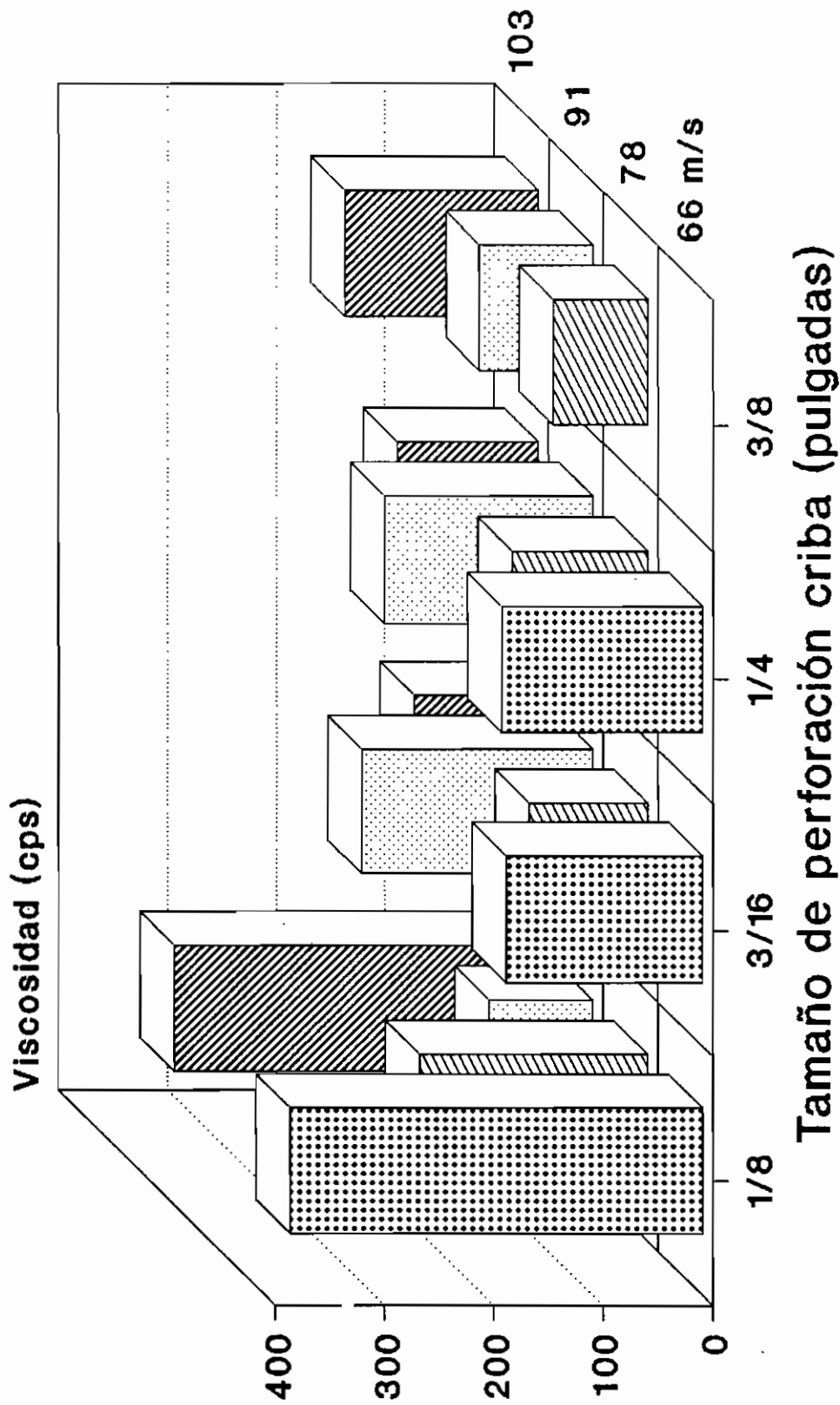


**Tamaño de perforación criba ( pulgadas )**

Harina obtenida en molino de martillos de capacidad 0.6-1.2 t/h



**FIGURA 4. Viscosidad de harinas de yuca gelatinizadas en suspensión acuosa al 4%**



Harina obtenida en molino de martillos de capacidad 0.6-1.2 t/h

las harinas obtenidas con la criba de 1/8". En los ensayos a 66 m/s se notó un aparente incremento de las viscosidades a medida que se obtenía una harina más fina.

Con el propósito de aclarar un poco la relación entre finura y viscosidad, se analizaron algunas muestras con diferentes rangos de tamaño de partícula, obteniéndose los resultados mostrados en la FIGURA 5 en donde, efectivamente, hay un incremento de la viscosidad con las harinas más finas. Estos aspectos que tienen relación con las propiedades funcionales de las harinas se investigarán profundamente en estudios posteriores.

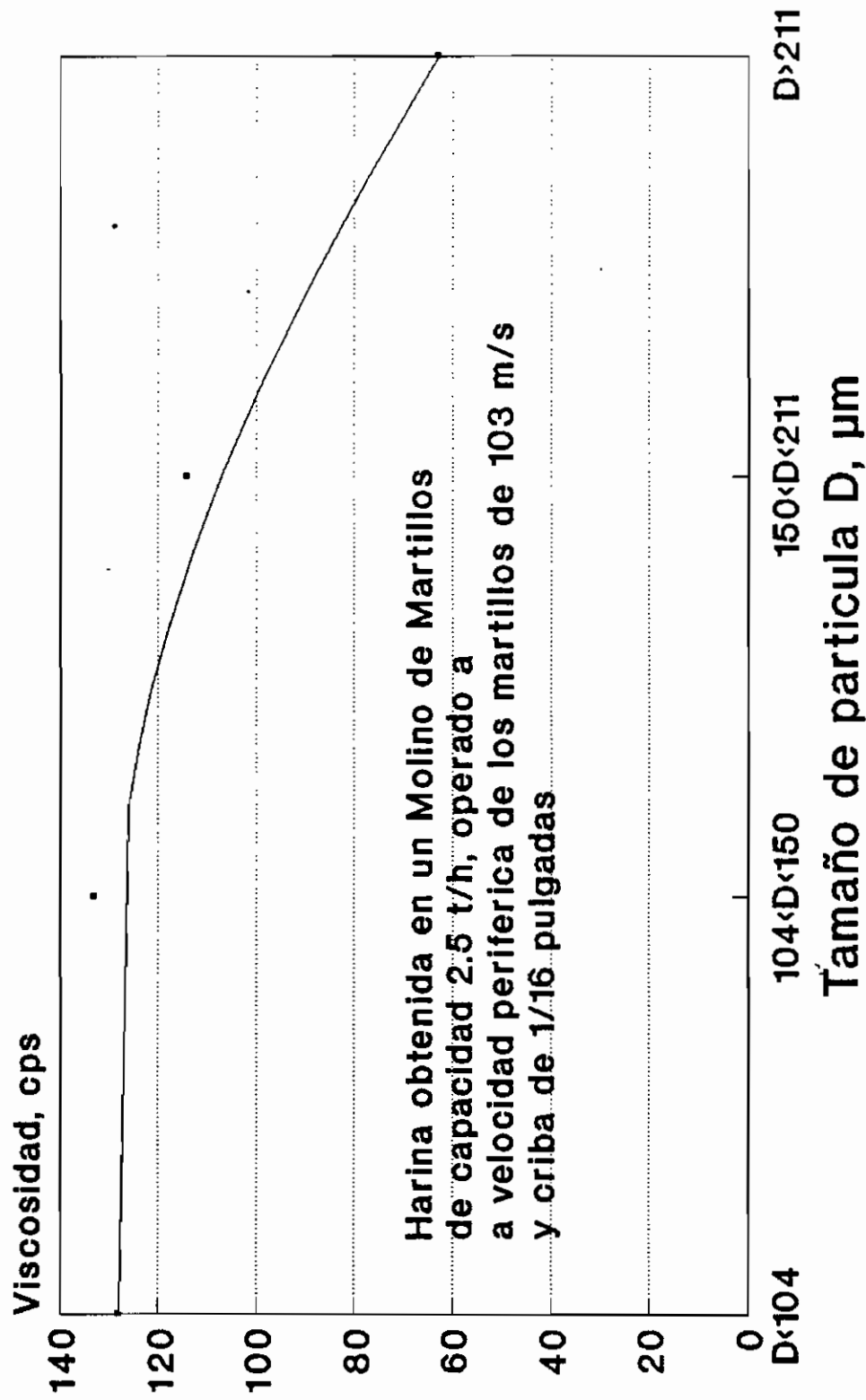
**CUADRO 2. Comparación de algunas características químicas en harinas y rípios obtenidos en un molino de martillos experimental operado con las cribas especificadas. Valores promedios de cada uno de los niveles de velocidad probados.**

Criba instalada (pulg.)	Harina			Rípio		
	C. fibra (% bs)	C. ceniza (% bs)	HCN (ppm)	C. fibra (% bs)	C. ceniza (% bs)	HCN (ppm)
3/8	2.2	1.6	31	5.5	2.2	56
1/4	2.2	1.6	36	6.2	2.5	66
3/16	2.5	1.6	44	6.9	2.4	63
1/8	2.2	1.6	33	6.9	2.4	64

### Conclusiones

1. El nivel de extracción de harinas, obtenido en un pase en molino de martillos y un tamiz, se incrementa significativamente al incrementar la velocidad periférica de los martillos y al reducir el tamaño de las perforaciones de la criba. Igualmente, se incrementa la proporción de finos en la harina. En estas pruebas se lograron obtener extracciones de harina superiores a 85%, como se había proyectado, con la criba de 1/8" (3.17 mm) y las velocidades superiores a 78 m/s. Sin embargo, la apariencia de la harina obtenida bajo estas condiciones se vió afectada por la presencia de epidermis café finamente triturada, resultando la harina de un color pardo.
2. Los contenidos de fibra cruda, ceniza y HCN total en las harinas no se afectaron significativamente debido a los cambios de velocidad y criba en los rangos estudiados.
3. El producto rípio (granulometría mayor de 212  $\mu\text{m}$ ) contiene mayor proporción de fibra (5.5-6.9%) y de HCN total (56-64 ppm).

**FIGURA 5. Viscosidad de harinas de yuca en relación con el tamaño de partícula \***



Viscosidad Brookfield en suspensiones acuosas al 4% gelatinizadas

4. Hay indicios de que las propiedades funcionales de las harinas pueden relacionarse con el grado de reducción de las partículas que la componen, el cual se afecta por la forma e intensidad de la fuerza mecánica con que se realice la molturación. Este aspecto requiere de un estudio particular.
5. En un sistema de molienda de trozos de yuca con cáscara para producir harina sin residuos de epidermis, el molino de martillos puede ser parte del proceso, conjuntamente con otros dispositivos de reducción de tamaño. El molino de martillos funcionaría como una máquina primaria de trituración siempre y cuando la velocidad periférica de los martillos se mantenga moderadamente baja, entre 25 a 60 m/s.

### **6.3.2 ESTUDIO II. ESTUDIOS DE PRODUCCION DE HARINA DE YUCA CON ALTERNATIVAS QUE INVOLUCRAN MAS DE UNA OPERACION DE REDUCCION DE TAMAÑO Y SEPARACION**

En el Estudio I se propuso la producción de harina con una sola operación de reducción de tamaño y separación. Con el propósito de estudiar procedimientos de molienda graduales, en este estudio se probaron esquemas compuestos por dos y tres reducciones de tamaño y tamizado.

Como equipo básico de reducción de tamaño se empleó un molino de rodillos de superficies estriadas y capacidad aproximada de 300 kg/h; el equipo de separación o extracción de la harina fue un tamizador cilíndrico con aspas rotatorias. En la FIGURA 6 se diagraman las alternativas o esquemas de producción de harina estudiados.

En la Alternativa 1 los trozos se trituraban o premolían en un molino de rodillos recubierto de una malla tipo expandida, produciéndose gránulos de yuca de aproximadamente 4-5 mm. Posteriormente, la yuca premolida se sometía a dos pases de reducción en el molino de rodillos, cada uno con separaciones en los rodillos de 300 y 38  $\mu\text{m}$  respectivamente.

En las seis alternativas restantes se suprimió la premolienda, y el pase a través del molino de rodillos con separación de 300  $\mu\text{m}$  se reemplazó por el de un molino de martillos. Todos los esquemas terminarón con una reducción de tamaño a través del molino de rodillos con separación a 38  $\mu\text{m}$ .

El molino de martillos usado en las Alternativas 2, 3 y 4 era de baja capacidad (300-500 kg/h; 2800 rpm, velocidad periférica de martillos de 25 m/s; 3 hp) y de costo relativamente bajo. El molino en las alternativas 5, 6, y 7 era de gran capacidad (2 ton/h; 3600 rpm, velocidad periférica de martillos de 106 m/s; 30 hp).

## Resultados y análisis

El CUADRO 3 resume los resultados sobre producciones y características físico-químicas de los productos obtenidos en todas las pruebas. Se incluyen los análisis de las harinas resultantes en cada operación de reducción, denominadas harinas de primera y de segunda, y del ripio final resultante en cada esquema de molienda. Conjuntamente con los esquemas de molienda, la FIGURA 6 muestra un resumen de los resultados globales de los análisis en la harina y ripio obtenidos en cada procedimiento.

Al analizar los resultados del CUADRO 3, se observó que las harinas resultantes en la primera extracción representaban una apreciable proporción del total de harina obtenida en el procedimiento global. Esto es importante si se observa que dichas harinas resultaron con menores contenidos de fibra que las harinas obtenidas en un segundo pase de molienda, lo que permite obtener una harina total con bajo contenido en fibra.

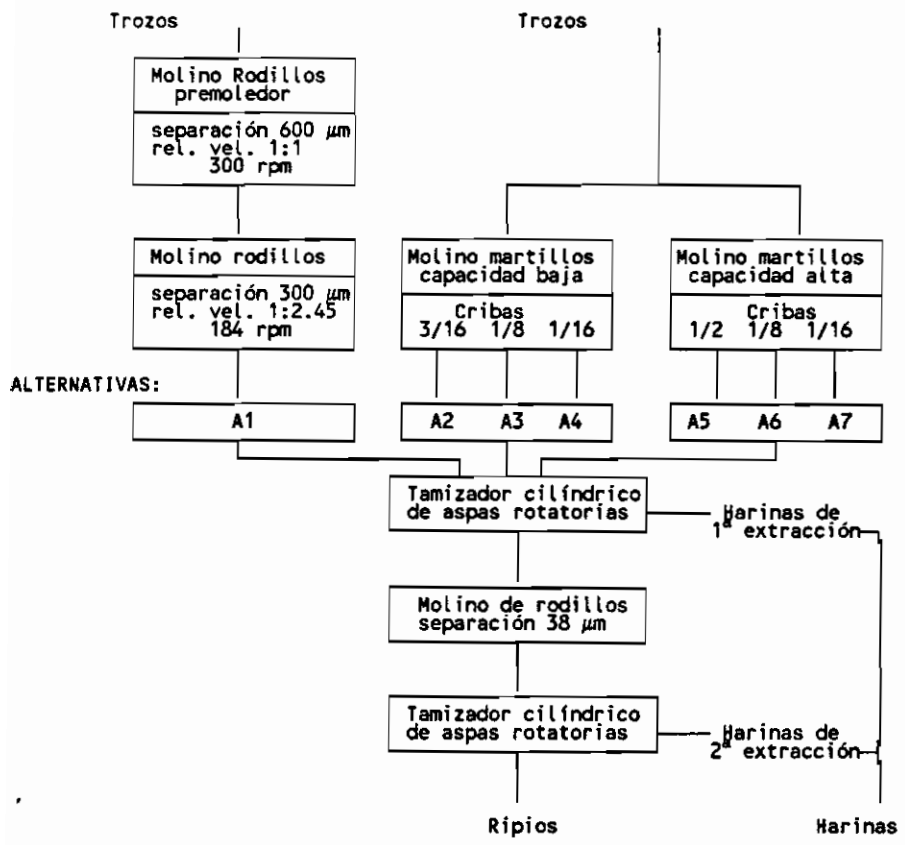
Aquellas alternativas cuyas primeras reducciones incluyeron el molino de rodillos, o el molino de baja capacidad, produjeron las harinas primarias con los más bajos contenidos de fibra (1.2-1.6%); estas harinas fueron de apariencia muy blanca y con pocos residuos de epidermis café.

En las pruebas que incluían el molino de martillos de alta capacidad, las harinas primarias representaron las mayores proporciones del total de harina producida, y adicionalmente, con los mayores contenidos de fibra (2.0-2.2%). Esto indica que éste equipo realizaba la reducción de tamaño con una acción más vigorosa como resultado de su mayor energía cinética, comparable a la del molino ensayado en los estudios previos con velocidades en martillos de 91 y 103 m/s; esta harina, por lo tanto, era de color pardo y con muchos residuos de epidermis café.

Respecto al contenido de ceniza en las harinas, no se observa ningún efecto relacionado con el método de molienda; el rango de esta medida fue 1.3 a 1.6%.

Al comparar la granulometría del producto luego de los pases primarios de molienda y del producto obtenido después del primer pase de separación en la tamizadora cilíndrica, se observó un efecto importante de reducción de tamaño al pasar el producto a través de la tamizadora, resultante del impacto de las aspas rotatorias. Con los datos del CUADRO 4 se demuestra lo observado previamente.

En general, observando la FIGURA 6, la extracción total de harina en las diferentes alternativas fue aceptable (76-87%), y el contenido de finos en la harina estuvo en proporciones bastante altas (74-80%), causado principalmente por el efecto de molienda de la tamizadora cilíndrica en las alternativas que incluían el molino de rodillos y el molino de martillos de baja capacidad en las reducciones primarias. En el



RESUMEN DE RESULTADOS:

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Harina extraída, %	79	76	77	83	84	87	85
Finos en harina, %	76	76	74	76	80	77	76
Fibra en harina, %	1,7	1,5	1,6	1,7	2,2	2,3	2,3
Ceniza en harina, %	1,3	1,3	1,5	1,5	1,6	1,4	1,5
HCN en harina, ppm	26	30	28	28	28	29	53
Viscoc. harina, cps	181	237	205	177	110	140	159
Fibra en ripio, %	10,2	9,4	8,9	9,2	12,7	12,6	15,6
HCN en ripio, ppm	46	53	54	55	55	53	64

**FIGURA 6. Esquemas de molienda en las alternativas analizadas en el Estudio II. Se incluye un resumen de resultados para una mejor visualización en relación con cada esquema de molienda.**

**CUADRO 3. Resultados de análisis físico-químicos en muestras de harinas y rípios obtenidas en pruebas con molinos y un tamizador cilíndrico de aletas rotatorias, ensamblados en varias alternativas de molienda de acuerdo a la FIGURA 6.**

Método de producción	Producto	Humedad (% bh) (2)	Proporción de producto (%)	Finos (% bs) (3)	Fibra (% bs)	Ceniza (% bs)	HCN (ppm) (4)	Viscosidad en harinas (cps) (5)
A1 (1)	Harina 1	12,8	63	78	1,6	1,2	25	--
	Harina 2		16	66	2,1	1,7	31	181
	Rípio		21		10,2	2,7	46	
A2	Harina 1	12,9	58	79	1,2	1,2	28	227
	Harina 2		18	68	2,5	1,7	35	312
	Rípio		24		9,4	2,8	53	
A3	Harina 1	12,9	63	77	1,3	1,4	27	196
	Harina 2		14	63	2,9	1,7	31	230
	Rípio		23		8,9	2,8	54	
A4	Harina 1	12,7	71	80	1,4	1,4	27	177
	Harina 2		12	61	3,3	1,9	32	--
	Rípio		17		9,2	2,8	55	
A5	Harina 1	13,3	75	83	2,2	1,5	27	109
	Harina 2		9	58	2,6	2,1	36	123
	Rípio		16		12,7	3,3	55	
A6	Harina 1	13,1	79	80	2,1	1,4	28	141
	Harina 2		6	51	3,8	1,9	39	129
	Rípio		13		12,6	3,4	53	
A7	Harina 1	12,8	77	79	2,0	1,5	55	165
	Harina 2		8	51	5,1	2,1	40	106
	Rípio		15		15,6	3,5	64	

- Notas:
1. Nomenclatura en relación con la FIGURA 6
  2. Valor promedio del producto harina total (harina 1<sup>a</sup> y harina 2<sup>a</sup>)
  3. Proporción de material con granulometría inferior a 104  $\mu\text{m}$  en las harinas.
  4. Ácido cianhídrico total
  5. Viscosidad Brookfield de suspensión cocinada de harina.

caso de las alternativas con el molino de martillos de alta capacidad y energía de trituración con cribas de 1/8 y 1/16", el contenido alto de finos se debió a este equipo.

En relación con la viscosidad, se pueden identificar dos rangos: (i) uno de 177 a 237 cps correspondientes a las alternativas que incluyeron, en el primer pase de molienda, el molino de rodillos y el molino de martillos de baja capacidad, y (ii) otro rango, de 110 a 159 cps, obtenido con las alternativas del molino de martillos de alta capacidad.

La razón de estas diferencias no es fácil de explicar a la luz del resto de información disponible; solo se observa que las harinas del segundo grupo de viscosidades tenían los mayores contenidos de fibra, como se mostró previamente.

**CUADRO 4. Comparación de las proporciones de harina en los productos de la primera reducción y después del pase por la tamizadora cilíndrica de aspas rotatorias.**

Alternativa <sup>1</sup>	Proporción de harina obtenida en la primera reducción de tamaño (%)	Proporción de harina total separada en la tamizadora (%)
A1	27	63
A2	26	58
A3	44	63
A4	49	71
A5	55	75
A6	74	79
A7	81	77

<sup>1</sup> Alternativas de molienda de acuerdo a los esquemas de la FIGURA 6.

Aunque no se obtuvo esta información, es posible que la proporción de partículas muy finas (menores de 53  $\mu\text{m}$ ) en las harinas con el mayor rango de viscosidades, haya incidido en estas medidas; ya se mencionó que los finos en estas harinas se debían en gran proporción a los dos pases a través de la tamizadora cilíndrica. De todas maneras, los diferentes métodos de molienda sí pueden influir en este aspecto y, por lo tanto, en las propiedades funcionales de las harinas. Esto se investigará más profundamente mediante obtención de viscoamilogramas, medidas de capacidad de retención de agua, entalpia de gelatinización y almidón dañado, y pruebas de horneado, entre otras.

### Conclusiones

1. La producción de harina en forma gradual mediante operaciones sucesivas de reducción de tamaño y tamizado, usando equipos de capacidad 200-300 kg/hr, fue sensiblemente incrementada por el trabajo realizado por la tamizadora cilíndrica de aspas rotatorias, obteniéndose incrementos hasta del 36% en la cantidad de harina.
2. La harina de mejor apariencia, de color blanco y pocos residuos de epidermis café, y el menor nivel de fibra, de 1.5 a 1.7%, se obtuvo con los equipos que



realizaban la molienda primaria de una forma moderada; éstos fueron el molino de rodillos con separación entre masas de 300  $\mu\text{m}$ , y el molino de martillos de baja capacidad y baja energía disponible de trituración. Esto muestra la ventaja de extraer la mayor cantidad de harina posible en los primeros pasos de molienda suave, sin sobrereducir los componentes que puedan afectar la apariencia final de la harina.

### **6.3.3 ESTUDIO III. ESTUDIO COMPARATIVO DE VARIOS ESQUEMAS DE PRODUCCION DE HARINA QUE INCLUYEN UN TAMIZADOR CILÍNDRICO DE ALETAS ROTATORIAS QUE TRABAJA TAMBIEN COMO REDUCTOR DE TAMAÑO**

Los resultados obtenidos en el Estudio II condujeron a plantear un estudio comparativo de varias alternativas de producción de harina, tal como aparece en la FIGURA 7, con la idea de diseñar una máquina sencilla de producción de harina refinada de yuca de capacidad de 200 a 300 kgs/hr.

Las cuatro primeras alternativas corresponden a esquemas probados en los estudios previos y se incluyen como referencia.

En la quinta y sexta alternativa se excluyó el molino de rodillos como equipo básico para la reducción secundaria y se reemplazó por la tamizadora cilíndrica de espas que rotan a 1800 rpm, equipo que mostró la capacidad simultánea de separación y molienda.

La séptima alternativa simuló abreviadamente el proceso de producción de harina de trigo, iniciándose con la premoledora trabajando con los cilindros rotando a igual velocidad, 300 rpm.

En las últimas dos alternativas, el proceso se simplificó en cuanto al tipo de máquinas utilizadas. Los procesos se efectuaron mediante un paso por la premoledora, con sus rodillos girando a diferentes velocidades y pasos posteriores repetidos por la tamizadora cilíndrica hasta que se alcanzaba una extracción de harina superior al 85%.

En la Alternativa 8, la tamizadora inicialmente estuvo provista de un cilindro metálico sin perforaciones que no permitía la separación de partículas, actuando en este caso como un molino para la reducción primaria (molino cilíndrico de espas rotatorias).

En la Alternativa 9, la tamizadora cilíndrica trabajó con una malla expandida con agujeros de 2.38 mm que facilitó la eliminación de un primer "ripio" que contenía muchos segmentos de fibra largos y puntiagudos, con capacidad de dañar las mallas finas de la tamizadora en la últimas fases del proceso.

## Resultados y análisis

Conjuntamente con la FIGURA 7 se resumen los resultados de los análisis físico-químicos en muestras de harinas tomadas del producto final de las alternativas probadas.

En las nuevas alternativas incorporadas en este estudio, A5 a A9, las extracciones totales de harina fueron altas, de 79-90%. El contenido de cenizas en las harinas, al igual que en los estudios previos, permaneció en todos los casos en niveles de 1.3 a 1.7%. El contenido de HCN total siempre fue inferior a 40 ppm.

La incorporación de la tamizadora cilíndrica en reemplazo del molino de rodillos a 38  $\mu\text{m}$  (comparando alternativas A3 y A5), incrementó la proporción de finos en la harina, e igualmente el contenido de fibra, de 1.5 a 2.9%.

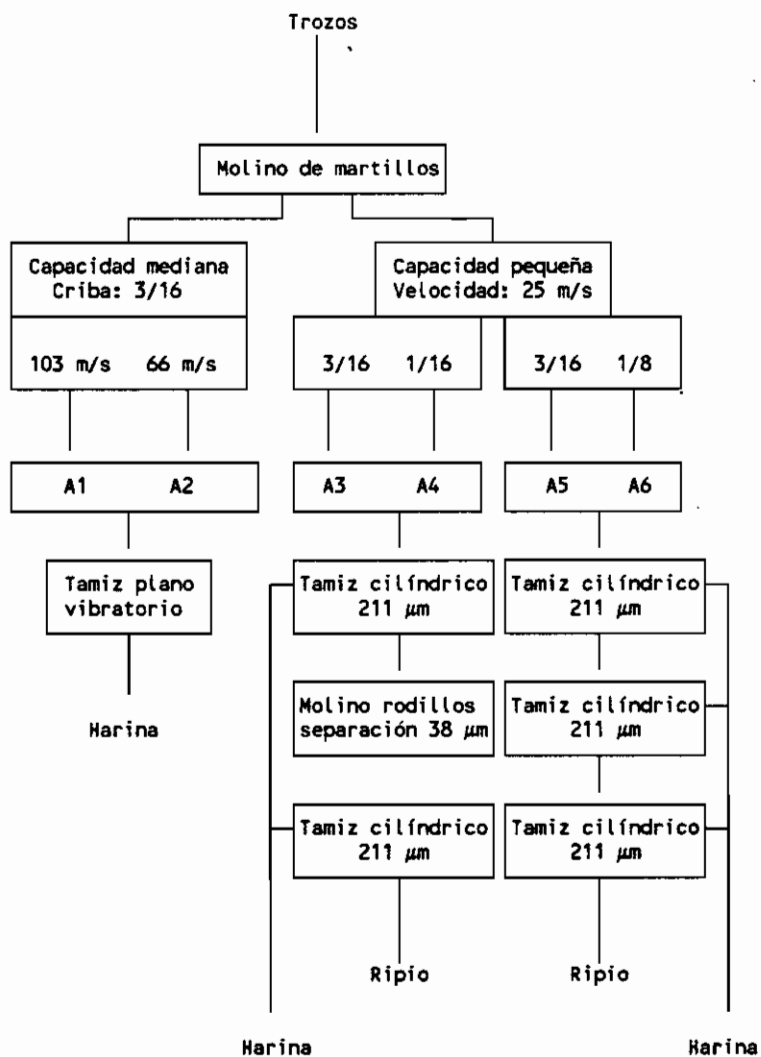
Aunque la alternativa de producción de harina a base de molinos de rodillos (A7) tuvo resultados satisfactorios, al considerar aspectos económicos y de simplicidad son más promisorias las alternativas que incluyen el molino de baja capacidad como un único equipo para la reducción primaria. Dentro de estas alternativas, aquellas que incluyen la tamizadora cilíndrica de aspas rotatorias como equipo para reducción secundaria presentaron mayores extracciones de harina (87-89%) pero también mayores contenidos de fibra; este último aspecto se puede limitar reduciendo la velocidad de las aspas a menos de 1800 rpm.

Se observó que la alternativa que incluyó el molino cilíndrico de aspas rotatorias (A8) dejaba libres fibras bastante grandes y puntiagudas que posteriormente se incrustaban y causaban daño en la malla de 210  $\mu\text{m}$  de la tamizadora. Por ésta razón, dicha alternativa no se consideró apropiada.

En la alternativa que incluyó el tamiz cilíndrico con una malla expandida de 2.38 mm (A8), la extracción de harina fue de las más altas, 90%; el color blanco de la harina con muy pocos residuos de epidermis café fue muy aceptable. Esta opción es aceptable, al igual que las alternativas 5 y 6.

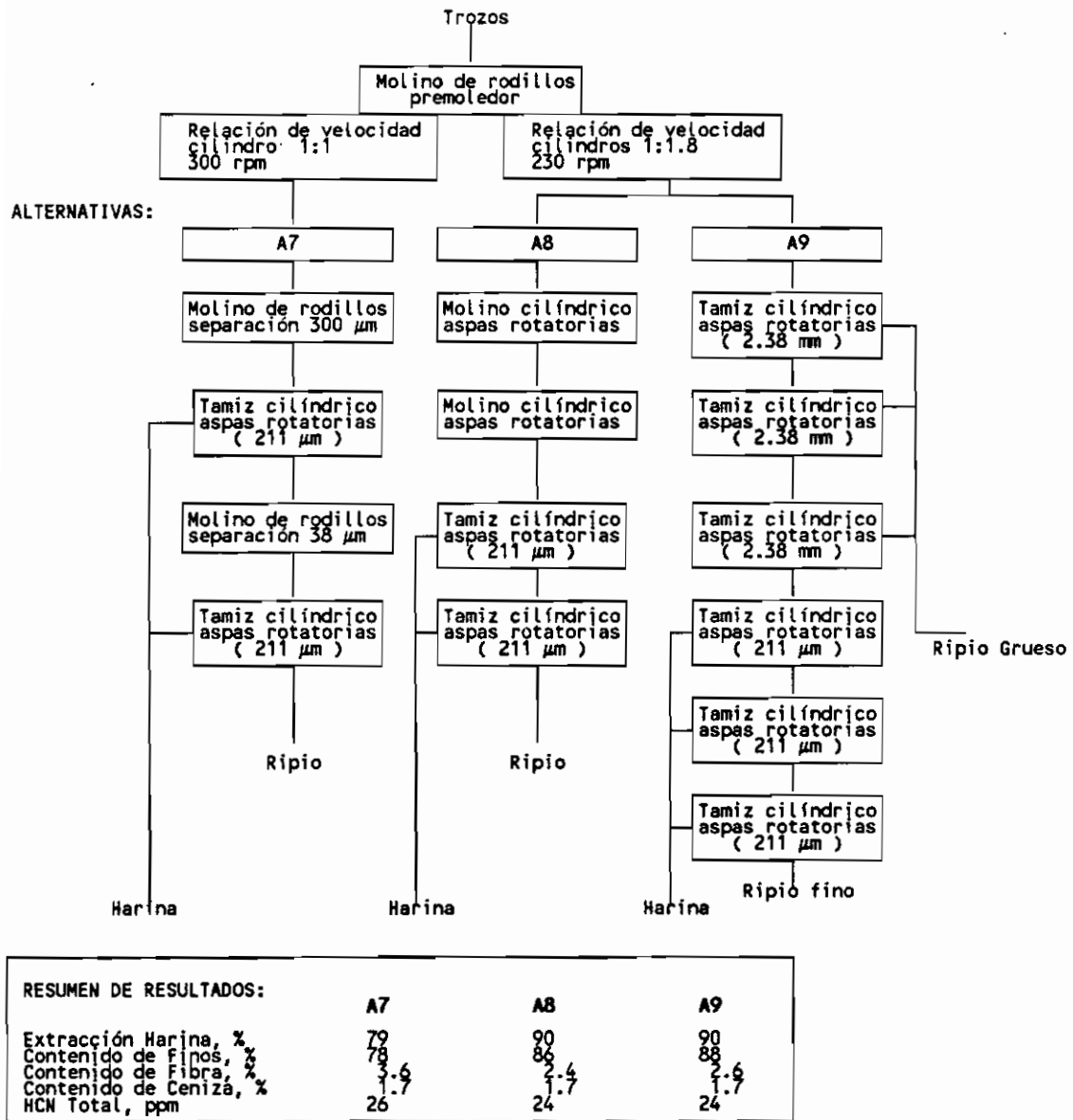
## Conclusiones

1. La obtención de harina de yuca mediante cilindros con mallas y aspas rotatorias a velocidades alrededor de 1800 rpm, los cuales simultáneamente trituran y clasifican, constituyó una opción bastante aceptable debido a la alta extracción de harina, 85-90%, buena apariencia del producto y simplicidad del sistema. La calidad fue adecuada en términos de HCN total, fibra cruda y ceniza.
2. En consecuencia, se concibió un sistema (Ver FIGURA 8) que se compondría de dos módulos básicos: el primero, un molino de martillos de baja capacidad ó



RESUMEN DE RESULTADOS:						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Harina extraída, %	75	58	76	83	87	89
Finos en harina, %	50	36	76	77	83	80
Fibra en harina, %	2.9	2.6	1.5	1.7	2.9	2.5
Ceniza en harina, %	1.7	1.5	1.3	1.5	1.7	1.7
HCN en harina, ppm	31	39	30	28	30	25

**FIGURA 7. Esquemas de molienda en las alternativas analizadas en el Estudio III. Se incluye el resumen de resultados para una mejor visualización en relación con cada esquema de molienda.**



**FIGURA 7. (Continuación) Esquemas de molienda en las alternativas analizadas en el Estudio III. Se incluye el resumen de resultados para una mejor visual relación con cada esquema de molienda.**

un molino de rodillos, haría la reducción primaria o gruesa; el segundo módulo, conformado por dos tamices cilíndricos y aspas rotatorias, haría la reducción de tamaño fina y la extracción de la harina refinada separándola del ripio. El sistema se basó en las alternativas 5, 6 y 9.

La configuración final del equipo se definirá en base a los rendimientos y calidades de las harinas conseguidos en las dos alternativas que incluyen como equipo primario de molienda ya sea un molino de martillos de baja capacidad o un molino de rodillos revestido de malla expandida

#### **6.3.4 ESTUDIO IV. COMPARACION DE CALIDADES DE HARINA PRODUCIDAS EN UN MOLINO-TAMIZADOR DE CILINDRO Y ASPAS ROTATORIAS Y EN OTROS EQUIPOS DE MOLIENDA Y SEPARACION**

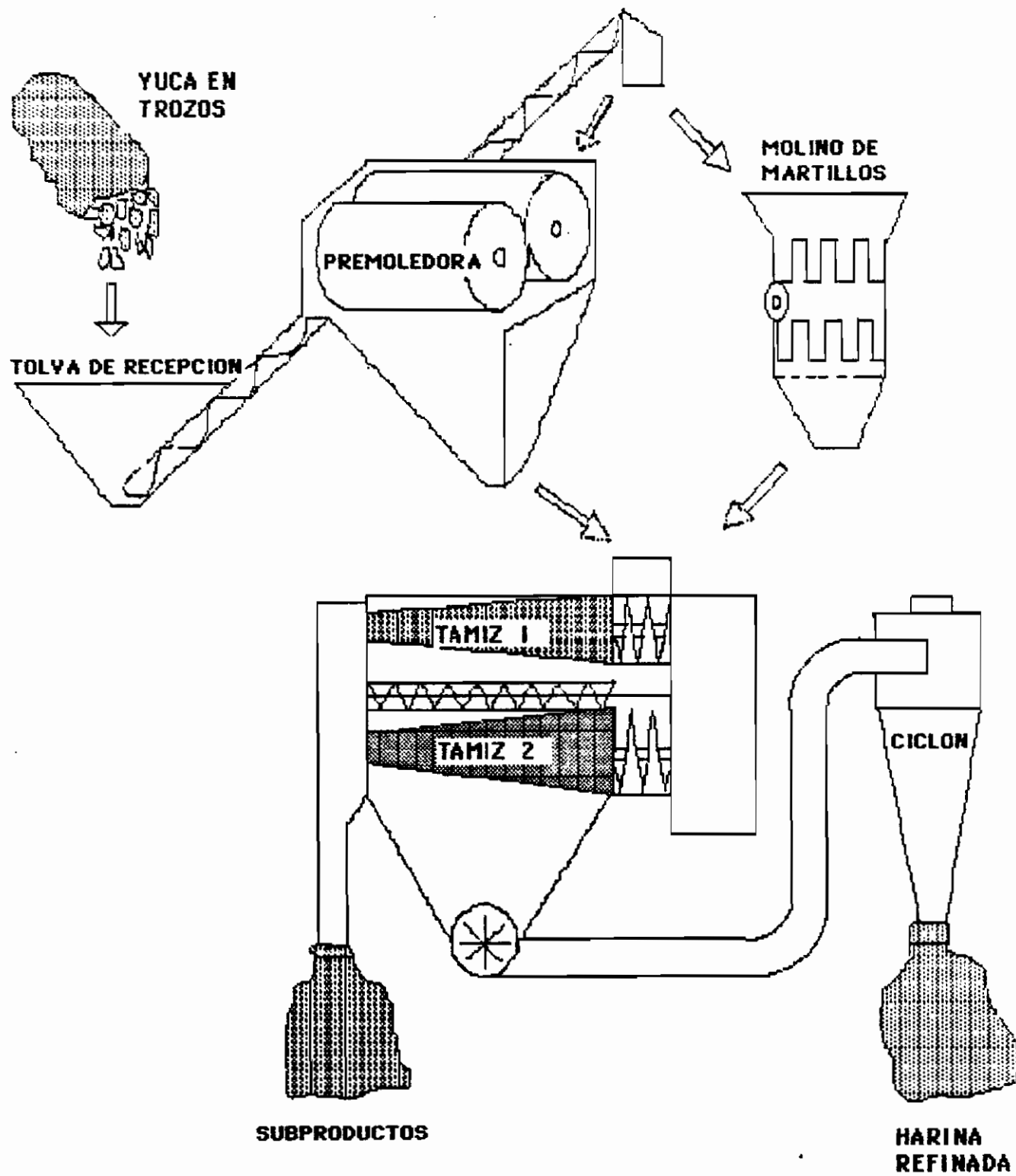
Como se anotó en el Estudio III, se concibió el diseño inicial de un equipo compacto de producción de harina con dispositivos de molienda fina y tamizado, integrados en cilindros y aspas rotatorias. Este equipo podría alimentarse con trozos secos pretriturados en un molino de martillos operado alrededor de 2500 rpm ó en un molino de rodillos con revestimiento superficial de malla expandida, y con los cilindros trabajando a velocidades en relación de 1:1.8 (230 rpm : 414 rpm). De acuerdo a la FIGURA 8, en donde se esquematiza la idea de este equipo, la primera unidad de molienda y tamizado (tamiz 1) equivale a los tres primeros pases en la Alternativa 8 del Estudio III, y la segunda unidad (tamiz 2) corresponde a los tres últimos pases de la alternativa en mención.

Se realizó el diseño mecánico del equipo y se construyó un prototipo (proyecto de grado de estudiantes de Ingeniería Mecánica, Universidad del Valle).

Se hicieron varias pruebas preliminares con el prototipo para evaluar la composición físico-química de las harinas obtenidas a partir de trozos secos de cuatro variedades de yuca. Es necesario anotar que el prototipo se alimentó con yuca seca premolida obtenida en el molino de rodillos revestido con malla expandida.

Al término de la presentación de este informe, el desempeño del equipo en cuanto a capacidad, fluidez del material a través de los dispositivos de molienda, tamizado y evacuación, se esta evaluando, y esta siendo sometido a ajustes en las condiciones de funcionamiento, especialmente las velocidades de las aspas y a refinamientos de tipo mecánico.

En el CUADRO 5 se resumen los resultados de los análisis en las harinas obtenidas en este estudio.



**FIGURA 8.** Diseño de un sistema de producción de harina refinada de yuca a pequeña escala.

**CUADRO 5. Composición de las harinas de yuca producidas en el equipo prototipo molino-tamizador cilíndrico de aspas rotatorias y comparación con las producidas en otros equipos convencionales.**

Equipo	Materia prima variedad yuca	Humedad (% , bh)	Harina extraída (%)	Fibra cruda (% , bs)	Ceniza total (% , bs)	Viscosidad en suspensión (cps)
Molino-tamizador cilíndrico de aspas rotatorias	CMC-76	10.5	85	1.4	1.6	160
	M Col	9.8		2.0	1.9	119
	1684	11.4		1.7	1.3	221
	CG 955-2	10.1		1.4	1.7	100
	CM-523-7					

### Conclusiones

Estos resultados preliminares mostraron que el sistema reprodujo los resultados esperados, observándose que la extracción de harina estuvo bastante aceptable (85-87%), el contenido de fibra inferior a 2.0%, el de ceniza en el mismo rango de todas las experiencias previas (1.3-1.9%), y la apariencia de las harinas muy blancas y con bajos residuos de epidermis café. Las viscosidades de las suspensiones de las harinas cocinadas aparece como referencia para estudios futuros sobre propiedades funcionales de harina de yuca.

## **ANEXO 1. PROYECTO: PRODUCCION Y MERCADEO DE HARINA DE YUCA PARA CONSUMO HUMANO**

SUBPROYECTO: Estudios de producción de harina (molinería)

**INSTRUCTIVO PARA DETERMINAR LA VISCOSIDAD DE ALMIDON GELATINIZADO EN SUSPENSION ACUOSA (Harina y almidón puro)**

1. Determine el contenido de materia seca o contenido de humedad de la muestra. Usar el método estandarizado para harinas de yuca.
2. Prepare con la muestra 500 ml de suspensión acuosa al 4% (peso en base seca de muestra/volumen agua).
3. Proporcionando **continuamente el mismo tipo y vigor de agitación**, caliente la suspensión hasta llevarla a 95 °C. Suspender de inmediato el calentamiento cuando se alcance esta temperatura. Déjela enfriar (siempre a la misma rata o velocidad - **con agitación continua y constante**) hasta 36 °C.
4. Usando el viscosímetro Brookfield, determine la viscosidad de la suspensión cocinada cuando esta llegue a 30 °C (siempre a esta temperatura). Registre la viscosidad indicada, el número de la aguja (spindle) usada en el viscosímetro y la velocidad de rotación de la misma durante la medición.

Nota: Consulte el instructivo de operación del VISCOSIMETRO DIGITAL BROOKFIELD.

**EN EVALUACIONES RUTINARIAS DE MUESTRAS, EL TIPO Y VIGOR DE LA AGITACION, LA TASA DE INCREMENTO DE TEMPERATURA, Y EL TIEMPO DE COCCION DEBEN REPRODUCIRSE DE MUESTRA A MUESTRA.**



**CUADRO A2.1 Resultados de análisis de muestras de harina y rípios obtenidos en ensayos en el molino de martillos, con tres repeticiones cada una\***

Agujero Criba	Velocidad martillos	Repetición #	Producto	Humedad (% bh)	Harina (%)	Finos (%)	Fibra (% bs)	Ceniza (% bs)	HCN T ppm	HCN L ppm
4.78 mm 3/16"	68 m/s 4200 rpm	1	Harina	12.80	51.8	29	1.8	1.5	28	65
		2		13.08	62.8	41	2.5	1.5	34	21
		3		13.68	60.7	39	3.3	1.6	54	42
		1	Ripio				6.7	2.4	38	21
		2					6.8	2.3	56	11
		3					5.3	2.2	97	8
	78 m/s 5000 rpm	1	Harina	13.33	68.1	42	3.0	1.6	24	67
		2		13.41	70.3	41	2.3	1.5	28	18
		3		13.47	58.9	37	2.0	1.5	39	49
		1	Ripio				7.8	2.3	41	17
		2					7.8	2.4	52	15
		3					5.8	2.2	75	8
	91 m/s 5800 rpm	1	Harina	11.51	72.0	44	2.1	2.0	84	93
		2		13.08	70.8	46	2.7	1.8	31	16
		3		11.52	68.7	43	1.8	1.6	112	62
		1	Ripio				4.4	2.4	170	22
		2					7.9	2.5	53	17
		3					6.0	2.2	180	8
103 m/s 6600 rpm	1	Harina	12.97	78.2	52	3.3	1.6	26	92	
	2		13.28	78.1	51	3.3	1.7	32	12	
	3		12.87	72.2	48	2.2	1.6	34	47	
	1	Ripio				8.9	2.6	47	26	
	2					7.6	2.8	57	12	
	3					8.3	2.6	70	7	
3.17 mm 1/8"	68 m/s 4200 rpm	1	Harina	13.01	75.0	52	2.7	1.5	26	85
		2		13.87	66.6	43	2.3	1.6	29	45
		3		13.49	63.3	40	2.3	1.5	31	26
		1	Ripio				6.5	2.3	51	16
		2					6.8	2.5	52	13
		3					6.2	2.5	57	11
	78 m/s 5000 rpm	1	Harina	13.35	76.9	48	2.2	1.5	28	32
		2		13.51	75.0	52	2.0	1.5	26	62
		3		13.20	69.9	51	2.3	1.7	32	56
		1	Ripio				7.7	2.5	52	21
		2					7.4	2.4	51	14
		3					7.6	2.5	64	17
	91 m/s 5800 rpm	1	Harina	13.43	92.8	66	2.3	1.5	30	30
		2		13.40	91.9	66	2.5	1.6	31	42
		3		12.83	89.6	60	1.9	1.5	49	51
		1	Ripio				7.3	2.5	55	14
		2					8.3	2.6	60	10
		3					6.4	2.2	100	12
103 m/s 6600 rpm	1	Harina	13.27	96.2	63	1.9	1.7	29	79	
	2		13.60	92.5	67	1.7	1.6	30	27	
	3		12.62	100.0	70	2.0	1.8	50	62	
	1	Ripio				6.4	2.5	51	16	
	2					6.2	2.6	56	12	
	3					5.9	2.2	109	6	

\* En total fueron 48 pruebas y se analizaron 96 muestras entre harinas y rípios.

**CUADRO A2.2. Resultados del análisis de varianza de los factores velocidad de los martillos y tamaño de perforación de criba sobre: extracción de harina, proporción de finos en la harina, contenido de fibra, de ceniza, y contenido de ácido cianhídrico total, en las pruebas de producción de harina de yuca en un molino de martillos operado a velocidades de los martillos entre 66 y 103 m/s.**

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Promedio de Cuadrados	Valor de F	Probabilidad *
<u>Extracción de harina</u>					
Replicaciones	2	36.780	18.390	1.268	0.2959
Velocidad	3	2925.164	975.055	67.259	0.0000
Criba	3	5795.977	1931.992	133.269	0.0000
Velocidad x Criba	9	317.650	35.294	2.434	0.0326
<u>Finos en la harina</u>					
Replicaciones	2	204.542	102.271	3.188	0.0555
Velocidad	3	1937.063	645.688	20.133	0.0000
Criba	3	3977.396	1325.799	41.339	0.0000
Velocidad x Criba	9	284.354	31.595	0.9852	
<u>Contenido de fibra</u>					
Replicaciones	2	0.109	0.055	0.2994	
Velocidad	3	0.869	0.290	1.5845	0.2137
Criba	3	1.142	0.381	2.0820	0.1236
Velocidad x Criba	9	1.803	0.200	1.0956	0.3951
<u>Contenido de ceniza</u>					
Replicaciones	2	0.250	0.125	3.1754	0.0561
Velocidad	3	0.236	0.079	1.9919	0.1364
Criba	3	0.072	0.024	0.6111	
Velocidad x Criba	9	0.174	0.019	0.4890	
<u>Contenido de HCN</u>					
Replicaciones	2	2979.032	1489.516	8.7915	0.0010
Velocidad	3	1040.869	346.956	2.0478	0.1283
Criba	3	1226.802	408.934	2.4136	0.0861
Velocidad x Criba	9	4192.008	465.779	2.7491	0.0180

\* Diferencia significativa al nivel del 0.0001 de probabilidad.

## 6.4 CALIDAD DE PRODUCTOS SECOS DE YUCA DURANTE SU ALMACENAMIENTO PROLONGADO

Por: Alejandro Fernández (Profesor UNIVALLE), Carlos Vélez (Profesor UNIVALLE) y Lisímaco Alonso (CIAT)

### 6.4.1 INTRODUCCION

La yuca fresca es un producto muy perecible y su deterioro ocurre rápidamente a causa de factores endógenos fisiológicos y fitopatológicos. Es universalmente conocido que la reducción de la actividad de agua de los alimentos mediante el secado es un método efectivo para prolongar la vida útil del producto. En consecuencia, los productos secos de yuca deben ser más estables que las raíces frescas.

En Colombia, la producción de productos secos de yuca como trozos y harina, es técnica y económicamente factible (CIAT, IIT, UNIVALLE; 1988).

El proyecto de "Producción y Mercadeo de Harina de Yuca para Consumo Humano" (CIAT, DRI, UNIVALLE; 1988), diseñado para estudiar las condiciones para el establecimiento en Colombia de una agroindustria de producción de harina y trozos secos de yuca para consumo humano, contempló el estudio de la estabilidad en la calidad de dichos productos durante su almacenamiento.

Piedrahita y otros (1987), hicieron observaciones de calidad en muestras de trozos secos y de harina de yuca con humedad inicial del 10.3%, almacenadas y envasadas en sacos de papel, polipropileno y lienzo. Los materiales se almacenaron en condiciones ambientales naturales en una bodega del CIAT en Palmira durante 8 meses. La temperatura y humedad relativa promedio en la bodega durante dicho período fueron respectivamente de 24°C y 70%. Ninguno de los materiales de empaque fue totalmente impermeable al flujo de vapor de agua entre el ambiente y los productos y viceversa; las muestras envasadas en papel presentaron los menores cambios en su contenido de humedad, el cual estuvo entre 10.5 y 9.2% en las 8 semanas. En este período de almacenamiento se observó una infestación moderada, de 1 a 5 insectos por kg. de harina, especialmente de Tribolium castaneum. También encontraron Lasioderma serricorne y Rhizoperta dominica. No se apreciaron cambios en la calidad organoléptica de las muestras.

McFarlane (1982), al revisar la información existente sobre el almacenamiento de productos secos de yuca como trozos, harina, peletizados, almidón, etc., indica que su deterioro se debe primariamente a factores exógenos tales como hongos, bacterias, insectos y roedores, y no a factores fisiológicos endógenos, como es el caso de yuca fresca. Al igual que ocurre con otro tipo de productos duraderos, un contenido de humedad apropiadamente bajo es un factor esencial para reducir al mínimo el ataque de hongos e insectos.

En los estudios con granos cereales, varios investigadores han demostrado que las humedades críticas para el almacenamiento son aquellas en equilibrio con ambientes alrededor de 65-70% de humedad relativa (o actividad de agua del producto entre 0.65 y 0.70), condición ésta que es la mínima, a 25-30°C, para que germinen las esporas de los hongos más resistentes a ambientes secos, generalmente especies del *Aspergillus glaucus*, (Christensen, 1982). Estudios adelantados sobre equilibrio higroscópico de trozos y harinas de yuca (Roa, 1974; Domínguez y Gómez, 1986; Cuartas y Ayala, 1991) indican que las humedades de dichos productos correspondientes a actividades acuosas entre 0.65 y 0.68 son así: (i) para trozos, 12.6-13.5%, y (ii) para harina, 13.4-13.8%; ambas a 30°C, de acuerdo a las FIGURAS 1 y 2.

En el resumen presentado por McFarlane, 1982, se indica que las especies de hongos del género *Aspergillus*, en particular *A. flavus*, son las principales encontradas en productos secos de yuca. En relación con infestaciones por insectos, se reportan, principalmente, el ataque de *Lasioderma serricone*, *Lyctus brunneus*, *Aracerus fasciculatus*, *Rhyzoperta dominica* y *Bostrychoplites cornutus*.

#### 6.4.2 OBJETIVOS

1. Conocer la estabilidad físico-química y microbiológica de trozos secos y harina de yuca empacados en sacos de polipropileno y almacenados a condiciones ambientales naturales en bodegas de diferentes localidades del país.
2. Determinar la factibilidad técnica de almacenamiento de yuca seca sin cambios importantes en su calidad.
3. Diseñar un conjunto de recomendaciones para el manejo adecuado de productos de yuca.

#### 6.4.3 METODOLOGIA

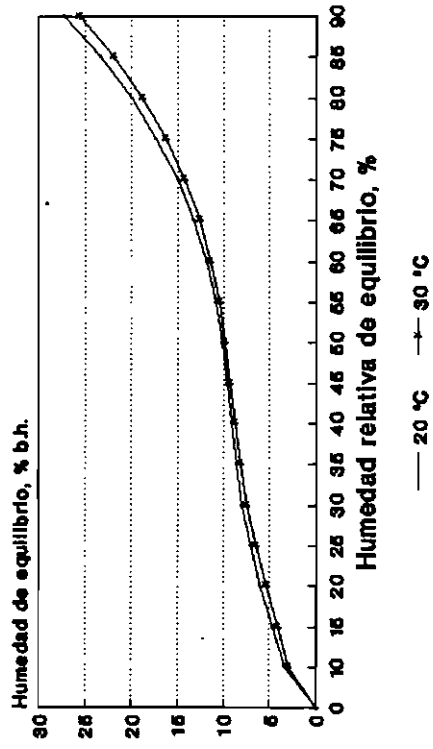
Se prepararon dos lotes de yuca con las siguientes especificaciones:

**Lote 1:** 250 kgs de trozos de yuca seca, procesados con las especificaciones técnicas y sanitarias para obtener un producto apto para consumo humano.

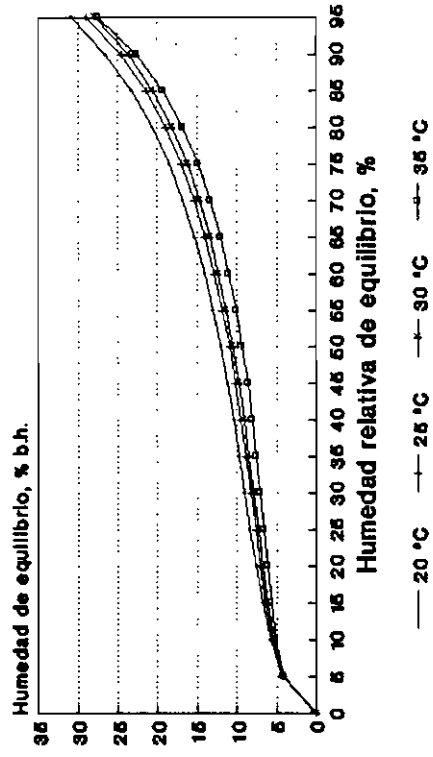
**Lote 2:** 250 kgs de harina integral de yuca sin tamizar con iguales características de calidad que el anterior.

Los materiales anteriores se obtuvieron en los equipos de procesamiento de la Sección de Utilización de Yuca del CIAT a partir de una mezcla de raíces de yuca de las variedades dulces CMC-40, HMC1 y HMC2, procesadas así:

**FIGURA 1**  
Curvas de equilibrio higroscópico de  
trozos de yuca



**FIGURA 2**  
Curvas de equilibrio higroscópico de  
harina de yuca



Lote 1: lavado y trozado mecánico, descarga en carro con revestimiento de acero inoxidable, secado artificial en capa profunda (0.25-0.3 m) con aire a 60°C hasta una humedad de 12-13%; el producto se mezcló cada 2 horas para uniformizar el secamiento, y empaque del producto seco. El tiempo de secado fue de 8 a 9 horas.

Lote 2: se obtuvo en un molino de martillos a partir de trozos secos obtenidos del Lote 1. Para garantizar la homogeneidad en la calidad inicial de los productos en cada lote, los materiales se mezclaron intensamente sobre lonas plásticas debidamente desinfectadas.

Los lotes preparados se empacaron en bolsas de polipropileno en cantidades de 30 kgs, y se distribuyeron por partes iguales en bodegas del Instituto de Mercadeo Agropecuario (IDEMA) localizadas en Montería (50 msnm en la Costa Atlántica), Fontibón (2700 msnm en el centro), y Palmira (950 msnm en el sur-occidente), en donde permanecieron almacenadas por 12 meses desde Febrero 4/90. Las condiciones ambientales de temperatura diferían sensiblemente entre los lugares de almacenamiento. (ver CUADRO 1).

Se debe anotar que los lotes estuvieron temporalmente almacenados en una bodega del CIAT de Diciembre 30/89 a Enero 27/90, antes de ser trasladados a su almacenamiento definitivo.

Cada 30 a 40 días los jefes de los laboratorios de control de calidad del IDEMA retiraban muestras de los lotes y las enviaban para análisis a los laboratorios de Utilización de Yuca del CIAT y de Control de Calidad de Alimentos de UNIVALLE. La obtención de la muestra de 1.2 kgs de cada lote se realizaba seleccionando al azar el saco a muestrear, y procediendo de inmediato a abrirlo y a retirar manualmente el producto del centro de la masa. Este procedimiento de muestreo en un solo saco se justificó por las siguientes razones: (i) el material de cada lote se consideró suficientemente homogéneo al empacarse, y (ii) se minimizó el riesgo de contaminar el producto al no tener que abrir todos los sacos cada vez que se requería el muestreo.

Los análisis físico-químicos realizados a las muestras fueron:

**Contenido de agua:** Método de estufa, con muestras de 10 g. molidas y secadas a 103°C por 70 min; este procedimiento para muestras con humedad esperada entre 8 y 15% fue estandarizado en los laboratorios de la Sección de Alimentos en Universidad del Valle.

**Azúcares reductores y totales:** AOAC 923.09: Lane-Eynon General Volumetric Method.

**Almidón:** Método de hidrólisis enzimática: Batey L. 1984. Starch Analysis using degustable Alpha Amylase. Starch, 34, 125-128.

Acido cianhídrico: Método adaptado en CIAT: Cook, R.D. An Enzimatic Assay for the Total Cyanide Content of Cassava (*Manihot esculenta crantz*). Cali, CIAT, 1986.

Los análisis microbiológicos, realizados en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Alvarez y Medina en Cali, fueron:

**Recuento total de Bacterias Aerobias Mesófilas, N.M.P. de Coliformes Totales, N.M.P. de Eschericia coli fecal, Recuento de Hongos y Levaduras**

Adicionalmente, a las muestras obtenidas en el mes 12 se les hizo un análisis de aflatoxinas en el Laboratorio Nacional de Insumos Pecuarios del ICA en Mosquera, Cundinamarca.

Durante su permanencia en las bodegas del IDEMA, los lotes recibieron los mismos tratamientos fitosanitarios de rutina para control de insectos en los lotes de granos que estaban también almacenados.

Adicionalmente, las condiciones ambientales en las bodegas, temperatura y humedad relativa, fueron registradas continuamente mediante higrotermógrafos.

#### 6.4.4 RESULTADOS Y ANALISIS

##### Condiciones ambientales en las bodegas

**CUADRO 1. Promedios diarios - mensuales de temperatura y humedad relativa en las bodegas durante el almacenamiento**

Período	Montería		Fontibón		Palmira	
	T (°C)	HR (%)	T (°C)	HR (%)	T (°C)	H (%)
Feb-Mar	31	65	23	47	31	65
Mar-Abr	31	67	22	51	*	
Abr-May	31	65	20	58	*	
May-Jun	28	88	21	54	*	
Jun-Jul	29	86	17	66	26	66
Jul-Ago	27	63	17	62	30	63
Ago-Sep	28	68	18	60	26	66
Sep-Oct	31	68	16	63	29	67
Oct-Nov	31	66	17	59	28	75
Nov-Dic	30	68				

\* Información reportada por el Laboratorio Nacional de Control de Calidad del IDEMA

## Condiciones físico-químicas de los productos

En el CUADRO A1 del ANEXO se incluyen la totalidad de los resultados de los análisis físico-químicos en las muestras de trozos y harinas de yuca, obtenidas en el transcurso del almacenamiento. A continuación se analizan los resultados más importantes.

### **Contenido de humedad**

Los lotes de trozos y harina de yuca, luego de 30 días de almacenamiento en CIAT, tenían entre 10-12% de humedad, rango considerado bastante seguro para la estabilidad de los productos. En las FIGURAS 3, 4, y 5 se observa cómo varió esta condición física durante el transcurso del almacenamiento. En general, se puede considerar que estuvo relativamente estable, con una ligera variabilidad de  $\pm 0.6\%$  puntos de humedad alrededor del límite máximo permisible de 12%, de acuerdo a la norma ICONTEC 2716. Los productos almacenados en Montería estuvieron más tiempo sobre 12% de humedad, en Palmira después del quinto mes estuvieron por debajo de ese límite, y en Fontibón más cercano al límite. Las condiciones ambientales en cada una de las bodegas y básicamente el material de los empaques (sacos tejidos de polipropileno) proporcionaron un medio que impidió un incremento de la humedad hasta niveles considerados inseguros para la estabilidad de los productos (superiores a 14%).

### **Contenido de almidón y azúcares**

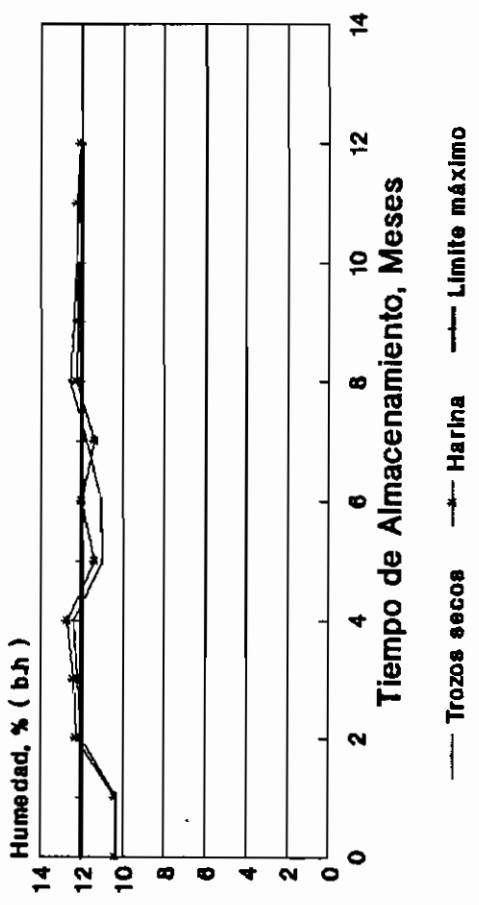
Con el propósito de detectar alteraciones bioquímicas en los productos, se analizó el contenido de almidón, azúcares totales y reductores a través de todo el período de almacenamiento. De lo observado en el CUADRO A1 y las FIGURAS 6, 7, 8, 9, 10 y 11, se desprende que no hubo reacciones de hidrólisis del almidón a azúcares, lo que significa que no se detectó ningún signo de inicio de un proceso de descomposición bioquímica. El contenido de almidón en los productos osciló entre 84 y 90%.

### **Contenido de ácido cianhídrico**

Las posibilidades de desintoxicación de los productos de yuca fue seguida desde el cuarto mes de almacenamiento al analizar el contenido de ácido cianhídrico total (HCN total). En las FIGURAS 12, 13, 14, 15, 16 y 17 se comparan estos resultados con el máximo permitido en la norma ICONTEC 2716. Se puede considerar que hubo una tendencia hacia la reducción de HCN, observándose más evidente estos cambios en los productos almacenados en la bodega de Montería en donde el nivel de este tóxico estuvo por debajo de 50 ppm después de 8 meses, en la bodega de Fontibón la reducción llegó hasta cerca de 75-80 ppm, y en la de Palmira entre 60 y 70 ppm. Esto indica un efecto de la temperatura ambiente en la eliminación o volatilización a la atmósfera del cianuro (en HCN libre), siendo mayor la de Montería. No quedó claro,

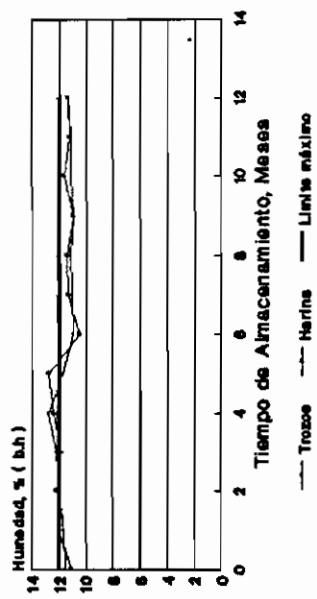


**FIGURA 3**  
**Humedad en trozos y harina de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 C y HR = 65 %**



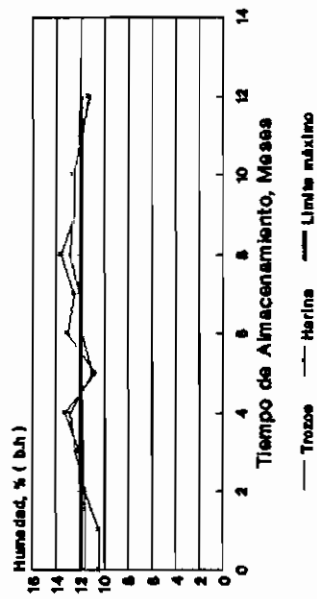
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 4**  
**Humedad en trozos y harina de yuca \***  
**Palмира T = 29 °C y HR = 65 %**



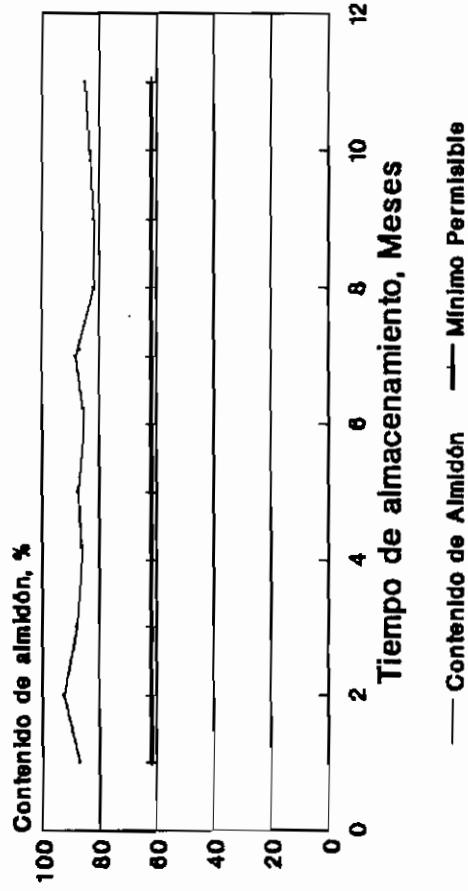
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 5**  
**Humedad en trozos y harina de yuca \***  
**Montería, T = 32 °C y HR = 70 %**



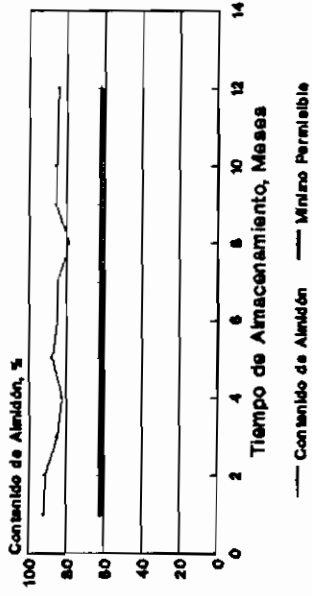
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 6**  
**Contenido de almidón en trozos de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 °C y HR = 65 %**



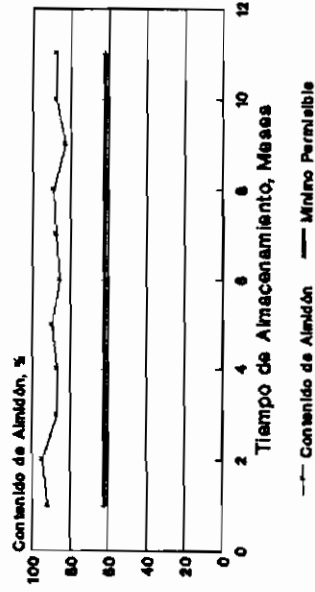
\* Almacenados en bodega, en empaque de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 7**  
**Contenido de almidón en trozos de yuca \***  
**Palмира, T = 29 °C y HR = 65 %**



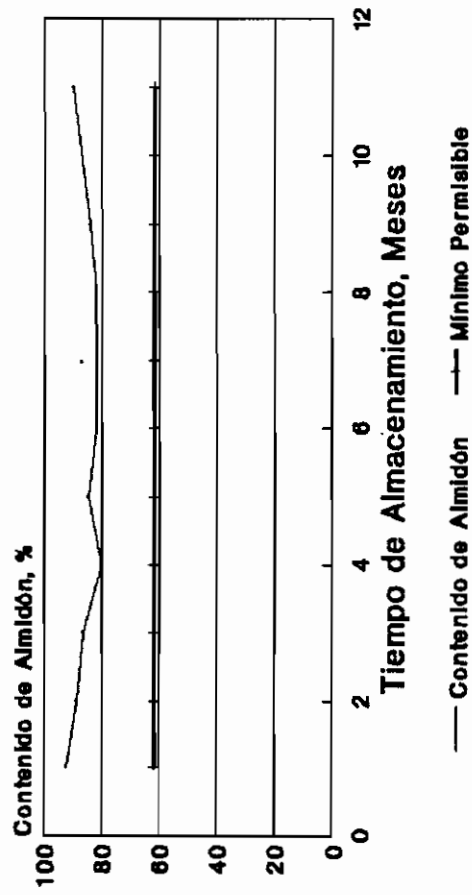
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 8**  
**Contenido de almidón en trozos de yuca \***  
**Montería, T = 32 °C y HR = 70 %**



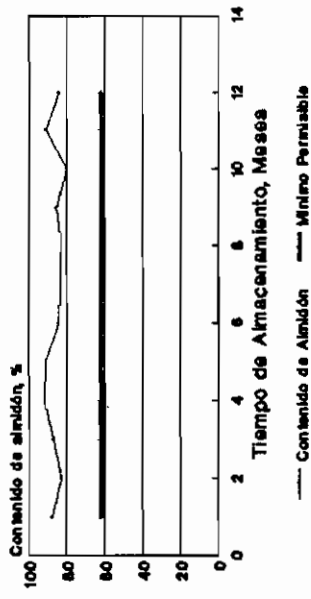
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 9**  
**Contenido de almidón en harina de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 °C y HR = 65 %**



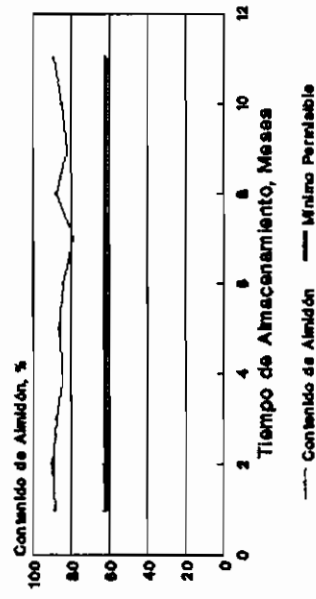
\* Almacenada en bodega, en empaque de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 10**  
**Contenido de almidón en harina de yuca \***  
**Palmira, T = 29 °C y HR = 65 %**



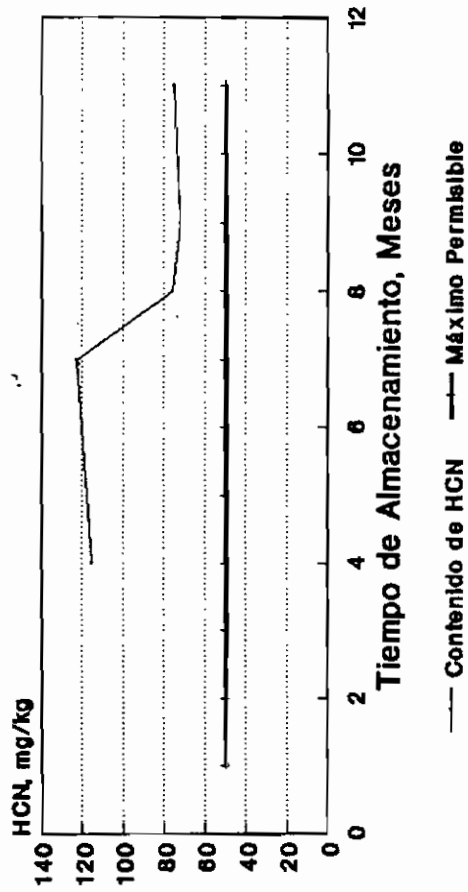
\* Almacenada en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 11**  
**Contenido de almidón en harina de yuca \***  
**Montería, T = 32 °C y HR = 70 %**



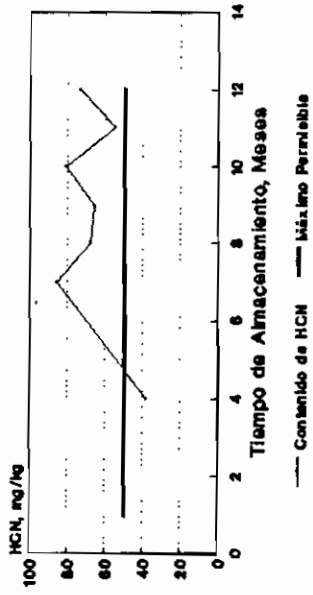
\* Almacenada en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 12**  
**Acido cianhídrico en trozos de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 °C y HR = 65 %**



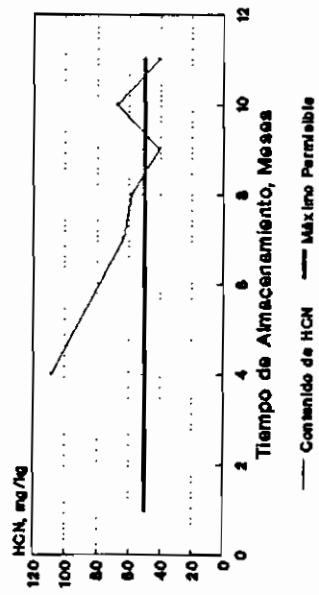
Almacenados en bodega, en empaques polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 13**  
**Acido cianhídrico en trozos de yuca \***  
**Palmira, T = 29 °C y HR = 65 %**



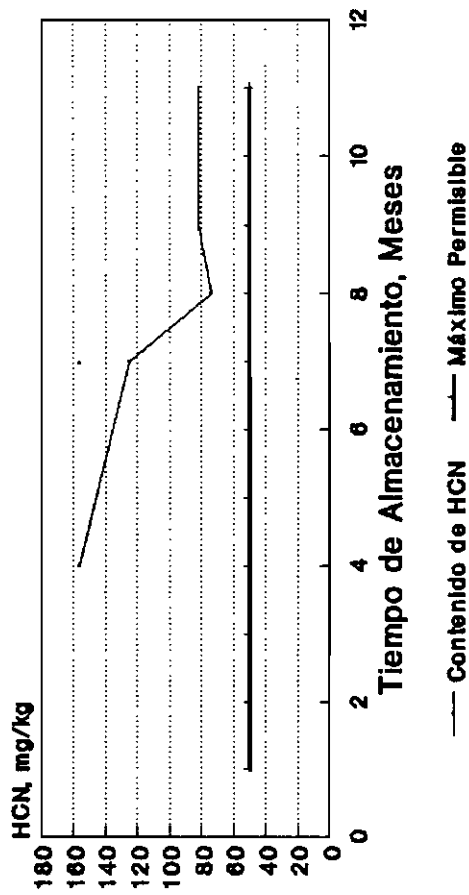
Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 14**  
**Acido cianhídrico en trozos de yuca \***  
**Montería, T = 32 °C y HR = 70 %**



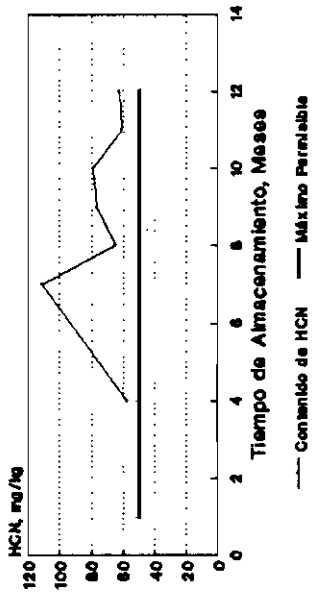
Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 15**  
**Acido cianhídrico en harina de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 °C y HR = 65 %**



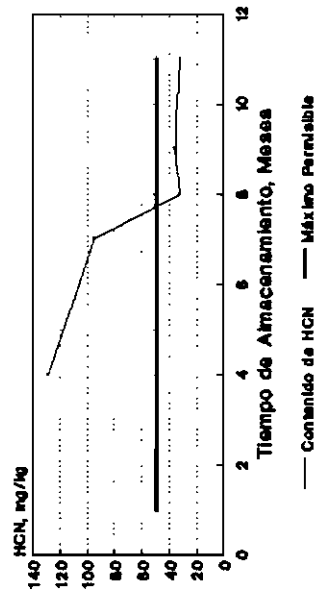
Almacenada en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 16**  
**Acido cianhídrico en harina de yuca \***  
**Palmira, T = 29 °C y HR = 65 %**



Almacenada en bodega, en empaques polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 17**  
**Acido cianhídrico en harina de yuca \***  
**Montería, T = 32 °C y HR = 70 %**



Almacenada en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

al observar el CUADRO A1, las variaciones con tendencias hacia el incremento de los contenidos de HCN libre, puesto que a la humedad a la que se mantuvo el producto se supone que la actividad enzimática sobre la linamarina debe ser mínima o nula.

### Condiciones microbiológicas de los productos

En el CUADRO A2 del ANEXO se incluyen la totalidad de los resultados de los análisis microbiológicos en las muestras de trozos y harinas de yuca, obtenidas en el transcurso del almacenamiento. A continuación se analizan los resultados más importantes.

#### **Bacterias mesófilas aerobias**

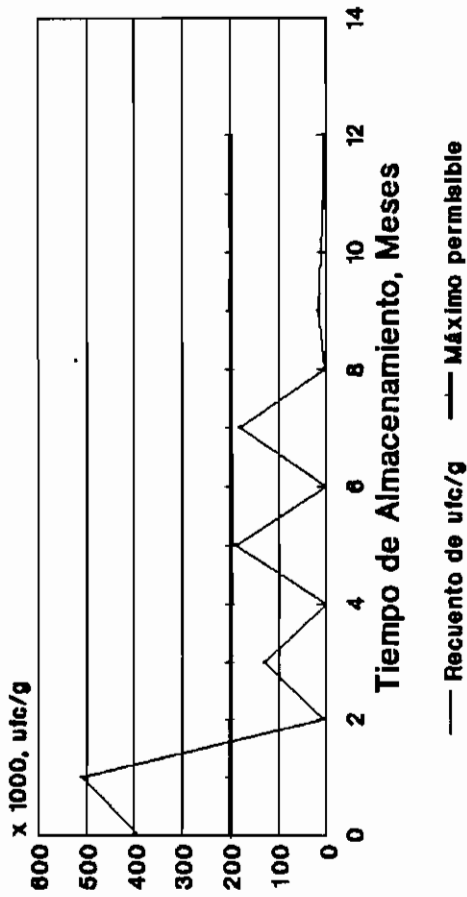
El recuento inicial de bacterias totales mesófilas fue alto, por encima de  $10^5$  unidades formadoras de colonia por gramo de muestra y sobre el límite máximo permisible de 200.000 ufc/g. Este recuento alto de bacterias es debido a varias causas: las raíces de yuca intrínsecamente traen una alta contaminación de estos microorganismos, la yuca trozada es un excelente substrato alimenticio para estos microorganismos, durante el secado esta población crece debido a la alta actividad de agua (sobre 0.90) y a que los trozos durante gran parte de la operación se mantuvieron a 30-35°C, condiciones éstas muy adecuadas para la incubación y crecimiento de las bacterias. Se sabe que no existe una relación directa entre la flora aerobia y la posible presencia de microorganismos patógenos de procedencia intestinal ni tampoco de otros agentes de toxiinfecciones alimentarias de diversa procedencia. Sin embargo, si en un alimento han existido condiciones de tiempo y temperatura para multiplicación de la flora aerobia, también estas condiciones pueden haber favorecido el crecimiento de gérmenes peligrosos que se encuentren inicialmente en los mismos.

En las FIGURAS 18, 19, 20, 21, 22, y 23 se observan los recuentos de las bacterias totales a lo largo del almacenamiento. Básicamente, se observa una clara tendencia, en todos los casos, hacia una reducción de la población a niveles muy por debajo del límite máximo de 200.000 ufc/g, llegándose al final a recuentos del orden de  $10^2$  a  $10^3$ . Esta reducción es explicable debido a la baja actividad de agua, menor de 0.7, que tuvieron los productos durante varios meses de almacenamiento, la cual no es una condición favorable ni para el desarrollo ni para el mantenimiento viable de células bacterianas. En las bodegas con las mayores temperaturas, en Montería y Palmira, hubo un decrecimiento más rápido; después de dos y cuatro meses la población de bacterias estuvo por debajo del límite máximo.

#### **Coliformes**

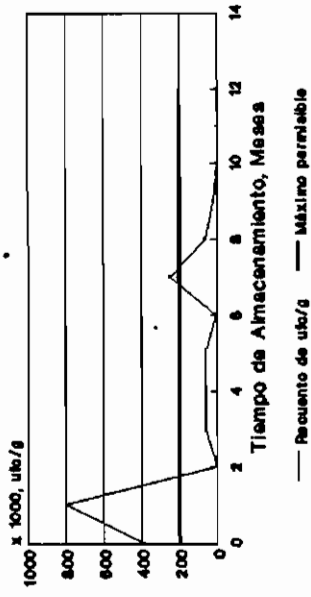
Los recuentos iniciales de coliformes totales, obtenidos en 6 muestras por producto, estuvieron sobre el límite permisible estipulado en la norma ICONTEC 2716: Número Más Probable (NMP) de coliformes totales menor de 100 ufc/g, con un máximo en los

**FIGURA 18**  
**Bacterias aerobias en trozos de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 °C y HR = 65 %**



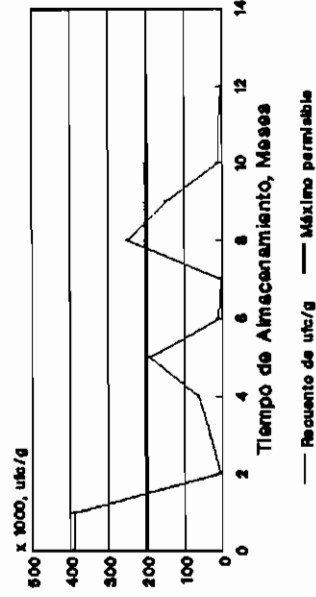
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 19**  
**Bacterias aerobias en trozos de yuca \***  
**Palmita, T = 29 °C y HR = 65 %**



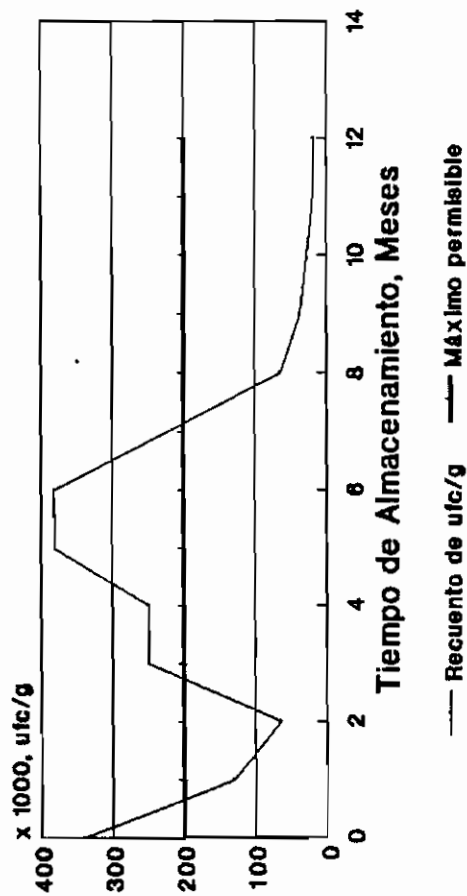
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 20**  
**Bacterias aerobias en trozos de yuca \***  
**Monterfa, T = 32 °C y HR = 70 %**



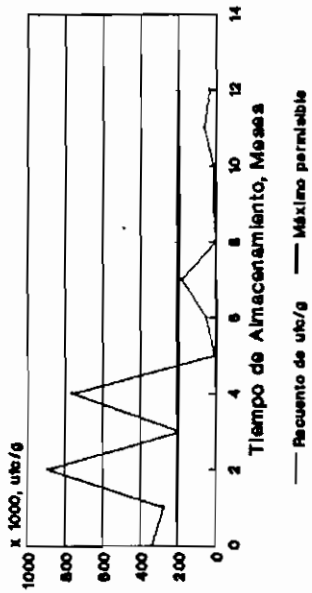
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 21**  
**Bacterias aerobias en harina de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 °C y HR = 65 %**



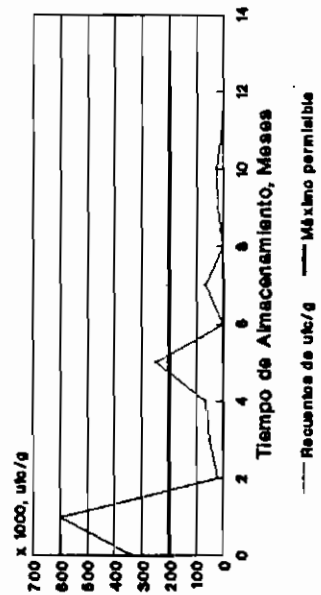
\* Almacenada en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 22**  
**Bacterias aerobias en harina de yuca \***  
**Palmira, T = 29 °C y HR = 66 %**



\* Almacenada en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 23**  
**Bacterias aerobias en harina de yuca \***  
**Montería, T = 32 °C y HR = 70 %**



\* Almacenada en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.



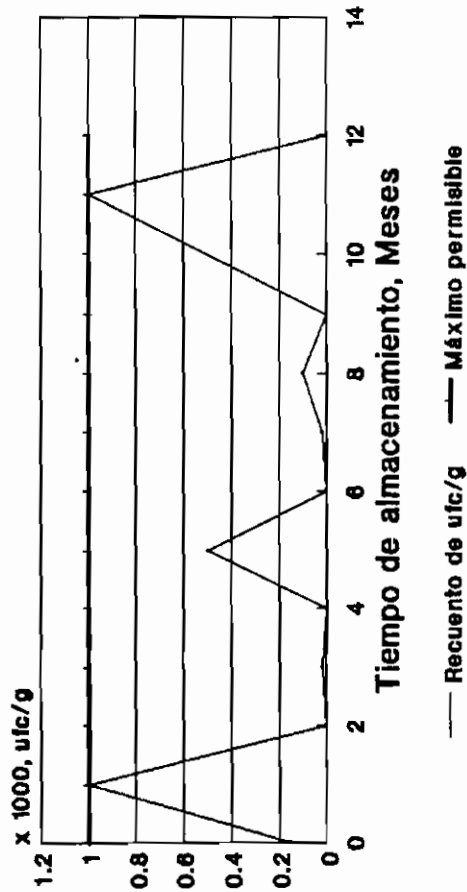
trozos de 2500 y en la harina de 1500 ufc/g. Esta contaminación de coliformes no necesariamente tiene un origen fécal, ya que muchos existen como un componente normal de la microflora del suelo. En estos análisis iniciales, en las muestras de trozos de yuca no se aislaron colonias E. coli fecal, pero algunas muestras del producto harina, preparado del mismo material de los lotes de trozos, sí resultaron contaminadas; tres de seis muestras salieron positivas, con un recuento promedio de 120 ufc/g. No es explicable en qué fase de la obtención de la harina y preparación del lote se pudo haber contaminado el producto, dado que se tomaron suficientes medidas sanitarias durante su procesamiento.

Durante el almacenamiento, el recuento de coliformes totales en ambos productos se mantuvo sobre 100 ufc/g durante los primeros 5 meses; a partir de este momento, se incrementó el número de muestras con resultados negativos. Hacia el final del almacenamiento, de dos a tres muestras de seis resultaban negativas o no detectables para coliformes totales con poblaciones entre 10 y  $10^2$  ufc/g. Lo importante es que en el almacenamiento sólo una muestra de cada producto fue reportada con alguna contaminación con E. coli fecal, lo que se atribuye al manejo dado al material en el muestreo y posteriormente durante la obtención de submuestras para otros análisis.

### Hongos y levaduras

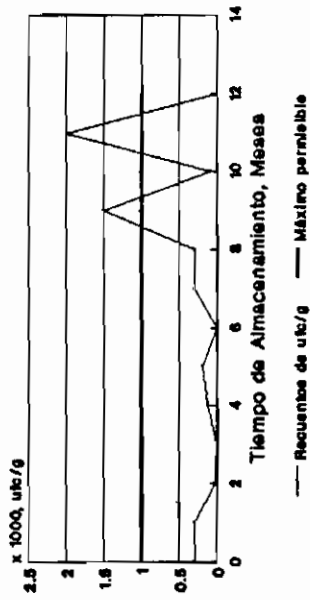
Los recuentos iniciales de hongos en los productos fueron bastante bajos; algunas muestras resultaron negativas y el máximo recuento fue 400 ufc/g, que eran básicamente hongos de especies de Aspergillus. En cuanto a la norma de calidad, la población de estos microorganismos debe estar por debajo de 1000 ufc/g. En las FIGURAS 24, 25, 26, 27, 28 y 29, se muestran los recuentos de hongos y levaduras en las muestras tomadas durante el almacenamiento. Al analizar estas gráficas, se observa que hubo cierta estabilidad en la población de estos microorganismos aproximadamente hasta los 8 meses de almacenamiento, pero a partir de este momento se detecta cierta tendencia hacia el incremento de la población de hongos. En los últimos 4 meses, varias muestras dieron recuentos por encima del límite  $10^3$ , siendo básicamente especies del género Aspergillus; en algunas se aisló A. flavus y especies de Penicillium. Este aparente crecimiento de la población de hongos en los últimos meses del almacenamiento se mostró más evidente en los productos procedentes de las bodegas de Montería y Palmira. No se explica la presencia de A. flavus y especies de Penicillium en productos cuyas actividades de agua estuvieron por debajo de 0.7, condición desfavorable para la germinación de esporas y desarrollo de dichos hongos. Es posible que las condiciones de tiempo, temperatura y actividad de agua del producto que se dan en el secado hayan permitido algún desarrollo y esporulación de A. flavus y Penicillium.

**FIGURA 24**  
**Hongos y levaduras en trozos de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 °C y HR = 65 %**



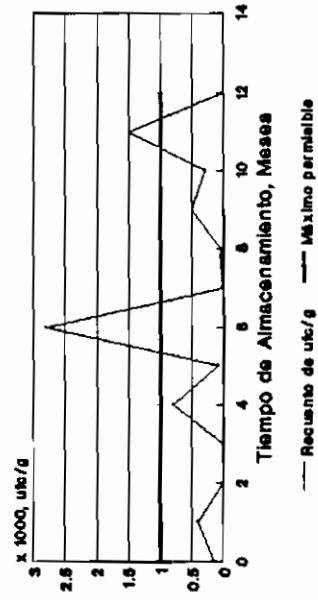
\* Almacenados en bodega, en empaque de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 25**  
**Hongos y levaduras en trozos de yuca \***  
**Palmira, T = 29 °C y HR = 65 %**



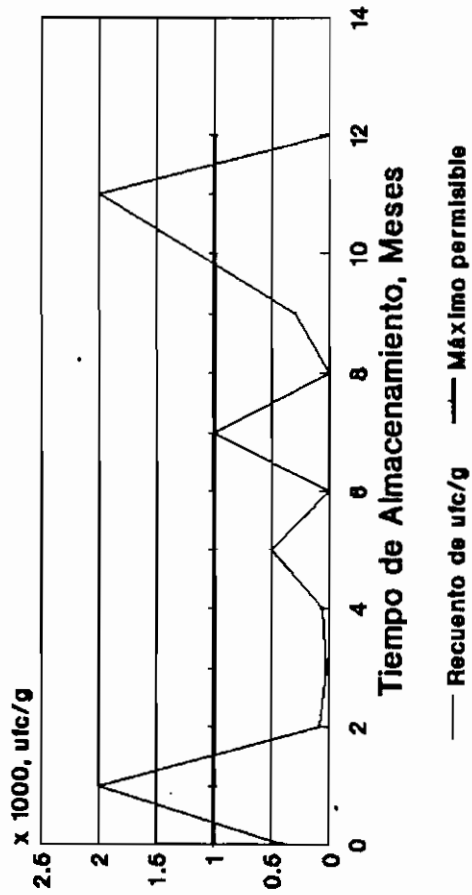
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 26**  
**Hongos y levaduras en trozos de yuca \***  
**Montería, T = 32 °C y HR = 70 %**



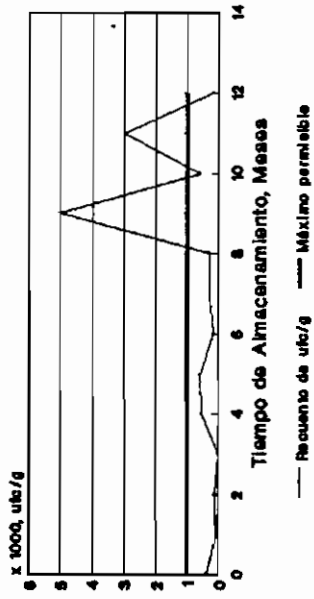
\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 27**  
**Hongos y levaduras en harina de yuca \***  
**Fontibón, T = 20 °C y HR = 65 %**



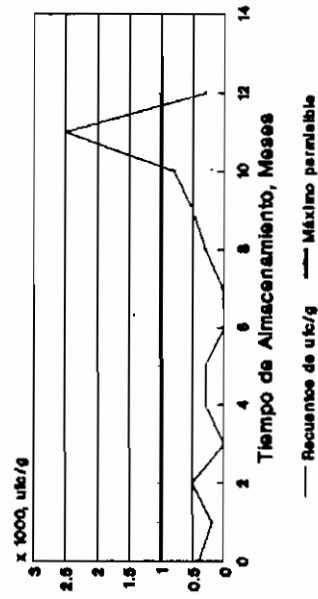
\* Almacenada en bodega, empacada en polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 28**  
**Hongos y levaduras en harina de yuca \***  
**Palmira, T = 29 °C y HR = 65 %**



\* Almacenada en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

**FIGURA 29**  
**Hongos y levaduras en harina de yuca \***  
**Montería, T = 32 °C y HR = 70 %**



\* Almacenados en bodega, en empaques de polipropileno en cantidades de 30 kg.

## **Micotoxinas**

Al final del almacenamiento se solicitaron análisis de aflatoxinas en los productos. Todas las muestras fueron reportadas con niveles no detectables (menor de 5 ppb) para aflatoxinas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>.

## **Infestación**

Los lotes estuvieron almacenados con otros lotes de granos, especialmente cereales, por lo tanto recibieron los mismos tratamientos fitosanitarios para control de insectos. Específicamente, los arrumes en las bodegas de Montería y Palmira fueron fumigados dos veces durante los 12 meses de almacenamiento. En consecuencia, no se encontró ni reportó ataque de insectos a los productos de yuca.

## **6.4.5 CONCLUSIONES**

### Estabilidad físico-química

El contenido de humedad de los productos de yuca, trozos y harina se mantuvo dentro de un margen considerado seguro para el almacenamiento. Las variaciones estuvieron entre  $\pm 0.6\%$  de puntos de humedad, con promedios durante el almacenamiento de 12.0% en los productos mantenidos en Montería, 11.8% en los Fontibón y 11.5% en los de Palmira. Estas condiciones de humedad y las de temperatura (20-32°C) en las bodegas garantizaron en los productos actividades de agua entre 0.68 y 0.61 (de acuerdo a FIGURAS 1 y 2), consideradas suficientemente bajas para mantener al mínimo cualquier actividad microbiológica sobre los productos.

Bajo dichas condiciones de temperatura y humedad de los productos en el transcurso del almacenamiento, se puede decir que los productos fueron bioquímicamente estables; es decir, no se detectó reducción en el contenido de almidón de los productos como consecuencia de un desdoblamiento de los mismos a azúcares. El contenido de azúcares reductores (glucosa + fructosa) se redujo de 1.3 a 0.8 entre el primer y tercer mes, explicable como un consumo por la alta población de microorganismos mesófilos aerobios presentes en los productos en dicho período.

### Estabilidad microbiológica

Los productos presentaron inicialmente recuentos de bacterias totales aerobias mesófilas y de coliformes (no de origen fecal) por encima del límite en la norma ICONTEC 2716 (bacterias), que especifica un máximo de 200.000 ufc/g de aerobias mesófilas y 100 ufc/g de coliformes totales. Como se indicó, esto es explicable por el hecho que las raíces vienen con una flora bacteriana presente naturalmente en el suelo. El crecimiento de esta carga microbiológica debe limitarse mediante el lavado eficaz de las raíces y el uso de agua clorinada, y mediante la reducción al mínimo del

tiempo previo al secado y control del tiempo efectivo de esta operación a 8-10 hr. La presencia de algunas muestras de harina con *E. coli* fecal se debió a una posible contaminación durante el procedimiento para homogenizar el lote.

La población de hongos en los productos recién procesados estuvo por debajo del límite máximo permisible en la norma en referencia (1000 ufc/g).

Durante el almacenamiento, la población de mesófilos aerobios se redujo a límites aceptables después de dos a tres meses, debido a que, como se especificó previamente, la actividad de agua de los productos fue suficientemente baja para impedir el desarrollo de estos microorganismos.

En relación con la población de hongos, ésta se mantuvo en niveles aceptables por cerca de 8 a 10 meses, después de los cuales aparentemente se inició algún desarrollo, específicamente especies de Aspergillus. Aunque al final se hicieron algunos recuentos de A. flavus, los análisis de aflatoxinas en todas las muestras fueron negativos, lo que indica que la actividad de estos hongos no fue suficiente para síntesis de dichos metabolitos.

**ANEXO**

**CUADRO A1. Resultados del análisis físico-químico de muestras de yuca seca procedentes de lotes almacenados en bodegas.**

Lote	Lugar	Tiempo almac. (días)	H (%)	C (%)	F (%)	P (%)	A (%)	AR (%)	AT (%)
Trozo	Montería	30	11.3	2.6	1.7	3.9	91.8	1.3	2.9
	Fontibón	30	10.3	2.5	1.9	4.1	86.0	1.2	2.8
	Palmira	30	11.5	3.6	1.7	3.9	91.6	1.3	3.1
Harina	Motería	30	10.4	3.0	1.6	3.8	88.2	1.2	2.6
	Fontibón	30	10.4	2.8	1.6	4.1	92.4	1.2	2.8
	Palmira	30	12.0	3.0	1.7	4.7	87.9	1.2	2.8
Trozo	Montería	60	11.6	2.6	1.7	4.5	94.4	1.0	2.2
	Fontibón	60	12.0	3.5	1.9	4.9	92.4	1.1	2.4
	Palmira	60	11.6	2.4	1.6	4.6	91.0	1.2	2.6
Harina	Motería	60	11.6	3.0	1.6	4.5	89.9	1.1	2.4
	Fontibón	60	12.3	3.4	1.6	5.2	88.5	1.0	2.4
	Palmira	60	12.2	2.8	1.8	4.6	82.9	1.2	2.7
Trozo	Montería	90	12.4	4.3	2.5	4.9	87.4	1.0	2.6
	Fontibón	90	12.2	2.4	3.1	4.6	87.9	1.1	2.8
	Palmira	90	12.0	2.6	2.0	4.5	85.0	1.2	3.1
Harina	Motería	90	12.1	2.7	1.9	4.8	88.0	1.2	3.3
	Fontibón	90	12.4	3.0	2.1	6.0	86.2	1.2	
	Palmira	90	11.8	3.0	2.2	4.8	87.0	1.2	3.1
Trozo	Montería	120	12.8	109			87.0	0.8	1.6
	Fontibón	120	12.4	115			86.0	0.8	1.4
	Palmira	120	12.2	38			82.3	0.8	2.0
Harina	Motería	120	13.3	129			84.0	0.9	1.6
	Fontibón	120	12.7	156			80.0	1.2	2.2
	Palmira	120	12.4	57			91.8	0.8	1.8
Trozo	Montería	150	11.0				90.0	0.9	2.0
	Fontibón	150	11.0				87.1	0.9	2.0
	Palmira	150	11.7				87.9	1.6	1.7
Harina	Motería	150	10.7				86.5	0.8	1.4
	Fontibón	150	11.4				84.6	1.0	2.8
	Palmira	150	12.8				91.3	0.4	0.9

**CUADRO A1. (Cont.) Resultados del análisis físico-químico de muestras de yuca seca procedentes de lotes almacenados en bodegas.**

Lote	Lugar	Tiempo almac. (días)	H (%)	C (%)	F (%)	P (%)	A (%)	AR (%)	AT (%)
Trozo	Montería	180	11.8				86.0	0.9	1.1
	Fontibón	180	11.1				85.0	0.8	1.0
	Palmira	180	10.9				85.0	0.8	1.1
Harina	Motería	180	13.0				84.0	1.0	1.4
	Fontibón	180	12.0				82.0	0.8	1.0
	Palmira	180	10.5				84.0	0.8	1.0
Trozo	Montería	210	12.1	63			88.0	0.9	1.6
	Fontibón	210	11.8	123			88.0	0.7	1.2
	Palmira	210	11.0	86			85.0	0.9	1.9
Harina	Motería	210	12.5	95			79.0	1.2	2.5
	Fontibón	210	11.4	125			82.0	0.8	1.3
	Palmira	210	11.3	111			83.6	1.3	1.5
Trozo	Montería	240	12.8	58			89.0	0.9	1.5
	Fontibón	240	12.6	76			82.0	0.8	1.4
	Palmira	240	11.1	68			79.0	0.9	1.5
Harina	Motería	240	13.6	32			88.0	1.1	2.0
	Fontibón	240	12.3	74			82.0	0.8	1.7
	Palmira	240	11.4	65			83.0	0.9	2.1
Trozo	Montería	270	12.6	41			83.0	1.1	2.2
	Fontibón	270	12.4	72			82.0	0.8	2.6
	Palmira	270	10.9	66			86.0	0.8	1.9
Harina	Motería	270	12.5	36			82.0	1.0	2.3
	Fontibón	270	12.2	82			84.0	0.8	2.4
	Palmira	270	10.9	76			86.0	0.9	2.1
Trozo	Montería	300	12.5	67		4.8	88.0	1.0	2.0
	Fontibón	300							
	Palmira	300	11.1	81		4.8	86.0	0.9	2.1
Harina	Motería	300	12.6	34		4.7	85.0	1.1	2.3
	Fontibón	300							
	Palmira	300	11.6	79		4.3	80.0	1.0	2.3

**CUADRO A1. (Cont.) Resultados del análisis físico-químico de muestras de yuca seca procedentes de lotes almacenados en bodegas.**

Lote	Lugar	Tiempo almac. (días)	H (%)	C (%)	F (%)	P (%)	A (%)	AR (%)	AT (%)
Trozo	Montería	330	12.0	41		3.7	88.0	1.2	1.7
	Fontibón	330	12.2	75		3.6	85.0	0.8	1.9
	Palmira	330	11.1	55		3.5	86.0	1.0	2.0
Harina	Motería	330	11.8	32		3.6	89.0	1.0	1.7
	Fontibón	330	12.3	82		3.3	90.0	0.8	2.2
	Palmira	330	11.2	61		3.3	91.0	0.9	2.2
Trozo	Montería	360	11.2			4.4			
	Fontibón	360	11.9			4.4			
	Palmira	360	11.3	73		3.4	84.0	1.0	1.8
Harina	Motería	360	11.3			4.0			
	Fontibón	360	12.1			3.9			
	Palmira	360	11.3	62		3.4	84.0	0.8	1.7

H: Humedad; HCN: Acido Cianhídrico Total de F: Fibra; P: Proteína; A: Almidón; AR: Azúcares Reductores (basados en glucosa y fructosa); AT: Azúcares Totales.



**CUADRO A2. Resultados de los análisis microbiológicos de muestras de yuca seca procedentes de lotes almacenados en bodegas.**

Lote	Lugar	Tiempo almac. (días)	UFC/g			
			Bacterias Totales	NMP Coliformes Totales	NMP E. coli fecal	Hongos y Levaduras
Trozo		Inicial	1.3x10 <sup>3</sup> a 4.0x10 <sup>5</sup>	1.1x10 <sup>2</sup> a 2.5x10 <sup>4</sup>	N	N-3x10 <sup>2</sup>
Harina		Inicial	5.1x10 <sup>6</sup> a 3.4x10 <sup>5</sup>	1.5x10 <sup>2</sup> 1.5x10 <sup>3</sup>	N-1.5x10 <sup>2</sup>	3x10-4x10 <sup>2</sup>
Trozo	Monterfa	30	1.7x10 <sup>7</sup>	3.9x10 <sup>2</sup>	N	4.0x10 <sup>2</sup>
	Fontibón	30	5.1x10 <sup>5</sup>	7.0x10 <sup>3</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>	1.0x10 <sup>3</sup>
	Palmira	30	5.0x10 <sup>6</sup>	2.5x10 <sup>2</sup>	N	3.0x10 <sup>2</sup>
Harina	Monterfa	30	6.0x10 <sup>5</sup>	N	N	1.9x10 <sup>4</sup>
	Fontibón	30	1.3x10 <sup>5</sup>	1.3x10 <sup>2</sup>	N	2.0x10 <sup>3</sup>
	Palmira	30	2.8x10 <sup>5</sup>	2.0x10 <sup>2</sup>	N	1.0x10 <sup>2</sup>
Trozo	Monterfa	60	8.0x10 <sup>3</sup>	1.1x10 <sup>2</sup>	N	N
	Fontibón	60	6.8x10 <sup>3</sup>	3.0x10 <sup>2</sup>	N	N
	Palmira	60	6.0x10 <sup>3</sup>	5.0x10	N	3.0x10
Harina	Monterfa	60	2.0x10 <sup>4</sup>	3.0x10 <sup>2</sup>	N	5.0x10 <sup>2</sup>
	Fontibón	60	6.4x10 <sup>4</sup>	2.0x10 <sup>2</sup>	N	8.0x10
	Palmira	60	8.9x10 <sup>5</sup>	4.0x10 <sup>2</sup>	1.0x10 <sup>2</sup>	1.2x10 <sup>2</sup>
Trozo	Monterfa	90	3.2x10 <sup>4</sup>	1.3x10 <sup>2</sup>	N	N
	Fontibón	90	1.3x10 <sup>5</sup>	5.4x10 <sup>3</sup>	N	2.0x10
	Palmira	90	6.4x10 <sup>4</sup>	6.8x10 <sup>3</sup>	N	1.0x10
Harina	Monterfa	90	5.1x10 <sup>4</sup>	1.6x10 <sup>2</sup>	N	1.8x10
	Fontibón	90	2.5x10 <sup>5</sup>	4.0x10 <sup>3</sup>	N	3.0x10
	Palmira	90	1.9x10 <sup>5</sup>	6.0x10 <sup>3</sup>	N	2.5x10
Trozo	Monterfa	120	6.3x10 <sup>4</sup>	3.0x10	N	8.0x10 <sup>2</sup>
	Fontibón	120	8.0x10	1.8x10 <sup>2</sup>	N	N
	Palmira	120	6.3x10 <sup>4</sup>	N	N	1.2x10 <sup>2</sup>
Harina	Monterfa	120	6.3x10 <sup>4</sup>	1.0x10	N	3.0x10 <sup>2</sup>
	Fontibón	120	2.5x10 <sup>5</sup>	1.8x10 <sup>3</sup>	N	6.0x10
	Palmira	120	7.6x10 <sup>5</sup>	2.5x10 <sup>2</sup>	N	5.6x10 <sup>2</sup>
Trozo	Monterfa	150	1.9x10 <sup>5</sup>	4.0x10	N	1.0x10 <sup>2</sup>
	Fontibón	150	1.9x10 <sup>5</sup>	1.5x10 <sup>3</sup>	N	5.0x10 <sup>2</sup>
	Palmira	150	6.4x10 <sup>4</sup>	1.5x10 <sup>2</sup>	N	2.0x10 <sup>2</sup>
Harina	Monterfa	150	2.5x10 <sup>5</sup>	1.1x10 <sup>2</sup>	N	3.0x10 <sup>2</sup>
	Fontibón	150	3.8x10 <sup>5</sup>	4.3x10 <sup>2</sup>	N	5.0x10 <sup>2</sup>
	Palmira	150	9.0x10 <sup>3</sup>	1.0x10 <sup>2</sup>	N	6.0x10 <sup>2</sup>
Trozo	Monterfa	180	1.2x10 <sup>4</sup>	1.8x10 <sup>3</sup>	N	2.8x10 <sup>3</sup>
	Fontibón	180	1.8x10 <sup>2</sup>	N	N	N
	Palmira	180	1.2x10 <sup>4</sup>	N	N	N
Harina	Monterfa	180	1.1x10 <sup>2</sup>	1.0x10	N	N
	Fontibón	180	3.8x10 <sup>5</sup>	2.3x10 <sup>3</sup>	N	N
	Palmira	180	5.0x10 <sup>4</sup>	N	N	2.0x10 <sup>2</sup>

**CUADRO A2. (Cont.) Resultados de los análisis microbiológicos de muestras de yuca seca procedentes de lotes almacenados en bodegas.**

Lote	Lugar	Tiempo almac. (días)	UFC/g			
			Bacterias Totales	NMP Coliformes Totales	NMP E. coli fecal	Hongos y Levaduras
Trozo	Montería	210	$6.0 \times 10^3$	N	N	$2.0 \times 10$
	Fontibón	210	$1.8 \times 10^5$	$1.5 \times 10^2$	N	$1.0 \times 10^2$
	Palmira	210	$2.5 \times 10^5$	$1.4 \times 10^2$	N	$3.0 \times 10^2$
Harina	Montería	210	$6.3 \times 10^4$	N	N	$2.0 \times 10$
	Fontibón	210	$2.8 \times 10^6$	$4.0 \times 10^3$	N	$1.0 \times 10^3$
	Palmira	210	$1.8 \times 10^5$	$9.0 \times 10$	N	$3.0 \times 10^2$
Trozo	Montería	240	$2.5 \times 10^5$	$2.5 \times 10^3$	N	$5.0 \times 10$
	Fontibón	240	$5.0 \times 10^3$	N	N	N
	Palmira	240	$6.4 \times 10^4$	N	N	$3.0 \times 10^2$
Harina	Montería	240	$4.0 \times 10^3$	N	N	$3.0 \times 10^2$
	Fontibón	240	$6.4 \times 10^5$	N	N	N
	Palmira	240	$5.0 \times 10^3$	N	N	$3.0 \times 10^2$
Trozo	Montería	270	$1.5 \times 10^5$	N	N	$5.0 \times 10^2$
	Fontibón	270	$1.9 \times 10^4$	$7.0 \times 10$	N	$1.0 \times 10^2$
	Palmira	270	$2.5 \times 10^4$	N	N	$1.5 \times 10^3$
Harina	Montería	270	$1.9 \times 10^4$	N	N	$5.0 \times 10^2$
	Fontibón	270	$3.8 \times 10^4$	$3.5 \times 10^2$	N	$3.0 \times 10^2$
	Palmira	270	$1.9 \times 10^4$	$2.3 \times 10^2$	N	$5.0 \times 10^3$
Trozo	Montería	300	$1.3 \times 10^4$	$9.0 \times 10^2$	N	$3.0 \times 10^2$
	Fontibón	300				
	Palmira	300	$6.0 \times 10^3$	$4.0 \times 10^2$	N	$1.0 \times 10^2$
Harina	Montería	300	$2.5 \times 10^4$	$1.7 \times 10^3$	N	$8.0 \times 10^2$
	Fontibón	300				
	Palmira	300	$1.9 \times 10^4$	$4.0 \times 10^2$	N	$6.0 \times 10^2$
Trozo	Montería	330	$1.3 \times 10^4$	N	N	$1.5 \times 10^3$
	Fontibón	330	$6.0 \times 10^3$	N	N	$1.0 \times 10^3$
	Palmira	330	$3.0 \times 10^3$	N	N	$2.0 \times 10^3$
Harina	Montería	330	$6.0 \times 10^3$	N	N	$2.5 \times 10^3$
	Fontibón	330	$1.9 \times 10^4$	$2.4 \times 10^3$	N	$2.0 \times 10^3$
	Palmira	330	$6.4 \times 10^4$	N	N	$3.0 \times 10^3$
Trozo	Montería	360	$6.4 \times 10^3$	$3.0 \times 10^2$	N	N
	Fontibón	360	$6.4 \times 10^3$	$2.8 \times 10^2$	N	N
	Palmira	360	$6.0 \times 10^3$	N	N	N
Harina	Montería	360	$6.8 \times 10^2$	N	N	$3.0 \times 10^2$
	Fontibón	360	$1.9 \times 10^4$	$1.9 \times 10^2$	N	N
	Palmira	360	$3.8 \times 10^4$	N	N	$2.0 \times 10^2$

## **6.5 DESARROLLO DE SISTEMAS DE MEDICION DE HUMEDAD**

**Por: Lisímaco Alonso (CIAT), Alejandro Fernández (Profesor UNIVALLE), y Carlos Vélez (Profesor UNIVALLE)**

El contenido de humedad es un factor importante en la calidad de un producto agrícola que afecta directamente el precio del producto y es de suma importancia en las decisiones que se toman en las diferentes operaciones de manejo y conservación.

Para determinar el contenido de humedad de granos, cereales y oleaginosas, se utilizan comúnmente diversidad de equipos que se clasifican como directos o indirectos. En los métodos directos, generalmente aceptados como métodos estándares, se remueve la humedad de la muestra y la cantidad de agua se determina por peso o volumen. En los métodos indirectos, se determina alguna característica o propiedad del material que varíe con la humedad y que pueda ser calibrada con base en un método directo.

En el marco del proyecto realizado por el DRI, el CIAT y la Universidad del Valle, se han establecido más de 150 plantas productoras de trozos y harina de yuca, principalmente en la Costa Atlántica. Tanto las empresas productoras como las compradoras carecen del equipo necesario para determinar humedad de los productos de yuca secos.

Como respuesta a esa necesidad, se desarrolló el presente trabajo con el fin de adaptar y/o determinar las condiciones adecuadas de funcionamiento y operación de algunos equipos con principios de funcionamiento diferentes, varios de ellos comúnmente utilizados para determinar contenidos de humedad de granos cereales y oleaginosas. Los trabajos realizados dentro del proyecto se mencionan a continuación:

1. Obtención de un método patrón y desarrollo de un método rápido y práctico de determinación de humedad
2. Adaptación y evaluación de un determinador de humedad Motomco
3. Adaptación y evaluación de dos sistemas infrarrojos de determinación de humedad y determinación de humedad en hornos con y sin circulación de aire

Los equipos evaluados fueron un determinador de humedad Motomco, una balanza determinadora de humedad Ohaus, un equipo experimental infrarrojo, un horno Despatch, un horno Thelco y una estufa MLW.

El Motomco es un determinador de humedad indirecto cuyo principio de funcionamiento está basado en las propiedades dieléctricas del producto. La capacitancia de un condensador, en el cual el producto actúa como medio dieléctrico, varía de acuerdo con el contenido de humedad de la muestra.

La balanza Ohaus es un determinador directo de humedad en el cual la humedad de la muestra, colocada en una balanza, se evapora directamente por medio de una lámpara infrarroja.

El equipo experimental infrarrojo, con un principio de operación semejante al anterior, se construyó con el fin de evaluar la posibilidad de utilizar un equipo de menor costo, ya que sus componentes se consiguen fácilmente en el país.

El horno Despatch es un equipo directo de determinación de humedad, con circulación de aire forzado y gran caudal. El horno Thelco, aunque de circulación forzada, utiliza bajos caudales. Por último, en la estufa MLW el aire circula por convección natural.

Las evaluaciones de los equipos anteriores se realizaron en épocas diferentes, por lo que se decidió hacer también una evaluación simultánea de todos los métodos estudiados tomando como referencia o patrón el liofilizador.

A continuación aparecen los diferentes trabajos en orden de ejecución.

### **6.5.1 ADAPTACION Y EVALUACION DE UN DETERMINADOR DE HUMEDAD MOTOMCO PARA MEDICION DE HUMEDAD EN PRODUCTOS DE YUCA**

#### Objetivo

Estudiar las condiciones adecuadas de funcionamiento de un determinador indirecto de humedad de granos para productos secos de yuca y generar tablas de calibración en términos de la lectura del equipo, con base en un método patrón.

#### Metodología

#### **Material y equipo**

- Equipo determinador de humedad Motomco modelo 11, 840
- Liofilizador Chemlab modelo S.B 5
- Germinador Hoffman modelo 5630 serie 82484
- Cuarto de germinación
- Horno de convección forzada Precision
- Balanza electrónica Mettler PE 20
- Balanza electrónica Mettler AE 200
- Balanza electrónica Mettler PC 400
- Tamices Tyler No. 5 y No. 10
- Molino casero de discos marca Victoria
- Termómetro de mercurio, cajas petri de pirex de 60 x 15 mm, cajas petri plásticas de 100 x 15 mm, platos de aluminio, bolsas de polietileno, espátula y pinzas

Para realizar los ensayos se utilizó yuca variedad CMC-40 secada al sol.

### Procedimiento

Como ya se ha dicho, para la calibración de los equipos de medición indirectos es necesario comparar sus lecturas con las obtenidas en el equipo patrón utilizado y determinar su validez en una gama de contenidos de humedad mediante un análisis estadístico, teniendo en cuenta otras variables como la temperatura y la granulometría del producto que pueden alterar sus lecturas.

Para el trabajo que nos ocupó, se escogieron 8 niveles de humedad, entre 8 y 17%, considerando que dentro de este rango se encuentran generalmente los productos que se comercializan. Se seleccionaron tres temperaturas (20, 25 y 30°C), se uniformizó el tamaño del trozo, y se conformaron 10 bloques completos al azar (repeticiones en el tiempo), con lo cual se constituyó un arreglo de 8 x 3 x 10, correspondiente a los 8 niveles de humedad, 3 temperaturas y 10 repeticiones.

### Obtención de las muestras con diferentes niveles de humedad

Durante el secado en piso de concreto, se obtuvieron muestras de 5 kg de trozos de yuca a diferentes tiempos para obtener los niveles de humedad que se muestran en el CUADRO 1.

**CUADRO 1. Niveles de humedad de las muestras utilizadas en los ensayos.**

Nivel	Humedad % b.h. *
1	17.04
2	16.36
3	14.16
4	12.93
5	11.67
6	11.86
7	8.88
8	7.90

\* Obtenida en el liofilizador a temperatura ambiente y 150 micrómetros de mercurio durante 24 horas.

Cada muestra se empacó en una bolsa de polietileno, se selló y se almacenó a 5°C; posteriormente, los trozos de los diferentes niveles de humedad se redujeron de tamaño en un molino casero, con discos ligeramente separados. El producto molido

se tamizó manualmente, utilizando los tamices No. 5 (D=4 mm) y No. 10 (D=2mm), escogiendo para los ensayos el producto retenido en el tamiz No. 10.

Para cada nivel de humedad se tomaron 10 muestras de 200 gr del producto tamizado, se empacaron en bolsas de polietileno y se enumeraron al azar para la identificación posterior. Para los ensayos se adecuaron las muestras a 3 temperaturas diferentes, utilizando un germinador Hoffman, un cuarto de germinación de semillas y un horno de convección natural calibrados a temperaturas constantes, de 20, 25 y 30°C respectivamente.

Al inicio de las mediciones se calibraba el equipo, conforme a lo especificado en su catálogo. Después de calibrado, cada muestra de 200 gr escogida al azar fue depositada en la tolva para leer temperatura.

Posteriormente, el producto se descargaba a la celda de medición, se encendía el equipo con el selector en posición de operación y se giraba el botón hasta que la aguja alcanzaba a la mínima posición en la escala e inmediatamente se tomaba la lectura.

### Resultados

Obtenidos los datos de temperatura y la lectura en el equipo, se procedió a generar las tablas de calibración, por medio de un modelo estadístico de regresión bivariado que combina estadísticamente temperatura, lectura en el equipo y humedad obtenida por el método patrón (lío-filizador). El modelo, que puede ser lineal, cuadrático o cúbico, se escoge con base en el análisis de los parámetros estadísticos. En este caso, se escogió para generar las tablas de calibración del equipo<sup>1</sup> el modelo de regresión bivariado cuadrático, el cual presentó un Error Estándar de 0.58 y un Coeficiente de Determinación de 96%, que representa un buen ajuste estadístico. La ecuación correspondiente a este modelo se describe a continuación:

$$H = 12.98 + 0.269D - 0.0016D^2 - 0.066T$$

Donde :

H : Humedad %, b.h

D : Lectura del equipo

T : Temperatura, °F

R<sup>2</sup> : Coeficiente de Determinación = 0.96

E.S.E. = Error Estandar de Estimación = 0.58

---

<sup>1</sup> Tablas de calibración del MOTOMCO (entre 20 y 30°C) disponibles a través de los autores de este estudio.

El modelo de regresión bivariado cúbico fue descartado porque, aunque presentó un mejor ajuste estadístico, no cubrió el rango total de humedades trabajadas.

### Conclusiones

La aplicación de un modelo bivariado cuadrático a los datos obtenidos en el equipo y calibrados con base en las lecturas de un liofilizador usado como patrón, permitió generar tablas en las cuales se puede leer la humedad del producto con base en la lectura del equipo.

Del análisis de los resultados se concluye que es posible utilizar el Motomco para determinar humedad en productos secos de yuca, para un rango de humedad entre 8 y 17% b.h y temperaturas entre 20 y 30°C (68 y 86°F).

## **6.5.2 ADAPTACION Y EVALUACION DE DOS SISTEMAS INFRARROJOS DE DETERMINACION DE HUMEDAD PARA HARINA DE YUCA.**

### Objetivo

El objetivo del presente trabajo consistió en estudiar las condiciones adecuadas de funcionamiento de dos sistemas infrarrojos de determinación de humedad: una balanza Ohaus y un equipo experimental, para productos de yuca secos.

### Metodología

#### **Materiales y Equipos**

- Molino casero de discos marca Victoria
- Tamizadora cilíndrica de vórtice (paletas rotatorias)
- Tamices Tyler No. 5 (D = 4 mm) y No. 10 (D = 2 mm)
- Balanza determinadora de humedad Ohaus serie 9637, modelo 6010
- Equipo experimental infrarrojo, compuesto de las siguientes partes:
  - \* Lámpara infrarroja de 250 V con soporte
  - \* Mesa de madera de 48 cms de ancho, 15 cms de largo y 14 cms de alto
  - \* Reóstato
  - \* Balanza Ohaus triple beam serie 700 de 2610 gr
- Espátulas, pinzas, platos de aluminio, bolsas plásticas, marcadores y termómetros.

Se emplearon en los ensayos trozos secos de yuca de la variedad CMC-76, secados naturalmente.

### Procedimientos: Obtención de los diferentes niveles de humedad

Se realizó un secado natural en piso de concreto y se extrajeron 2 kg de trozos de yuca a diferentes tiempos para obtener los 9 niveles de humedad que se detallan en el CUADRO 2.

Cada nivel de humedad se empacó en una bolsa de polietileno, se selló y almacenó refrigerada a 5°C. Se decidió trabajar un rango de humedades entre 7 y 17%, por considerar que entre estos valores se encuentran las humedades de los productos de yuca que se comercializan.

### Obtención de las muestras

Los trozos de los diferentes niveles de humedad se redujeron de tamaño en el molino casero. El producto molido se clasificó utilizando los tamices Tyler para uniformizar el tamaño.

El material retenido en el tamiz No. 10 (trocitos), se utilizó para medición con el método patrón (liofilizador). El material que pasó por el tamiz No. 10 y fue retenido en el fondo (harina), se utilizó para medición con los equipos infrarrojos.

**CUADRO 2. Niveles de humedad de las muestras utilizadas en los ensayos.**

Nivel	Humedad % b.h. *
1	17.53
2	16.66
3	14.94
4	13.60
5	11.91
6	11.22
7	9.17
8	7.12
9	7.02

\* Obtenido en el liofilizador a temperatura ambiente y un vacío de 150 micrómetros de mercurio durante 24 horas.

### Diseño del experimento

Por cada nivel de humedad se tomaron 30 muestras de aproximadamente 60 gr cada una, para las determinaciones en los tres equipos.



El número total de muestras analizadas durante todos los ensayos fue de 270, correspondientes a un arreglo de 10 x 3 x 9 (bloques completos al azar), en donde:

- 10 = repeticiones en el tiempo (Bloques)
- 3 = equipos evaluados (incluye el liofilizador usado como patrón)
- 9 = niveles de humedad

Después de identificar las muestras, se realizó un arreglo al azar que consistió en organizar 10 bolsas, cada una con 27 muestras de 60 g correspondientes a una repetición o bloque completo (9 muestras por equipo). De ellas, 9 correspondían a trocitos para trabajar con el método patrón y 18 de harina para trabajar con los otros equipos.

Después de organizadas las 10 bolsas, se sellaron y se almacenaron refrigeradas a 5°C. Diariamente se escogió una bolsa al azar para realizar las pruebas simultáneamente para los tres métodos: liofilizador, balanza de humedad Ohaus y equipo experimental infrarrojo.

### **Ajuste preliminar de los equipos infrarrojos**

Con el objetivo de encontrar las condiciones más adecuadas de operación de los equipos, se llevaron a cabo inicialmente varios ensayos preliminares para fijar la altura de las lámparas con respecto a la muestra y la posición del reóstato que controla el amperaje y, por tanto, la cantidad de calor emitido.

Para el equipo Ohaus, la altura de la lámpara con respecto a la muestra fue 3.8 cms y la posición de la escala en el reóstato fue 2.5, equivalente a 1.86 amperios.

Para el equipo experimental infrarrojo, la altura de la lámpara con respecto a la muestra fue de 7.0 cm y la posición de la escala de selección de calor en el reóstato fue 80, equivalente a 1.43 amperios.

### **Pruebas**

Inicialmente se verificaba que las condiciones de operación correspondieran a las indicadas anteriormente; posteriormente, se pesaban 10 gramos de dos muestras escogidas al azar, una por método. Luego se encendían las lámparas simultáneamente y se registraba el peso cada minuto hasta que la pérdida de agua se estabilizara, lo cual ocurría cuando tres lecturas consecutivas no presentaban variación.

Una vez obtenidos los datos de humedad y tiempo en los diferentes ensayos, se realizó un análisis estadístico para comparar los métodos entre sí y establecer los modelos de regresión correspondientes.

## Resultados

Los resultados de humedad se analizaron estadísticamente y se compararon con los datos obtenidos con el método patrón, mediante el modelo de regresión lineal, cuyos parámetros aparecen en el CUADRO 3. Se observa allí que ambos métodos presentan altos Coeficientes de Determinación ( $R^2$ ) lo que significa que existe una buena correlación con el método patrón (liofilizador). El Error Estándar de Estimación (E.S.E.) del equipo Ohaus, aunque alto, indica una mayor precisión de este método comparado con el equipo experimental infrarrojo.

Los resultados indican que, para los niveles de humedad seleccionados y las condiciones de operación de los equipos descritas previamente, es posible determinar la humedad de trozos y harina de yuca en 12 minutos con lámpara Ohaus e infrarroja.

El CUADRO 4. muestra las correcciones que deben efectuarse para humedades entre 18 y 9% b.h.

**CUADRO 3. Parámetros de modelos de regresión lineal.**

Equipo	$R^2$	E.S.E.	Intercepto	Pendiente
Lámpara OHAUS	0.975	0.7465	- 3.369	1.203
Equipo infrarrojo	0.973	0.90613	- 3.055	1.153

**CUADRO 4. Correcciones para obtener humedad real en equipos infrarrojos**

Humedad obtenida (%, b.h.)	Corrección (%) para obtener la humedad real (1)	
	Ohaus	E. experim. (2)
18	0.3	-0.2
17	0.1	-0.4
16	-0.1	-0.5
15	-0.3	-0.7
14	-0.5	-0.9
13	-0.7	-1.0
12	-0.9	-1.2
11	-1.1	-1.3
10	-1.3	-1.5
9	-1.6	-1.6
E.S.E.	0.75	0.90

Nota: (1) Liofilizador con vacío de 0.15 mm Hg y 25°C  
(2) Equipo experimental infrarrojo

### 6.5.3 EVALUACION SIMULTANEA DE DIFERENTES METODOS DE DETERMINACION DE HUMEDAD

#### Objetivo

Evaluar simultáneamente los diferentes equipos disponibles y comparar sus resultados con los de un liofilizador utilizado como patrón.

#### Metodología

#### **Material y Equipo**

- Molino casero de discos marca Victoria
- Tamizadora cilíndrica de vórtice
- Tamices Tyler, No. 5 y No. 10 (4 mm y 2 mm respectivamente)
- Espátulas, pinzas, platos de aluminio, bolsas de polietileno, termómetros, cajas petri de pirex 60 x 15 mm y cajas petri plásticas 100 x 15 mm
- Liofilizador, Chemlab modelo S.B.5
- Horno con ventilación forzada Despatch modelo V23, Temp. máxima 260°C
- Horno Thelco Precision Scientific modelo 28, temp. máxima 225°C
- Estufa MLW tipo BS3 Modelo 72104, Temp. máxima 105 °C
- Balanza determinadora de humedad Ohaus serie 9637, modelo 6010
- Motomco modelo 11.840
- Equipo Experimental infrarrojo con una lámpara de 250 W y 115 V con soporte de madera
- Balanza electrónica Mettler PE200 de 0.01 gr de precisión
- Balanza electrónica Mettler AE200 de 0.01 gr de precisión
- Balanza electrónica Mettler PC400 de 0.01 gr de precisión
- Desecadores

Para los ensayos se utilizó yuca variedad CMC-40.

#### **Diseño Experimental**

El trabajo se realizó con base en un diseño de bloques completos al azar cuyo objetivo fue maximizar diferencias entre bloques (repeticiones) para eliminar fuentes de variación y, así, conseguir mayor precisión en la detección de las diferencias entre los métodos de medición de humedad utilizados.

Se hizo un arreglo que consistió en la evaluación de siete métodos de medición, ocho niveles de humedad y nueve repeticiones (bloques) realizados independientemente en el tiempo. Cada repetición tuvo un día de duración, durante el cual los métodos se evaluaban para todos los niveles de humedad seleccionados.

### Procedimiento: Obtención de los diferentes niveles de humedad

Los trozos de yuca fueron secados artificialmente a una temperatura de 60°C durante 8 horas; cuando los trozos alcanzaron una humedad aproximada a 25% (b.h), se extrajeron 6 kg cada media hora, cantidad que garantizaba suficientes muestras para la totalidad de las repeticiones. Los niveles de humedad seleccionados al final se presentan en el CUADRO 5.

Los 6 kg de trozos para cada nivel de humedad se empacaron en bolsas de polietileno, se sellaron y almacenaron a una temperatura de 5°C para su conservación durante el tiempo que duró la preparación de las muestras.

### Preparación de muestras

En la preparación de las muestras, los trozos de yuca seca de los diferentes niveles de humedad se redujeron de tamaño en un molino casero con los discos ligeramente separados. El producto molido se clasificó en trozos pequeños y harina. Se utilizó para ello tamices Tyler No. 5 (D = 4 mm) y No. 10 (D = 2 mm). El producto de mayor tamaño retenido en el No. 10 se utilizó para las mediciones con el liofilizador y el Motomco.

**CUADRO 5. Niveles de humedad de las muestras utilizadas en los ensayos.**

Nivel	Humedad, % b.h. *
1	15.56
2	14.43
3	12.80
4	10.86
5	10.36
6	9.97
7	7.22
8	6.53

\* Humedad en liofilizador (25°C y vacío de 150 micrómetros de mercurio y 24 horas).

Las muestras de 6 kg de los diferentes niveles de humedad, ya reducidos de tamaño y clasificadas, se homogenizaron y se subdividieron hasta obtener las muestras necesarias para la totalidad de las repeticiones. Cada una de las muestras se empacó en una bolsa plástica herméticamente sellada y numerada de tal forma que permitía identificar el método, el nivel y la repetición. La última actividad de este procedimiento consistió en la organización al azar de las muestras para cada repetición o bloque.

## Medición de Humedad

Para las mediciones de humedad se utilizaron siete equipos, la mayoría de ellos comúnmente utilizados en las plantas procesadoras o comercializadoras de productos agrícolas. Estos equipos fueron: Motomco, balanza determinadora de humedad Ohaus, horno Thelco, horno Despatch con ventilación forzada, estufa MLW y equipo experimental infrarrojo. Como método patrón fue elegido el liofilizador, por ser el método más confiable cuando se trata de extraer la mayor cantidad de agua de una muestra determinada sin producir cambios en el producto.

De acuerdo con los procedimientos indicados en los manuales, las condiciones de operación de cada equipo se describen en el CUADRO 6.

### Resultados

En este estudio se desarrollaron correlaciones simples para medición de la humedad real (liofilizador como patrón) con base en las mediciones efectuadas con el resto de equipos.

La ecuación del modelo de regresión fue de la forma:

$$y = ax + b$$

**CUADRO 6. Resumen de las condiciones de operación de los equipos.**

Equipo	Peso muestra g	Tiempo operación	Temp °C	Recipiente
Liofilizador	10	24 h	25	c.p
Estufa MLW	10	70 min	103	c.p
Thelco	10	1 h	110	c.p
Despatch	10	24 h	70	c.p
Ohaus	10	14 min		p.a
Equipo Exp	10	14 min		p.a
Motomco	200	5 min	Ambiente	tolva

c.p: Caja petri

p.a: Plato aluminio

Donde :

y : Humedad real (liofilizador) % b.h

x : Humedad obtenida con un equipo dado % b.h.

a : pendiente  
b : intercepto

En el CUADRO 7 se muestran los coeficientes de regresión y los parámetros de las ecuaciones para cada uno de los equipos probados.

El Coeficiente de Determinación representa la correlación existente entre los valores obtenidos por un método y otro elegido como patrón. El Error Estándar representa la precisión del método al arrojar un valor.

Analizando los valores del Coeficiente de Determinación y Error Estándar de Estimación para cada método (CUADRO 7), se observa que el horno Despatch con ventilación forzada, el Motomco y la estufa MLW, presentaron los valores más altos de los Coeficientes de Determinación (aproximados a la unidad) y los errores más bajos de Error Estándar de Estimación (aproximados a cero). La balanza Ohaus presentó también un Coeficiente de Determinación relativamente alto pero su Error Estándar de Estimación fue alto, cercano a la unidad.

Los equipos horno Thelco y experimental infrarrojo presentaron los valores más bajos de Coeficiente de Determinación, por debajo de 0.90, y los más altos de Error Estándar, por encima de la unidad.

#### **CUADRO 7. Parámetros del modelo de regresión lineal.**

Equipo	R <sup>2</sup>	E.S.E.	Intercepto	Pendiente
Horno Despatch	0.9822	0.4000	0.684040	1.016385
Esstufa MLW	0.9814	0.4155	1.419580	1.060681
Motomco	0.9573	0.6294	-1.667254	1.128616
Lámpara Ohaus	0.9217	0.8523	-3.519387	1.135517
Horno Thelco	0.8907	1.0069	-0.813278	1.013400
Equipo experimental	0.7936	1.3838	-1.079060	0.917869

Durante la época de los ensayos hubo problemas con el fluido eléctrico, lo que afectó el funcionamiento de los equipos infrarrojos.

En cuanto al horno Thelco, las diferencias entre las muestras del mismo nivel de humedad se deben posiblemente a la deficiente distribución del aire dentro de la cámara.

El CUADRO 8 muestra las correcciones necesarias en los valores de humedad obtenidos con los diferentes equipos, para conseguir la humedad real del liofilizador.

El análisis del cuadro permite ver que, para los equipos que presentaron el mayor Coeficiente de Determinación y menor Error Estándar de Estimación, la menor corrección se presenta en el Motomco, horno Despatch y estufa MLW, en su orden.

### Conclusiones

Los resultados alcanzados durante las pruebas de adaptación y evaluación de los diferentes equipos de medición de humedad, generalmente utilizados para otros productos, permitieron establecer diferentes metodologías y sistemas de determinación de humedad, variable de calidad de suma importancia en el momento de tomar decisiones sobre el manejo y la conservación del producto y al establecer los precios de comercialización de los mismos.

Se evaluaron seis equipos de determinación de humedad: Motomco, balanza determinadora de humedad Ohaus, equipo experimental infrarrojo, horno Thelco, horno Despatch y estufa MLW.

### **CUADRO 8. Humedad obtenida con los diferentes equipos y corrección necesaria para obtener la humedad real (líoofilizador).**

Humedad en equipo	Corrección para obtener humedad real (1)							
	Despatch	MLW	Motomco (2)	Ohaus 1	Ohaus 2	E. Exper. 1 (3)	Exper. 2	Thelco
18	0.9	2.5	0.6	0.3	-1.1	-0.2	-2.6	-0.6
17	1.0	2.4	0.5	0.1	-1.2	-0.4	-2.5	-0.6
16	1.0	2.4	0.4	-0.1	-1.3	-0.5	-2.4	-0.6
15	0.8	2.3	0.2	-0.3	-1.5	-0.7	-2.3	-0.7
14	0.9	2.2	0.1	-0.5	-1.6	-0.9	-2.2	-0.6
13	0.9	2.2	0.0	-0.7	-1.7	-1.0	-2.2	-0.6
12	0.8	2.2	-0.1	-0.9	-1.9	-1.2	-2.1	-0.7
11	0.9	2.1	-0.2	-1.1	-2.0	-1.3	-2.0	-0.7
10	0.8	2.0	-0.4	-1.3	-2.1	-1.5	-1.9	-0.7
9	0.8	1.9	-0.5	-1.6	-2.3	-1.6	-1.8	-0.7

Notas : (1) Líoofilizador 0.15 mm Hg, 24 Hr y 25°C en el rango 6.5-15.5% b.h.

(2) Mediciones hechas a temperatura ambiental de 25°C

(3) Equipo experimental infrarrojo.

Para el Motomco, un equipo concebido y usado para cereales de granos y oleaginosas, fue necesario inicialmente realizar ajustes y adaptaciones que permitieron generar tablas de calibración para diferentes lecturas del equipo, por medio de un modelo de regresión bivariado cuadrático, el cual es válido para determinar humedad en trocitos de yuca.

Se generaron 20 tablas de calibración para temperaturas entre 20 y 30° C (68 y 86° F)

donde se puede leer la humedad del producto con una buena precisión, comparada ésta con la humedad obtenida en el liofilizador.

La evaluación de dos métodos infrarrojos, una balanza determinadora de humedad Ohaus y un equipo experimental, permitió encontrar sus condiciones de operación. Con alturas de lámparas de 3.8 cm y 7 cm y amperajes de 1.86 y 1.43, para la balanza Ohaus y el equipo experimental respectivamente, fue posible determinar humedades en 12 minutos, con una buena correlación con respecto al método patrón, con Errores Estándar de 0.74 y 0.90.

La evaluación simultánea de los seis equipos disponibles y la comparación de los resultados con las humedades obtenidas en el liofilizador, permitió comparar, mediante regresiones lineales, la precisión de cada equipo y establecer los parámetros de las ecuaciones correspondientes.

Los equipos más precisos resultaron ser, en orden descendiente, el horno Despatch de ventilación forzada, la estufa con ventilación natural MLW y el Motomco, con Coeficientes de Determinación entre 0.95 y 0.98 y Errores Estándar entre 0.4 y 0.62 (ver CUADRO 8). Al aplicar el mismo criterio, los equipos infrarrojos Ohaus y experimental y el horno Thelco presentaron una correlación relativamente baja respecto al método patrón y altos Errores Estándar, lo cual no los hace recomendables.

Las altas diferencias en los resultados obtenidos en las evaluaciones de los sistemas infrarrojos, se debieron posiblemente a la sensibilidad de los equipos a cambios en el fluido eléctrico. Esto implica que su utilización es difícil por cuanto las humedades encontradas y los tiempos para determinarlas se verán afectadas por estas variaciones eléctricas.

La alta variación entre las humedades de las muestras de un mismo nivel en el horno Thelco parecen deberse a una mala distribución del aire dentro de la cámara de secado.



## **6.6 CARACTERIZACION FISICO-QUIMICA DE HARINA COMESTIBLE DE YUCA DE DIFERENTES VARIEDADES**

**Por: Aida Rodríguez de Stouvenel (Profesora UNIVALLE)**

### **6.6.1 INTRODUCCION**

Como una estrategia de diversificación de mercados para la yuca, se desarrolló en la Fase de Investigación de este proyecto un proceso experimental para producir harina de yuca para consumo humano. Se estableció una planta piloto en Chinú (Córdoba) en la cual se efectúan ajustes para que la producción de la harina sea rentable y de buena calidad.

Los factores que definen la calidad de la harina son básicamente su composición, el recuento microbiano y el comportamiento funcional de las harinas dependiendo de la variedad, las condiciones culturales (fertilizaciones, riego, etc.) y la edad de cosecha.

La harina de yuca ha sido objeto de diversos estudios, sobre todo tendientes a identificar su uso potencial en mezclas de harinas compuestas (3, 6, 7, 10, 17). Los constituyentes bioquímicos de estas harinas y su posible rol e influencia en la aptitud para panificación han sido estudiados por Ciacco y D'Appolonia (5). Ellos encontraron que la harina de yuca tenía altos niveles de fibra (4.66% en base seca), actividad diastásica y porcentaje de almidón dañado (del orden del 45%). Hudson y Ogunsua (12) demostraron que el grado de daño en el almidón de la harina de yuca no tiene efecto sobre la calidad en panificación. Ellos sugieren que la fibra es responsable en buena parte por la inferior calidad en panificación de la harina de yuca en comparación con el almidón de yuca. Evaluaciones del nivel de sustitución que podría recomendarse para utilizarla en panificación, permitieron comprobar que su uso hasta 15% como sustituto de harina de trigo en el pan, era aceptable para consumidores en Bogotá, Colombia (8).

El presente estudio pretende determinar los valores de los constituyentes químicos de harinas de yuca de diferentes variedades, determinar los factores que afectan la composición y evaluar la influencia de la misma sobre algunas de las características funcionales.

### **6.6.2 MATERIALES Y METODOS**

#### Materiales: Variedades y lugar de siembra

Se sembraron en Taminango (Santander de Quilichao) las variedades CMC-40, CM523-7, MCol 1684 y Blanquita. En la estación experimental del CIAT se sembraron las mismas variedades a excepción de Blanquita. Se cosecharon al cabo de 8, 9, 10, 11 y 12 meses, mediante un muestreo de 5 plantas para cada repetición anotando el

peso y número de raíces totales, podridas y "comerciales". El esquema adoptado para la siembra en ambos casos se reporta a continuación:

- Taminango (siembra: Octubre 26/89)

CM 523-7	Blanquita	CMC-40	MCol 1684
Blanquita	CM 523-7	MCol 1684	CMC-40
CMC-40	MCol 1684	CM 523-7	Blanquita

Cosecha: 8, 9, 10, 11 y 12 meses después de la siembra.

- CIAT (siembra: Noviembre 15/89)

MCol 1684	CM 523-7	CMC-40
CMC-40	MCol 1684	CM 523-7
CM 523-7	CMC-40	MCol 1684

Cosecha: 8, 9, 10, 11 y 12 meses después de la siembra.

#### Métodos: Estandarización de las técnicas analíticas

Mediante el ensayo y comparación en el laboratorio de diferentes métodos, se procedió a estandarizar los más convenientes en cada caso, teniendo en cuenta consideraciones referentes a aplicabilidad, rapidez y costo.

#### **Determinación de humedad en estufa**

Se usó un procedimiento estandarizado en los laboratorios de la Sección de Alimentos de UNIVALLE. Para la determinación de la humedad de la harina, se procede a cernir la muestra en un tamiz Tyler No. 8 con el objeto de tener siempre la misma granulometría. Se llevan 10 gr. a estufa a 103°C en cajas petri con tapa, durante 1 hora y 10 minutos. Se lleva a desecador durante 45 minutos y luego se pesa.

#### **Determinación del ácido cianhídrico**

Se utilizó el método desarrollado en CIAT por Cooke (9).

#### **Determinación del contenido de almidón**

Se utilizó el procedimiento de hidrólisis enzimática de Batey (4) con algunas modificaciones. La técnica se basa en el principio de la degradación enzimática del almidón en glucosa para luego determinar la cantidad de glucosa liberada:

- (i) se solubiliza el almidón con amilasa termostable
- (ii) se hidroliza el almidón con amiloglucosidasa
- (iii) se determina la glucosa liberada utilizando el reactivo de glucosa-oxidasa-peroxidasa. ABTS.

### **Determinación del porcentaje de fibra cruda**

Se efectuó utilizando el método del detergente ácido (2). En su determinación se utiliza una muestra libre de humedad y grasa, la cual se digiere con una solución de ácido débil para hidrolizar los carbohidratos y material proteínico; luego se hace una digestión con una solución de base débil para ocasionar la saponificación de los materiales grasos no extraídos anteriormente. Los residuos compuestos principalmente de fibra y algunos minerales se recogen en un crisol de filtro; estos residuos, después de incinerarse, son pesados para cuantificar la pérdida de peso, lo cual determina la cantidad de fibra cruda contenida en la muestra.

### **Cuantificación de proteína**

Se efectuó siguiendo el método de micro-Kjeldahl, mediante el cual se cuantifica el nitrógeno total y se convierte en proteína multiplicándolo por un factor; método 920.87 del AOAC (2).

### **Determinación de azúcares reductores y totales**

Se siguió el método de Lane-Eynon, General Volumetric Method, 923.09 del AOAC (2).

### **Determinación de grasa y ceniza**

Se determinaron de acuerdo con los métodos AACC (1).

### **Determinación de la viscosidad**

Procedimiento estandarizado en los laboratorios de la Sección de Alimentos de UNIVALLE. Una suspensión de almidón es calentada con agitación hasta llegar a 95°C, la cual se deja enfriar manteniendo la agitación hasta 36°C. La lectura se efectúa a 30°C utilizando un viscosímetro Brookfield modelo DV-II.

## **6.6.3 RESULTADOS**

### Caracterización físico-química de variedades

La caracterización de las variedades en estudio se efectuó mediante análisis proximal del parénquima y de las raíces integrales sin cascarilla (materia seca, proteínas, fibra, cenizas, azúcares totales y reductores, almidón, cianuro libre y total). Los análisis físico-químicos se efectuaron tanto en los laboratorios del CIAT como en los laboratorios de la Sección de Alimentos de UNIVALLE. Las determinaciones de cianuro libre y total se efectuaron totalmente en CIAT. En todos los casos (a excepción de las determinaciones de materia seca de las raíces), las muestras para análisis se convirtieron previamente en harina. Para la obtención de la harina de yuca,

las raíces se lavan con agua potable en una máquina lavadora de tambor rotatorio que opera por tandas. Se pasan luego por una máquina picadora. Los trozos obtenidos se secan hasta aproximadamente un 13% de humedad y se muelen en un molino de martillos.

Los resultados, en términos de la fluctuación en la composición química de las muestras bajo estudio, se reportan para cada una de las variedades, según el sitio de siembra y la evolución mes a mes.

El CUADRO 1 muestra la evolución del contenido de materia seca en muestras de cuatro variedades de yuca provenientes del CIAT y Taminango. Los datos indican que las raíces peladas tienen un contenido de materia seca promedio de 35.78% mientras que en las raíces enteras este valor es de 34.26%, habiendo poca diferencias entre los valores en función de la variedad ni de la edad de cosecha. Puede afirmarse que, en términos generales, el contenido de materia seca de los raíces de yuca es de 35%.

El CUADRO 2 reporta la evolución del contenido de almidón y los azúcares reductores y totales, cianuro libre y total para las cuatro variedades en estudio. Se espera identificar si hay un período adecuado para la cosecha en función del contenido de almidón que debe ser el más alto posible, del contenido de cianuro que por su parte debe encontrarse en su menor valor y analizar si existe alguna relación entre estos valores, la variedad y el sitio de siembra.

Al analizar el contenido de almidón de las raíces, se observa que el contenido del mismo aumenta con la edad, siendo 85% el valor promedio de todas las muestras de harina integral. Al analizar el contenido de almidón en el parénquima, se encuentra que el valor promedio es de 90% para las muestras sembradas en Taminango y de 91.6% para las muestras sembradas en el CIAT. Estos resultados se reportan en la CUADRO 3.

Con base en los valores encontrados, podría pensarse en cosechar las raíces a los 12 meses, teniendo con ello la mayor concentración de almidón. De otra parte, el contenido de cianuro en las muestras evoluciona poco con la edad. En la variedad CM 523-7, sembrada en Taminango, se observa una concentración en CN total significativamente superior a la contenida en las muestras sembradas en el CIAT.

El CUADRO 4 reporta los análisis físico-químicos de las harinas de yuca obtenidas de las 4 variedades en estudio.

**CUADRO 1. Evolución del contenido de materia seca en muestras de yuca provenientes del CIAT y Taminango (valores promedios de las repeticiones)**

Lote/Varietad	Lugar	Edad	Materia Seca Integral (%)	Materia Seca Parénquima (%)
CMC 40	CIAT	8	28.6	31.5
		9	36.9	37.9
		10	33.2	35.9
		11	28.9	32.5
		12	23.2	34.9
	Taminango	8	40.3	41.2
		9	39.6	41.7
		10	40.6	42.8
		11	36.8	40.3
		12	33.4	37.6
CM 523-7	CIAT	8	39.9	40.7
		9	40.0	41.1
		10	39.7	39.6
		11	36.2	36.2
		12	35.8	37.6
	Taminango	8	31.6	35.8
		9	34.4	36.7
		10	34.9	37.7
		11	31.2	33.7
		12	27.9	28.4
BLANQUITA	Taminango	8	34.3	36.0
		9	33.8	34.3
		10	34.2	35.0
		11	29.5	30.7
		12	28.3	30.0
M Col 1684	CIAT	8	36.6	36.1
		9	32.7	35.8
		10	31.5	32.0
		11	30.3	32.1
		12	30.2	32.5
	Taminango	8	41.2	41.8
		9	42.4	42.8
		10	43.1	44.8
		11	38.9	38.0
		12	35.8	37.3

**CUADRO 2. Evolución del contenido de azúcares, almidón y cianuro en muestras de harina de yuca procedentes del CIAT y Taminango**

Lote Variedad	Lugar	Edad	M.S. %	AT %	AR %	A %	CN Total ppm	CN Libre ppm	L/T %	
CMC 40	CIAT	8	91.7	4.5	0.4	83	112	56	50	
		9	92.9	3.4	0.8	93	162	81	50	
		10	95.1	4.4	1.4	94	217	27	12	
		11	93.5	3.9	1.6	86	136	34	25	
		12	93.4	3.8	1.8	90	62	25	40	
	Taminango	8	95.6	5.0	2.8	82	238	61	26	
		9	92.9	5.1	1.7	84	109	47	43	
		10	94.9	3.0	1.7	81	183	47	26	
		11	93.3	3.1	2.1	87	120	45	38	
		12	93.1	4.9	2.7	88	152	48	32	
	CM 523-7	CIAT	8	92.4	2.3	0.1	86	73	25	34
			9	92.9	2.6	0.6	91	117	73	62
10			94.1	1.8	0.9	88	68	21	31	
11			93.2	2.6	1.0	88	82	27	33	
12			92.9	2.0	0.9	91	47	19	40	
Taminango		8	94.7	3.7	1.2	85	142	35	25	
		9	94.5	1.8	0.0	82	127	24	19	
		10	94.6	2.8	0.4	84	133	37	28	
		11	93.5	2.6	1.0	92	102	47	46	
		12	92.7	4.2	1.8	94	105	25	24	
Blanquita	Taminango	8	94.2	2.9	1.1	91	172	37	22	
		9	92.8	1.9	0.0	81	123	30	24	
		10	94.1	2.9	1.0	83	136	68	50	
		11	93.2	2.5	1.3	92	115	55	48	
		12	93.2	4.2	2.0	92	136	55	40	
M Col 1684	CIAT	8	92.2	2.3	0.1	84	337	169	50	
		10	94.7	2.9	1.2	90	479	38	8	
		11	93.5	2.0	1.7	90	432	178	41	

M.S.: Materia Seca; AT: Azúcares Totales; AR: Azúcares Reductores; A: Almidón; CN Total: Cianuro Total (base seca); CN Libre: Cianuro Libre (base seca); L/T: Cianuro Libre/Cianuro Total.

**CUADRO 3. Evolución del contenido de almidón (%) en el parénquima de 4 variedades de yuca (valores promedios de las repeticiones).**

Lote Variedad	Lugar	Edad (meses)				
		8	9	10	11	12
CMC 40	CIAT	92.7	91.0	92.0	92.0	90.3
CM 523-7		90.3	92.0	91.7	91.7	90.3
M Col 1684		92.3	92.0	94.0	91.0	90.7
CMC 40	Taminango	85.3	88.7	91.3	92.7	93.0
CM 523-7		91.3	87.3	91.0	92.3	91.3
M Col 1684		90.0	88.3	87.3	92.3	87.3
Blanquita		89.3	92.0	90.3	90.3	87.3

Con el propósito de evaluar la influencia de la cáscara sobre la composición, se produjeron muestras de harina integral, las cuales se analizaron en su contenido de materia seca, cenizas, proteína (N x 6.25) y fibra. Los resultados se reportan en la CUADRO 5.

El CUADRO 6 muestra los valores de composición promedia de harinas integrales de yuca en función de la variedad. En ellos se incluyen los valores obtenidos de una mezcla de las variedades CMC-40, HMC-1, HMC-2 que se utilizaron para preparar harina de yuca para consumo humano que iba a ser empleada en los estudios de almacenamiento.

Al efectuar la comparación de los resultados obtenidos en función del lugar de siembra, se obtiene el CUADRO 7.

La composición de las variedades estudiadas presenta variaciones que están relacionadas no solamente con la variedad misma sino también con los pisos térmicos y las condiciones culturales (fertilizaciones, riego, etc.) de los cultivos de yuca. En los CUADROS 6 y 7 puede observarse que los componentes que presentan mayor variación son principalmente la ceniza y la proteína. El contenido promedio de fibra encontrado como de 4.4% es alto y similar al encontrado en estudios anteriores para otras variedades de yuca.

**CUADRO 4. Análisis físico-químico de muestras de Harina de Yuca de 4 variedades de yuca (promedios de las repeticiones).**

Lote Variedad	Lugar	Edad meses	H %	C %	P %	G %	F %	AR %	AT %	
CMC 40	CIAT	8	11.9	2.2	4.1	2.1	1.9	1.2	1.4	
		10	7.8	2.0	4.3	0.6	2.1	1.6	1.8	
		11	10.4	2.2	4.1	0.7	1.7	1.2	2.3	
		12	10.7	2.0	3.9	0.8	1.7	1.2	1.3	
	Taminango	8	8.2	1.7	2.9	0.9	1.4	2.0	2.0	
		9	10.0	1.6	3.3	0.7	1.9	1.3	2.1	
		10	7.9	1.8	3.8	0.8	2.5	1.4	2.7	
		11	9.1	1.5	3.9	0.7	1.9	2.6	2.6	
	CM 523-7	CIAT	8	8.9	1.6	3.9	0.8	1.5	1.6	2.3
			9	8.1	1.7	4.0	1.7	1.6	1.3	1.7
			10	8.3	1.5	5.1	0.9	1.9	1.3	1.5
			11	8.5	1.3	4.3	0.9	1.8	1.2	1.4
Taminango		8	9.7	1.3	1.3	4.4	1.0	1.8	1.3	
		9	10.2	2.2	3.3	1.7	1.5	0.9	1.3	
		10	9.9	2.3	3.9	0.8	1.8	0.9	1.5	
		11	8.7	1.9	5.0	1.2	1.6	0.7	0.7	
Blanquita		Taminango	10	10.4	1.9	3.9	0.9	1.5	0.6	1.5
			12	10.7	1.7	3.3	1.1	1.7	0.8	1.4
			8	9.6	1.3	3.8	1.8	1.6	0.9	1.1
			9	8.6	1.6	4.6	1.0	1.9	1.2	1.5
	Taminango	10	8.6	1.6	5.3	1.1	2.8	1.3	1.4	
		11	9.0	1.3	4.4	0.9	1.6	1.2	1.2	
		12	9.9	1.3	3.4	1.1	1.9	1.3	2.1	
		8	9.6	1.3	3.8	1.8	1.6	0.9	1.1	
	M Col 1684	CIAT	10	9.1	2.0	4.7	0.5	2.1	1.3	1.3
			11	10.5	1.9	5.3	0.9	3.6	1.3	1.3
			12	10.5	2.1	4.6	1.0	2.0	1.1	1.5
		Taminango	10	8.9	1.9	4.8	0.8	2.6	1.9	2.2
11			9.0	1.6	5.8	1.0	3.6	1.8	2.0	
12			11.3	1.6	6.1	1.0	2.0	2.2	3.6	

H: Humedad; C: Ceniza; P: Proteína (N x 6.25); G: Grasa; F: Fibra; AR: Azúcares Reductores (basados en glucosa y fructosa); AT: Azúcares Totales (resultados expresados en base seca).



**CUADRO 5. Análisis físico-químico de muestras de harina integral de yuca procedentes de lotes sembrados en CIAT y Taminango (valores promedios de las repeticiones).**

Lote Variedad	Lugar	Edad meses	M.S. %	C %	F %	P %	
CMC 40	CIAT	8	92.5	2.9	5.6	3.0	
		9	94.8	2.8	4.6	3.6	
		10	92.9	3.2	3.9	3.7	
		11	93.6	3.3	4.2	3.1	
		12	94.6	3.2	3.9	2.8	
	Taminango	8	89.9	2.1	4.4	3.0	
		9	93.4	1.7	4.5	3.4	
		10	94.9	1.9	4.5	3.7	
		11	91.2	2.1	5.5	3.8	
		12	89.1	2.3	4.9	3.5	
	CM 523-7	CIAT	8	92.8	2.3	4.6	3.7
			9	95.0	2.5	4.1	3.4
10			95.6	2.7	3.6	3.0	
11			93.4	3.0	3.6	3.1	
12			94.5	2.9	3.9	3.5	
Taminango		8	90.1	2.5	5.1	2.4	
		9	93.3	2.0	3.7	1.9	
		10	95.9	2.2	4.6	2.5	
		11	91.2	2.5	4.1	2.2	
		12	88.3	2.7	4.5	2.3	
M Col 1684		CIAT	8	92.9	2.7	5.3	3.7
			9	94.6	2.9	4.6	4.5
	10		95.3	3.0	4.8	4.3	
	11		92.9	3.7	4.4	3.9	
	12		94.3	3.2	3.7	4.1	
	Taminango	8	89.8	2.1	4.4	3.2	
		9	92.9	1.7	3.9	3.1	
		10	95.3	1.9	4.1	3.0	
		11	90.8	1.9	3.9	3.0	
		12	89.1	2.1	3.6	2.8	
	Blanquita	Taminango	8	90.3	2.3	4.9	2.3
			9	93.4	2.2	5.2	2.7
10			95.5	2.1	4.9	2.9	
11			90.9	2.5	3.7	3.4	
12			88.2	2.4	4.2	3.0	

M.S.: Materia Seca; C: Ceniza; P: Proteína (N x 6.25); F: Fibra (resultados expresados en base seca).

**CUADRO 6. Análisis físico-químico de composición promedio de harina integral de yuca de distintas variedades.**

Variedad	Lugar	M.S. %	C %	F %	P %	A %	AR %	AT %
CMC 40 HMC 1 HMC 2	CIAT	88.0	3.0	1.7	4.7	87.9	1.2	2.8
CMC 40	CIAT	93.7	3.1	4.4	3.2	84.6	1.5	4.3
	Taminango	91.7	2.0	4.8	3.5	86.8	1.3	3.6
CM 523-7	CIAT	94.3	2.7	3.9	3.4	85.7	0.8	3.1
	Taminango	91.7	2.4	4.4	2.3	85.5	2.5	4.9
M Col 1684	CIAT	94.0	3.1	4.6	4.1	84.6	1.3	4.3
	Taminango	91.6	1.9	3.9	3.0	88.0	1.0	3.4
Blanquita	Taminango	91.7	2.3	4.6	2.9	83.9	1.6	4.3

M.S.: Materia Seca; C: Ceniza; P: Proteína (N x 6.25); F: Fibra; AR: Azúcares Reductores (basados en glucosa y fructosa); AT: Azúcares Totales (resultados expresados en base seca).

**CUADRO 7. Comparación entre los valores promedios de los análisis físico-químicos de composición de Harina Integral de Yuca, de muestras de cuatro variedades provenientes del CIAT y Taminango.**

Lugar	M.S. %	C %	F %	P %	A %	A.R. %	A.T. %
CIAT	93.9	2.9	4.3	3.6	85.7	1.2	3.6
Taminango	91.7	2.2	4.4	2.9	86.1	1.6	4.1

**BIBLIOGRAFIA**

- AACC,. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. Minnesota. 8<sup>th</sup> Edition, 1983.
- AOAC,. Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists. 15<sup>th</sup> Edition. Arlington, Virginia, 1990.
- ACERO DE VARGAS, S.; NIETO A., A. Producción industrial de harina de yuca, su enriquecimiento con harina de soya y vitamina C y su aplicación a productos de consumo con evaluación de su aceptabilidad. Universidad Jorge Tadeo Lozano, ICBF. Bogotá, 1986.
- BATEY, L. Starch analysis using degustable Alpha Amylase. Starch, 34, 125-128, 1984.
- CIACCO, C.F.; D'APPOLONIA, B.L. Characterization of starches from various tubers and their use in bread-baking. Cereal Chem. 54:1096 (1977).
- CIACCO, C.F.; D'APPOLONIA, B.L. Baking studies with cassava and yam flour. I. Biochemical composition of cassava and yam flour. Cereal Chem. 55(3):402-411 (1978).
- CHACÓN M., M. Sustitución parcial de harina de arroz, banano, soya y yuca. Caracterización de sus propiedades y posible utilización en galletería comercial. Universidad de Costa Rica. 1983.
- CIAT, IIT, UNIVALLE-CIID. Informe de la primera reunión de la mesa de consulta del proyecto sobre producción y uso de harina de yuca para consumo humano. Cali. CIAT, 1986.
- COOKE, R.D. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). J. Sci. Food Agric. 29:345-352, 1978.
- DENDY, D.A.V., CLARKE, P.A., AND JAMES, A. W. The use of blends of wheat and non wheat flours in breadmaking. Trop. Sci. 12:13 (1970).
- HANH, P.P. AND RASPER, V. The effec. of nonstarchy polysaccharides from yam, sorghum and millet flours on the rheological behavior of wheat doughs. Cereal Chem. 51:734 (1974).

- HUDSON, J.F. AND OGUNSUA, A.O. The effects of fiber, starch damage and surfactants on the baking quality of wheat/cassava composite flours. *J. Food Technol.* 11:129 (1976).
- HUDSON, J.F. AND OGUNSUA, A.O. Lipids of cassava tubers (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Sci. Food Agr.* 25:1503 (1974).
- KETIKU, A.O. AND OYENUGA, V.A. Changes in the carbohydrates constituents of cassava root tuber (*Manihot utilissima* Pohl) during growth. *J. Sci. Food Agr.* 23:1451 (1972).
- KHAJARERN J.M., TERAPUNTUWAT S., KHAJARERN S. AND SOONTORNSORN S. Determination of basic chemical parameters of cassava root products of different origin, processing technology and quality. *KKU-IDRC Cassava/Nutrition Project Chem. Ana.* 001/1976.
- RASPER, V., RASPER, J. AND MABEY, G.L. Functional properties of non-wheat flour substitutes in composite flours. I. The effect of non-wheat starches in composite doughs. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 7(2):86 (1974).
- ROJAS V., A., SILVA P., M. Obtención de una mezcla de harina a partir del procesamiento de tubérculos, cereales y leguminosas para la preparación de alimentos de consumo humano. Universidad Javeriana, Cali. 1988.
- RICKARD, J. Functional properties of cassava starch. Taller "Avances sobre almidón de Yuca" CIAT, Cali. 1991. PROYE

## **6.7 EVALUACION DE PROPIEDADES FUNCIONALES DE HARINA COMESTIBLE DE YUCA EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS**

**Por: Aida Rodríguez de Stouvenel (Profesora UNIVALLE)**

### **6.7.1 INTRODUCCION**

En la Fase de Investigación del proyecto se desarrolló un proceso experimental para producir harina de yuca para consumo humano. Se recomendó un nivel de sustitución de harina de trigo hasta del 15% en panificación, el máximo aceptable para los consumidores en Bogotá.

Sin embargo, debido a la actitud de los panaderos quienes son reacios al cambio, se decidió no enfocar los esfuerzos de mercado en la categoría de panificación. El estudio de mercados detectó un potencial para el uso de harina de yuca en otras categorías de alimentos, en donde participan empresas grandes, medianas y pequeñas.

Las empresas grandes pueden utilizar la harina de yuca sin mayores problemas si las ventajas de precio y/o calidad funcional lo justifican porque tienen su propia capacidad de modificar sus formulaciones o las condiciones del proceso para compensar por las diferencias entre la harina de yuca y la harina que antes utilizaban.

Por el contrario, las empresas procesadoras de alimentos pequeñas y medianas requieren de un apoyo mayor respecto a información sobre comportamiento funcional de la harina de yuca y algunos criterios de orden técnico que deban tenerse en cuenta para las diferentes formulaciones.

Los ensayos para predecir el comportamiento funcional de la harina de yuca van desde la medida de propiedades físico-químicas, como viscosidad y solubilidad, hasta ensayos simples como ingrediente en productos tradicionales de yuca o como sustituto de otras materias primas farináceas.

En el estudio de mercados efectuado en la región occidental de Colombia, se identificaron algunos productos tanto de fabricación industrial como de producción tradicional que podrían utilizar en sus formulaciones la harina de yuca. Se seleccionaron las coladas y el manjarblanco para efectuar estudios preliminares del nivel de sustitución al emplear harina de yuca en esas formulaciones. De la región de la Costa Atlántica se seleccionó el diabolín como producto tradicional a ser evaluado.

Los criterios que son tenidos en cuenta en la elaboración de los productos con harina de yuca son:

- la harina de yuca debe mezclarse fácilmente y ser compatible con los otros ingredientes; no debe formar grumos y debe hidratarse uniformemente

- la viscosidad de la formulación no deberá reducirse o suprimirse por la presencia de la harina de yuca y los demás ingredientes de la misma
- el producto debe ser fácilmente convertido en el alimento final y ser capaz de resistir los tratamientos a que sea sometido durante el proceso
- el producto debe ser atractivo, tener la consistencia y textura correcta y ser fácil de servir
- debe ajustarse a las regulaciones existentes

Con base en las consideraciones anteriores, el presente proyecto se centró en las siguientes tres acciones principales: (i) conocer la calidad culinaria de cuatro variedades de yuca, (ii) conocer algunas de las propiedades funcionales de harina de cuatro variedades de yuca y evaluar la influencia de la edad y la variedad sobre dichas propiedades, y (iii) ensayar formulaciones de los productos seleccionados, utilizando en ellas harina de yuca de las variedades bajo estudio.

## 6.7.2 MATERIALES Y METODOS

### Materiales: variedades y lugar de siembra

Se sembraron en Taminango (Santander de Quilichao), las variedades CMC-40, CM 523-7, MCol 1684 y Blanquita. En la estación experimental del CIAT se sembraron las mismas variedades a excepción de Blanquita. Se cosecharon al cabo de 8, 9, 10, 11 y 12 meses de edad, mediante un muestreo de 5 plantas para cada repetición anotando el peso y número de raíces totales, podridas y "comerciales". El esquema adoptado para la siembra en ambos casos se reporta a continuación:

- Taminango (Siembra: Octubre 26/89)

CM 523-7	BLANQUITA	CMC-40	MCol 1684
BLANQUITA	CM 523-7	MCol 1684	CMC-40
CMC-40	MCol 1684	CM 523-7	BLANQUITA

Cosecha: 8, 9, 10, 11 y 12 meses después de la siembra.

- CIAT (Siembra: Noviembre 15/89)

MCol 1684	CM 523-7	CMC-40
CMC-40	MCol 1684	CM 523-7
CM 523-7	CMC-40	MCol 1684

Cosecha: 8, 9, 10, 11 y 12 meses después de la siembra.

## Métodos

### **Estandarización de las técnicas analíticas**

Mediante el ensayo y comparación en el laboratorio de diferentes métodos, se procedió a estandarizar los más convenientes en cada caso, teniendo en cuenta consideraciones referentes a aplicabilidad, rapidez y costo.

#### 1. Determinación de humedad en estufa

Procedimiento estandarizado en los laboratorios de la Sección de Alimentos de UNIVALLE. Para la determinación de la humedad de la harina, se procede a cernir la muestra en un tamiz Tyler No. 8 con el objeto de tener siempre la misma granulometría. Se llevan 10 gr. a estufa a 103°C en cajas petri con tapa, durante 1 hora y 10 minutos. Se lleva a desecador durante 45 minutos y luego se pesa.

#### 2. Determinación del contenido de almidón

Se utilizó el procedimiento de hidrólisis enzimática de Batey (1984) con algunas modificaciones. La técnica se basa en el principio de la degradación enzimática del almidón en glucosa para luego determinar la cantidad de glucosa liberada:

- (i) se solubiliza el almidón con amilasa termostable
- (ii) se hidroliza el almidón con amiloglucosidasa
- (iii) se determina la glucosa liberada utilizando el reactivo de glucosa-oxidasa-peroxidasa. ABTS.

#### 3. Determinación de la viscosidad

Este procedimiento se estandarizó en los laboratorios de la Sección de Alimentos. Una suspensión de almidón es calentada con agitación hasta llegar a 95°C, la cual se deja enfriar manteniendo la agitación hasta 36°C. La lectura se efectúa a 30°C utilizando un viscosímetro Brookfield modelo DV-II.

### **Evaluación de la calidad culinaria**

La calidad culinaria de las cuatro variedades en estudio se evaluó mediante pruebas de tiempo de cocción y evaluación organoléptica de las raíces cocinadas. Para definir una yuca como de buena calidad en la cocción, el tiempo máximo empleado para estar blanda se estableció en 20 minutos. La evaluación sensorial de las raíces cocinadas se efectuó mediante apreciación de la textura, de si se encontraba vidriosa,

si se sentía fibrosa al masticarla, si su sabor era insípido, característico o dulce, y la presencia de sabor amargo. En todos los casos, se califica con una escala de 0 a 3,

asignándole 0 al atributo evaluado como "Muy bueno" y 3 al "Malo". El panel de degustación se efectuó con personal técnico y profesional del CIAT.

## **Formulaciones**

Con el fin de obtener resultados comparables en el estudio de los niveles de sustitución de harina de yuca en varios productos, se procedió a preparar la muestra de harina. Para la obtención de la harina de yuca, las raíces se lavan con agua potable en una máquina lavadora de tambor rotatorio que opera por tandas. Se pasan luego por una máquina picadora. Los trozos obtenidos se secan hasta 13% de humedad y se muelen en un molino de martillos.

Se definieron algunos criterios que permitieron calificar las diferentes formulaciones. Los criterios de selección adoptados se evaluaron mediante paneles de degustación de las distintas muestras. Para las pruebas de preferencia de cada formulación se utilizó una escala no estructurada de 1 a 5 con la indicación en los extremos "Me disgusta mucho" (5) y "Me gusta mucho" (1 punto). Para estas pruebas, los jueces fueron estudiantes y personal técnico y profesional de la Sección de Alimentos de UNIVALLE.

### **6.7.3 RESULTADOS**

#### Evaluación de la calidad culinaria

En el CUADRO 1 se reportan los resultados promedios de las repeticiones efectuadas en los tiempos de cocción de las cuatro variedades, teniendo en cuenta la edad y el sitio de siembra.

El tiempo de cocción promedio para las variedades sembradas en el CIAT es de 19.7 minutos y para esas mismas variedades sembradas en Taminango, es de 30.4 minutos, no existiendo diferencia marcada entre los valores obtenidos en el tiempo de cocción según la edad de los raíces.

De igual manera se evaluaron las otras características como textura, vidrioso, sabor y amargo. Los resultados de la evaluación organoléptica indican que, a excepción de las variedades de yuca ama gas, las otras pueden comercializarse como producto fresco sin inconvenientes, pues la calificación obtenida por parte de los degustadores fue muy buena en todos los factores evaluados.



### Estudio de las propiedades funcionales

Para identificar cambios que pueden presentarse en el almidón en la harina de yuca durante un tratamiento hidrotérmico, se efectuaron estudios de viscosidad de suspensiones de harina de yuca al 3, 4, 6 y 8% utilizando un viscosímetro Brookfield. Los resultados obtenidos se reportan en la CUADRO 2.

**CUADRO 1. Tiempos de cocción (minutos) de variedades de yuca sembradas en el CIAT y en Taminango en relación con la edad (valores promedios de las repeticiones)**

Variedad	Edad				
	8	9	10	11	12
<b>CIAT</b>					
CM523-7	15	14	18	17	20
CMC-40	14	16	30	17	20
MCol-1684	9	20	25	30	20
<b>TAMINANGO</b>					
CM523-7	30	30	35	30	30
CMC-40	7	28	35	30	30
MCol-1684	25	28	35	30	30
Blanquita	30	30	35	30	30

Se observa que en las cuatro variedades hay poca variación en los valores obtenidos para cada concentración utilizada, indicando la poca influencia que sobre las propiedades de gelatinización de estas harinas tienen la variedad, la zona de cultivo y la época de cosecha. De otra parte, las viscosidades se incrementan proporcionalmente a la concentración de las suspensiones.

En las variedades cultivadas en CIAT se prolongó la siembra durante 15 meses, tomándose muestras de harinas a las que se les efectuaron también estudios de gelatinización. Se observa que la viscosidad de suspensiones al 4 y 8% no se ve afectada por la edad de los raíces. Ver FIGURA 1 en la que se representan las viscosidades de suspensiones gelatinizadas de la variedad CM 523-7 del CIAT.

Se procedió luego a determinar la viscosidad en muestras de almidones de las mismas variedades bajo estudio, reportándose los resultados en el CUADRO 3.

# Propiedades funcionales Harina de Yuca

## Evolución viscosidad

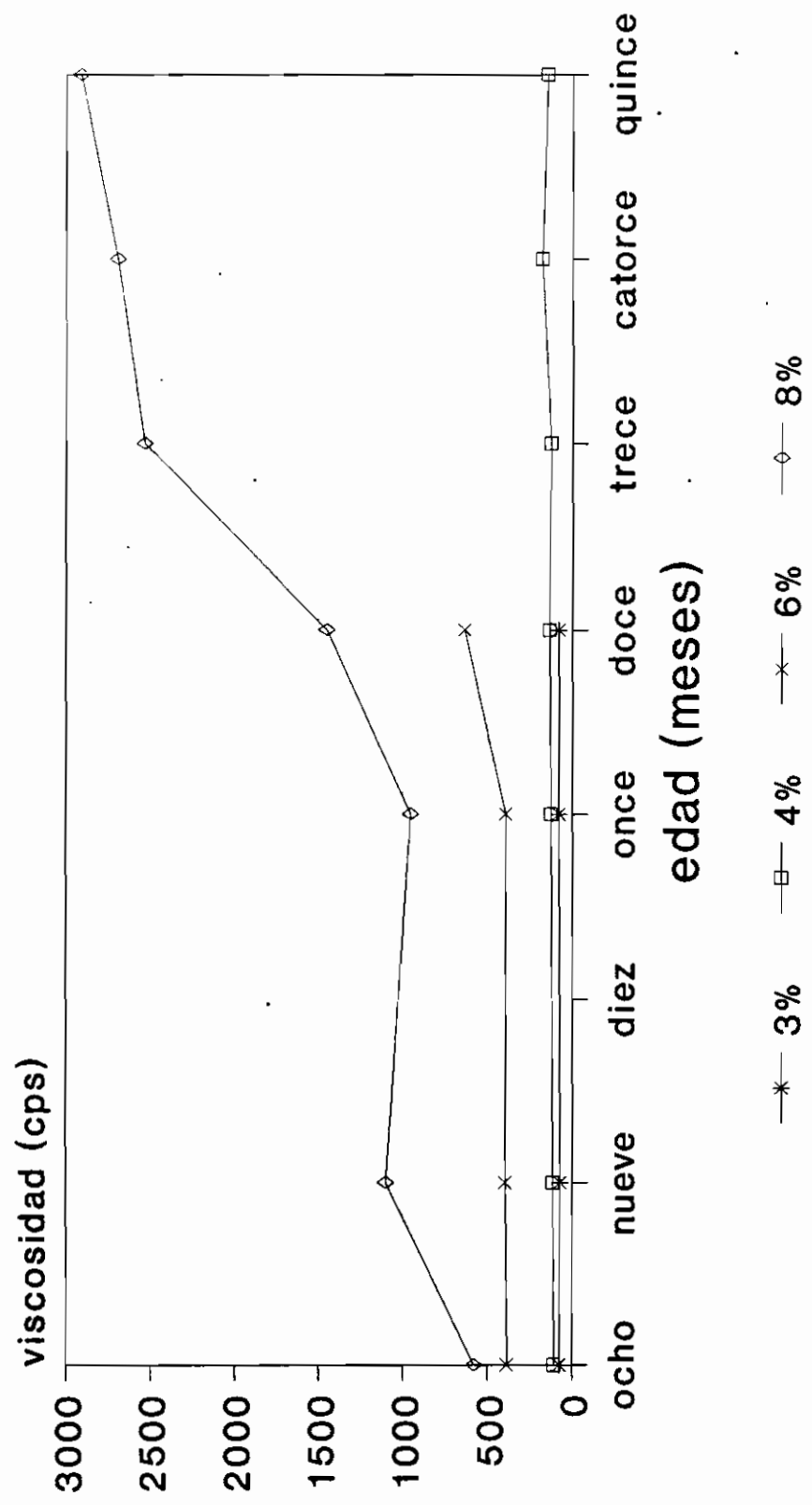


Figura 1. Viscosidad de suspensiones  
CM 523-7

Se observa que la viscosidad de las suspensiones gelatinizadas de almidones es significativamente mayor que la de las muestras de harinas a las mismas concentraciones. Estos resultados parecen indicar que la presencia de los otros constituyentes de las harinas asociados con los gránulos de almidón, podrían tener influencia significativa sobre las propiedades funcionales.

Se requieren posteriores investigaciones para evaluar los factores que podrían estar afectando el comportamiento funcional de las harinas y almidones de yuca.

### Ensayos de sustitución y formulación de productos

Con el propósito de evaluar la factibilidad de utilizar la harina de yuca en la formulación de productos, principalmente en aquellos que se seleccionaron del estudio de mercados efectuado simultáneamente con el presente proyecto, se trató de encontrar el porcentaje de harina de yuca que podría sustituir a la materia prima farinácea que se estuviera utilizando en ellos. Los productos evaluados fueron las harinas para coladas y el manjarblanco.

Para obtener una buena formulación, se consideraron algunos criterios pertinentes para la selección de un adecuado nivel de sustitución. En el caso de las coladas, se considera que su consumo es más por una tradición de consumo que por su valor nutritivo. Se busca, entonces, que la adición de la harina de yuca en la formulación no altere algunas de sus características principales, sobre todo la textura.

En manjarblanco se utilizó una formulación tradicional que utiliza harina de arroz, la cual se sustituyó parcialmente por harina de yuca y se evaluó el resultado, sobre todo las características organolépticas.

### **Harinas para coladas**

Se caracterizaron en su composición tres harinas para coladas de consumo masivo. La harina de yuca utilizada en las formulaciones tenía una composición de 3.2% proteína, 0.9% grasa, 8.3% humedad, 4.6% fibra y las partículas con un diámetro geométrico promedio de 9.26  $\mu$ . Se evaluaron las formulaciones preparadas con niveles de sustitución entre 5 y 20% en su peso, que garantizaban poco cambio en la composición del producto, así como una buena estabilidad en la preparación. Usando proporciones de 1:10 (harina:agua) y tiempos de cocción de 5 minutos para la elaboración de coladas, se encuentra que las preparaciones presentan estabilidad en 24 horas. Su consistencia es más blanda, la textura levemente granulosa.

El CUADRO 4 exhibe el mejor resultado de la degustación efectuada.

## Manjarblanco

Se efectuaron ensayos a escala de laboratorio y con un pequeño fabricante de manjarblanco a quien se le suministró una muestra de harina de yuca para su utilización en condiciones de planta. La fórmula tradicional utiliza relaciones en peso de 1 parte de almidón de arroz por 9 partes de azúcar y 24 partes de leche entera. Los ensayos se programaron según el esquema que aparece en el CUADRO 5.

En cada uno de los ensayos se registra la temperatura y el tiempo necesario para alcanzar el punto o consistencia característica, entonces se miden los °Brix. En todos los ensayos el manjarblanco obtenido tuvo muy buena aceptación. A medida que se incrementa la cantidad de harina de yuca en la formulación, el producto adquiere una consistencia más blanda y una textura granulosa.

**CUADRO 2. Viscosidad (cps) de suspensiones de muestras de harina de yuca provenientes del CIAT y Taminango**

Lote variedad	Lugar	Edad (meses)	Concentración suspensiones					
			3%	4%	6%	8%		
CMC-40	CIAT	8	70	95	278	681		
		9	73,2	107	498	1010		
		11	63,8	95	280	848		
		12	75,2	102	312	1480		
		13		124		2330		
		14		125		2030		
	Taminango	8	66,4	101	292	904		
		9	73,2	107	498	1010		
		12	76,8	97	358	3660		
		<hr/>						
		CM 523-7	CIAT	8	75,2	107	384	580
				9	71,2	114	394	1100
11	78,4			128	390	952		
12	79,2			133	632	1450		
13				126		2530		
14				179		2690		
Taminango	8		73,8	90	370	2580		
	10		74,4	110	460	600		
	12		80	127	448	2560		
	<hr/>							
	Blanquita		Taminango	9	70,8	116	338	812
				10	67,8	99	358	688
12		78,8		107	920	6080		
<hr/>								
MCol 1684	CIAT	11	62,8	90	304	780		
		12	73,8	95	278	1360		
		13		109		2160		
		14		154		1210		
		15		94		1880		
	Taminango	10	59,2	100	280			
		12	76,4	123	508	820		

A nivel de laboratorio se efectuaron ensayos de obtención de manjarblanco utilizando la misma formulación tradicional, pero empleando harina de arroz y harina de yuca en diferentes proporciones en reemplazo del almidón de arroz. Se utilizó azúcar refinada comercial y leche en polvo comercial de la siguiente composición: grasa 29.9%, proteína 27.5%, lactosa 37.7%, sales minerales 6.9%, humedad 3.6%. La harina de arroz está compuesta de 7.8% de proteína, 1.17% de grasa, 88.0% de almidón y 12.6% de humedad. Por su parte, la harina de yuca contiene 5.1% de proteína, 0.9% de grasa, 90.5% de almidón y 8.3% de humedad.

**CUADRO 3. Evolución de la viscosidad (cps) de suspensiones gelatinizadas de almidón de yuca procedentes del CIAT Y Taminango.**

Variedad	Lugar	Edad (meses)	Concentración suspensiones			
			3%	4%	6%	8%
CMC-40	CIAT	8	193	291	1670	3390
		9	144	433	3330	6940
		10	139	602	3190	7870
		11	111	632	2740	7020
		12	99	169	1040	2560
	Taminango	9	213	664	3570	9610
CM523-7	CIAT	10	159	234	6400	13000
		8	130	218	1690	4240
		9	124	560	2490	3750
		10	137	341	1100	3290
		11	160	312	1900	5120
	12	100	642	5540	6240	
Taminango	10	144	171	900	2880	
	12	167	410	5380	5640	
Blanquita	Taminango	10	70	1960	5310	12100
		12	76	810	2610	3040
MCol 1684	CIAT	8	125	500	1240	2820
		9	96	280	1540	2150
		10	122	312	1510	3710
		11	160	379	1000	3220
		12	80	145	770	2680
	Taminango	10	80	826	1140	8860
		12	236	932	1600	3920

En el CUADRO 6 se reportan los resultados de los ensayos de sustitución de harina de arroz por harina de yuca en la fabricación de manjarblanco.

Las pruebas de degustación permitieron evaluar el producto frente a un patrón comercial, calificando principalmente los parámetros color, aroma, sabor, aspecto y textura. No se aprecia variación significativa en el aroma ni en el sabor pero, por el contrario, el color es más blanco que el del patrón y la textura aparece granulosa, siendo el factor negativo más predominante, sobre todo en los niveles de sustitución alta.

**CUADRO 4. Degustación de coladas con harina de yuca (datos en % de personas)**

Concepto	Gusta mucho	Gusta	Ni gusta ni disgusta	Disgusta	Disgusta mucho
Apariencia	60,6	33,3	6,1	-	-
Color	60,6	36,4	3,0	-	-
Olor	60,6	30,3	9,1	-	-
Sabor	72,7	18,2	7,1	2,0	-
Textura	60,6	30,3	3,0	6,1	-

**CUADRO 5. Programación de ensayos de sustitución de harina de trigo por harina de yuca en manjarblanco**

No. ensayo	Kgs. almidón arroz	Kgs. harina yuca
1	0,5	0
2	0,4	0,1
3	0,35	0,15
4	0,30	0,2
5	0,25	0,25
6	0	0,5

## Diabolines

El diabolín es un producto tradicional de la Costa Atlántica, preparado con almidón de yuca, queso costeño, huevos y leche. Se ensayó harina de yuca en reemplazo del almidón en esta formulación, sin buenos resultados. El producto obtenido pierde por completo la característica crujiente que lo identifica, por lo que no se considera adecuado entrar a sustituir el almidón por harina en esta formulación.

**CUADRO 6. Sustitución de harina de arroz por harina de yuca en manjarblanco (valores promedios)**

Ensayo	Substitución (%)	T <sub>b</sub> °C	°Brix	Tiempo (min)	pH
1	0	94	67	60	6.68
2	10	94	63	50	6.70
3	20	90	65	40	6.80
4	30	91	62	38	6.82
5	50	88	63	40	6.84
6	100	92	64	45	6.90

**BIBLIOGRAFIA**

AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal chemists.  
Minnesota. 1969

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association Offic. Agricult. Chemists.  
Washington. 1990

BATEY, L. Starch analysis using degustable Alpha Amylase. *Starch*, 34, 125-128, 1984.

CABRERA L.J.; PARDO H.; C.A.; VELA S.; N.P. Sustitución del trigo americano por trigo nacional en la elaboración de galletas. IIT, Bogotá. 1983.

CEREDA, M.P. Determinação de viscosidade de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). *Bol. ITAL, Campinas*, 17 (1): 15-24, 1983b.

CHACÓN M., M. Sustitución parcial de harina de arroz, banano, soya y yuca. Caracterización de sus propiedades y posible utilización en galletería comercial. Universidad de Costa Rica. 1983.

CIACCO, C.F. AND D'APPOLONIA, B.L. Characterization of starches from various tubers and their use in bread-baking. *Cereal Chem.* 54: 1096, 1977.

ROJAS V., A., SILVA P., M. Obtención de una mezcla de harina a partir del procesamiento de tubérculos, cereales y leguminosas para la preparación de alimentos de consumo humano. Universidad Javeriana, Cali. 1988.



## **PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA FASE DE PROYECTO PILOTO**

### **INFORME 7. DOS AÑOS DE EXPERIENCIA CON PARCELAS DE PREPRODUCCION EN LA COSTA NORTE DE COLOMBIA**

**Por: Jaime F. Sánchez, José M. Martelo, Raúl A. Moreno**

El aumento de la productividad es generalmente una meta prioritaria de las diferentes estrategias de desarrollo regional o nacional, como respuesta al desafío del crecimiento poblacional y al deterioro de la base de recursos como consecuencia de una mayor presión sobre las tierras más aptas para la producción agrícola.

Cualquier esquema de aumento de la productividad es complejo, donde el desarrollo tecnológico solo es una parte básica que afecta el uso de la base de recursos teniendo en cuenta su potencial productivo. Pero la tecnología, por sí sola, no es suficiente para garantizar el aumento de la productividad. Es necesario diseñar un mecanismo que, por un lado, haga disponible los componentes novedosos de la tecnología los agricultores y, por otro, le permita a los técnicos hacer los ajustes necesarios para llenar las expectativas de los usuarios y actuar ante las diferentes manifestaciones de los factores bióticos variables.

El programa ha estado desarrollando una herramienta participativa en la Costa Norte de Colombia para establecer una comunicación estable entre técnicos y agricultores, que hemos dado en llamar Parcelas de Preproducción.

El primer paso, que era la formulación de un paquete tecnológico en la región, fue posible articularlo rápidamente debido no solamente al hecho de que el cultivo de la yuca es una larga tradición estrechamente ligada al ethos costeño, sino también debido a que ya estaba en marcha una estrategia de cooperación regional entre la entidad nacional, ICA, y el CIAT, plasmada en un grupo interinstitucional amplio e informal, conocido como GRUYA (Grupo de Yuca y Asociados).

Desde 1989, en fincas de agricultores se empezaron a establecer parcelas de más o menos una hectárea manejadas por ellos mismos, pero siguiendo la tecnología recomendada por el GRUYA. Para conocer el desarrollo cronológico de estas parcelas y establecer la eficacia de los diversos componentes tecnológicos probados, se diseñó un sistema de captura de información y luego, a medida que esta información llegaba a CIAT, se fue desarrollando una estrategia para su manejo y análisis. Por último, este seguimiento también fue dado a algunas áreas manejadas por entero por el agricultor y donde supuestamente se aplicaba la tecnología tradicional.

A dos años del establecimiento de las primeras parcelas y cuando estamos manejando ya su tercer ciclo, podemos hacer algunas precisiones prácticas en su manejo y en la captura y análisis de la información.

Los formularios de captura de la información, se cambiaron para darle mayor participación al agricultor en el ajuste de la tecnología. Además, se logró resaltar la importancia de la cronología de las actividades de cultivo para la descripción del sistema de producción.

Para la selección de los sitios de las parcelas, al comienzo se trató de vincularlas con el aprovisionamiento de la planta piloto de harina de yuca en Chinú (Córdoba), pero ello conllevaba un muy restringido cubrimiento geográfico y si se alejaban significativamente de este municipio resultaban muy gravosas para la planta. Por ello, a partir del segundo año, la selección se realizó con un criterio más general, tratando de dar cubrimiento a zonas claves en la producción de yuca en la región.

Hasta ahora, la dinámica de las actividades de campo han superado nuestras posibilidades en el manejo de la información, lo que se ha traducido en que las acciones de ajuste que debíamos tomar van un poco retrasadas con respecto a establecimiento de nuevos ciclos de parcelas de reproducción. Esto debido al necesario período de ajuste en el manejo de los instrumentos de captación de la información y a problemas logísticos.

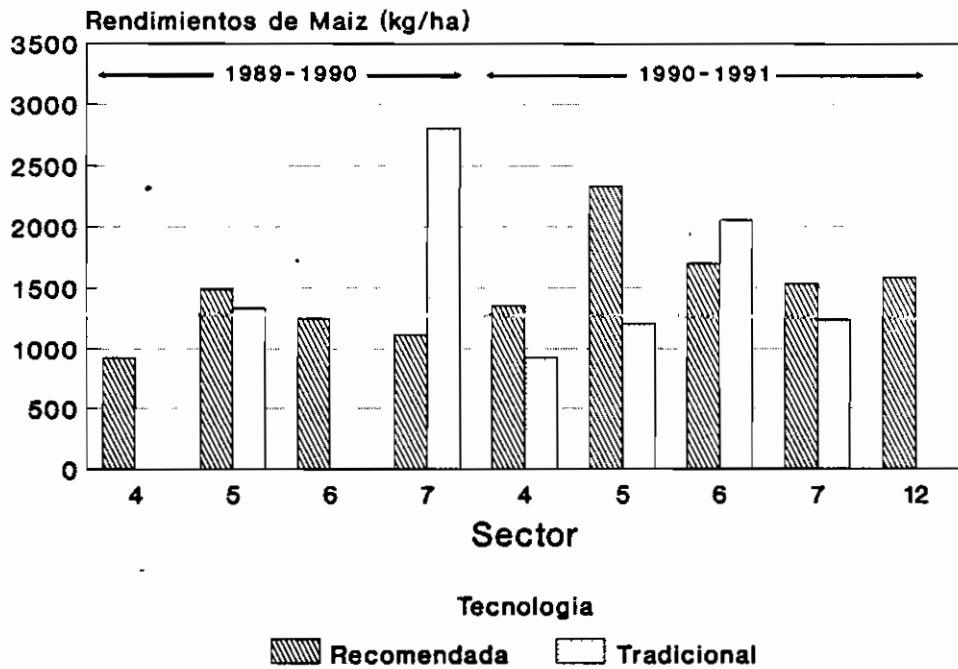
Los resultados que en adelante se muestran, corresponden a las parcelas de reproducción de las campañas de cosecha 1989-1990 y 1990-1991.

## **7.1 RENDIMIENTOS DE CULTIVOS EN LAS PARCELAS DE PREPRODUCCION**

En la Costa Atlántica de Colombia la yuca es sembrada en su mayoría en asocio con otros cultivos, especialmente maíz y ñame. Por ello las parcelas de reproducción se establecieron en combinación Yuca/Maíz y Yuca/Maíz-Ñame. Durante el período 1989-1990 se presentaron niveles muy preocupantes de antracnosis en ñame que desembocaron, en el siguiente período, prácticamente en la desaparición de su cultivo; las parcelas de reproducción no fueron la excepción. En las FIGURAS 1 a 3 se pueden observar los rendimientos de los cultivos durante los dos períodos de observación.

La tecnología recomendada obtuvo mejores rendimientos que la tradicional en la mayoría de los sectores. En el primer año no sobrepasaron la tonelada y media, excepto en el sector 7, mientras que en el siguiente, todos los rendimientos estuvieron sobre ese nivel en el caso de la tecnología recomendada. Eso es una consecuencia directa de un caso de ajuste de tecnología: en el primer año se detectaron densidades de siembra de maíz mu, bajas (entre 26.000 y 5.500) y como se estaba trabajando con variedades mejoradas, era previsible que el nivel óptimo de siembra estuviese por encima de esa cifra, tomándose la decisión de elevar el número de plantas de maíz a aproximadamente 33.333 plantas/ha.

Sistema: Yuca/Maiz



Sistema: Yuca/Maiz-Ñame

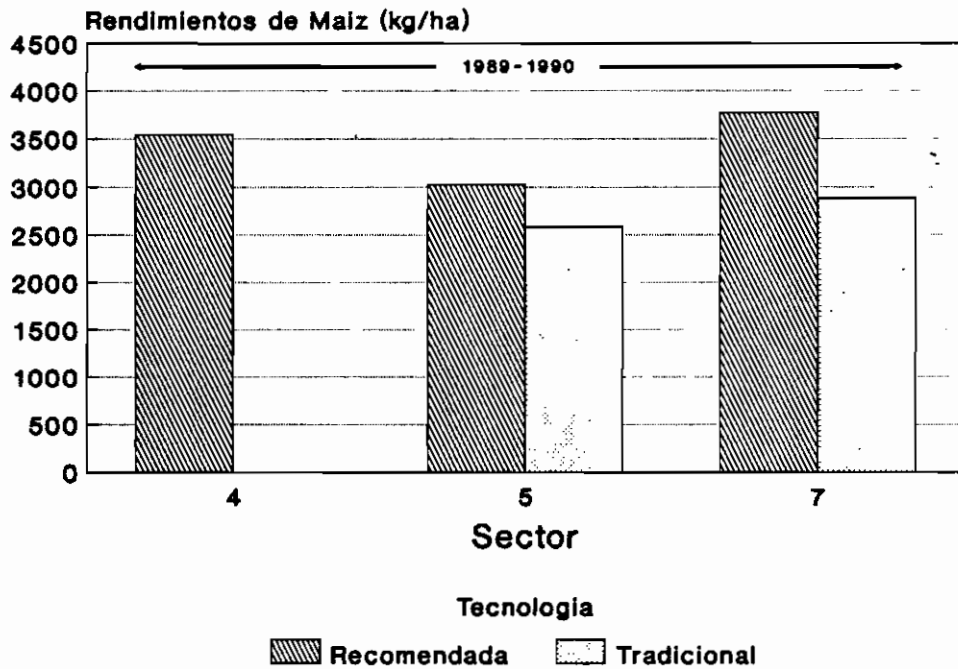
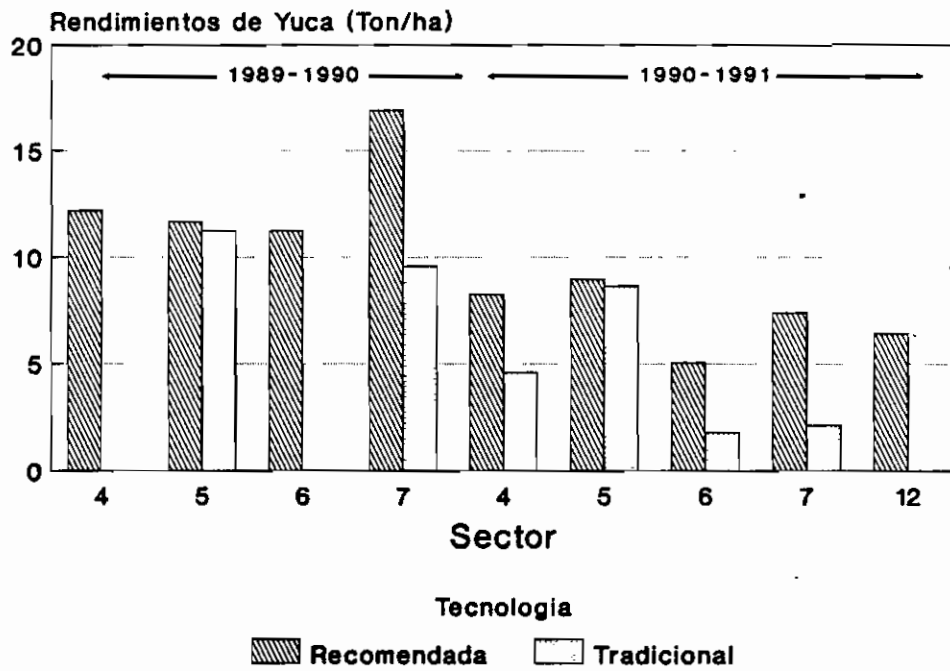


FIGURA 1. Rendimientos de maiz en Parcelas de Preproduccion

Sistema: Yuca/Maiz



Sistema: Yuca/Maiz-Name

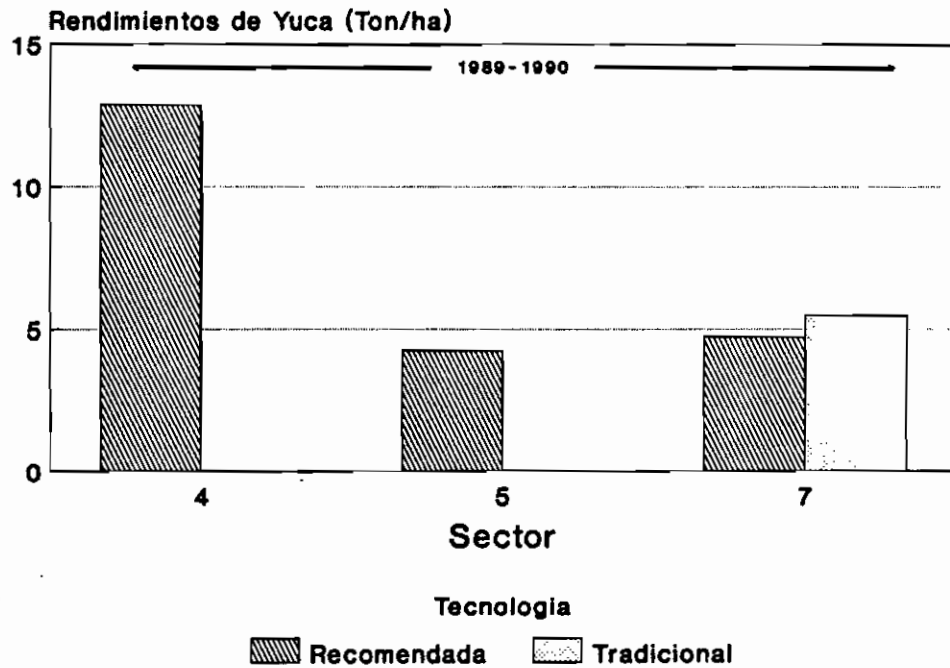


FIGURA 2. Rendimientos de yuca en Parcelas de Preproduccion

Sistema: Yuca/Maiz-Ñame

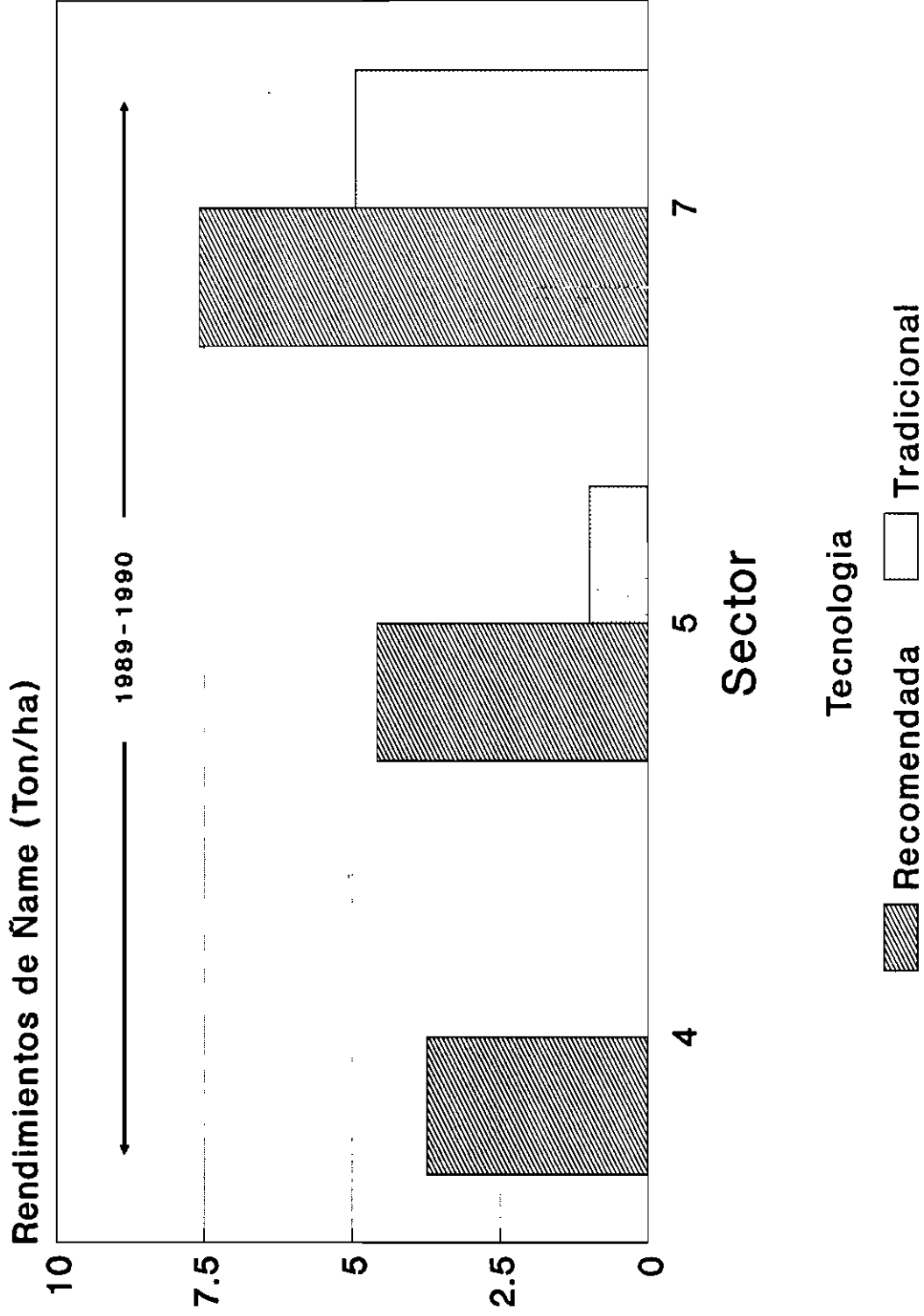


FIGURA 3. Rendimientos de ñame en Parcelas de Reproducción

La fertilización de los cultivos en la agricultura tradicional no es una práctica generalizada en la región, entre otras cosas debido a que la respuesta de la yuca no es muy clara. Con el cultivo del ñame, la situación es diferente y la fertilización es un paso básico en su cultivo. Por eso, los rendimientos de maíz en las parcelas de yuca/maíz-ñame sobrepasan en todos los casos las 2.5 toneladas/ha, respuesta adicionalmente potencializada por el ataque generalizado de antracnosis al ñame.

Los rendimientos de yuca en todos los casos y durante los dos años fueron superiores en las parcelas con tecnología recomendada, mostrando que el paquete tecnológico mejorado contiene componentes más adecuados para la producción de yuca que para cualquier otro cultivo de la asociación, y superior a la tecnología tradicional. Pero ese enfoque que prioriza el cultivo de la yuca sobre los otros, tiende a olvidar que la competitividad del maíz es superior en el sistema de producción yuca/maíz y que por lo tanto su manejo es la clave de la producción de yuca. En los resultados, es claro que la decisión del aumento de la densidad de siembra de maíz desemboca en menores rendimientos de yuca para el segundo año.

Los rendimientos de ñame son, en general, bastante bajos, inferiores a 10 toneladas en todos los casos, debido al ataque ya señalado de antracnosis. El paquete tecnológico mostró en este caso un punto muy débil, pues no contó con una alternativa para asegurar la sostenibilidad de la producción del cultivo, y no propiamente porque no haya alternativas varietales o porque el problema no fuera detectado a tiempo, sino sencillamente porque en el diseño del sistema de producción la atención a los cultivos está en orden descendente yuca, maíz y ñame. La priorización de los cultivos a primera vista parece correcto y con recursos limitados mucho más, pero en la perspectiva regional, el enfoque debería ser más amplio.

## **7.2 DESCRIPCION CRONOLOGICA DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION**

En la tecnología mejorada fue posible detectar 41 actividades en el sistema de producción yuca/maíz y 34 en el de yuca/maíz-ñame, mientras que en el nivel de tecnología tradicional se detectaron 40 y 30 respectivamente. Es claro desde el punto de vista teórico que todas las actividades detectadas no tienen la misma importancia. Podemos clasificar las actividades en tres grandes grupos:

1. **Básicas:** son aquellas sin las cuales no es posible obtener la cosecha de cualquier cultivo
2. **Opcionales:** aquellas que solamente se realizan si se presentan las condiciones para poder realizarlas. Un ejemplo es el control de malezas en el momento preciso
3. **Específicas:** aquellas que están dirigidas específicamente al cultivo dado. La fertilización de ñame o maíz, por ejemplo.

La realización de las actividades básicas nos muestra la vocación del agricultor; la realización de las opcionales, su capacidad para organizar sus recursos, principalmente la mano de obra y la realización de las específicas, su actitud como empresario. A medida que el agricultor se especialice en un cultivo, como consecuencia de mayores expectativas en el mejoramiento de su nivel de vida, dedicará más tiempo a las específicas, y al contrario, si su actividad productiva solo reproduce su nivel actual de vida, solo dedicará esfuerzos para realizar las actividades básicas.

Con el propósito de simplificar los sistemas de producción que nos ocupan, consideramos un grupo básico de actividades que corresponden a aquellas que son practicadas por lo menos por un 75% de los agricultores. En el caso del sistema yuca/maíz podemos observar su cronología en el CUADRO 1.

En ambos años las dos tecnologías mostraron un número parecido de actividades: 12 la mejorada y 11 la tradicional. Arada, rastrillada, preparación de la semilla de yuca, siembra de maíz y yuca, dos controles manuales de malezas y las cosechas de yuca y maíz son las actividades básicas del sistema.

El control de malezas previo a la preparación mecánica del suelo (limpia en el CUADRO 1) solo se presentó en el segundo año, pero esta es una actividad que depende de si los agricultores están rotando sus cultivos a otras áreas anteriormente en descanso y que en el largo plazo puede ser un indicador del período de barbecho. Este factor es muy importante para establecer la presión a que es sujeta la base de recursos y por ende del restablecimiento natural de la fertilidad de los suelos.

El uso de herbicidas pre-emergentes es frecuentemente señalado como un componente de tecnologías modernas. Aparentemente, tiene amplia difusión pues las dos tecnologías la aplican. No obstante, su efectividad en la tecnología mejorada es superior a los 40 días mientras que en la tecnología tradicional puede cubrir solo 30 días. Adicionalmente, en la medida que su control es más bajo, es necesario recurrir a un control adicional de malezas después de la cosecha de maíz a los 167 días en la tecnología tradicional. Diversos factores ambientales y de manejo, son clave del éxito de este componente y un estudio de casos, podría arrojar respuesta a su baja efectividad.

El tratamiento de semilla es otro factor de la tecnología mejorada que fue puesto en práctica en el primer año pero que se abandonó, luego de que en otros ensayos llevados en varias localidades y durante tres años, no mostraron mayor efectividad que el testigo sin tratamiento. Esta es una actividad altamente dependiente del sitio, que podríamos clasificar como opcional en la mayoría de los casos.

El abono de maíz es un componente de la tecnología mejorada, adoptado en el segundo año, cuyas consecuencias ya comprobamos al señalar sus efectos sobre los

**CUADRO 1. Cronología de actividades del sistema yuca/maíz en parcelas de preproducción<sup>1</sup>.**

Actividad	Año 1989-1990		Año 1990-1991	
	Nivel de tecnología		Nivel de tecnología	
	Mejorada	Tradicional	Mejorada	Tradicional
Limpia	-	-	-44	-66
Arada	-38	-40	-28	-40
Rastrillada	-19	-19	-16	-34
Preparación de semilla de yuca	-1	0	-1	-1
Tratamiento de semilla de yuca	-1	-	-	-
Hoyada para yuca	-	-	-	0
Siembra de yuca	0	0	0	0
Herbicida-1	0	-2	-2	-
Siembra de maíz	3	-5	-2	-10
Abono maíz	-	-	17	-
Malezas-1	42	30	40	45
Malezas-2	129	106	111	105
Cosecha de maíz	130	131	125	116
Desgrane	158	-	-	-
Malezas-3	-	167	-	-
Cosecha de yuca	273	277	306	274

rendimientos de la gramínea. Como su aplicación fue dirigida y localizada, no disminuyó el lapso de control del herbicida pre-emergente.

La cosecha de maíz se realizó aproximadamente a los 4 meses de la siembra de la yuca y la cosecha de yuca en las dos tecnologías se situó a los 9 y 10 meses de su siembra.

<sup>1</sup>. Cifras negativas indican días antes de la siembra de Yuca.



Resumiendo, la tecnología mejorada está ajustando el uso del herbicida pre-emergente y está aplicando un abono nitrogenado dirigido al maíz. Por lo demás, los paquetes parecen ser bastante parecidos. Sin embargo, la tecnología mejorada está haciendo un uso ligeramente más intenso de la mano de obra que la tecnología tradicional (FIGURAS 4 y 5). En el primer año se observa que hacia los 160 días, la tecnología mejorada usa menos mano de obra en desgrane que la tradicional en el control de malezas, pero en la cosecha, los papeles se invierten como consecuencia de los mayores rendimientos de yuca obtenidos en la tecnología mejorada (FIGURA 4).

En el sistema de producción yuca/maíz-ñame, la tecnología mejorada realizó 20 actividades y la tradicional 17 (CUADRO 2).

La diferencia se debe principalmente a que la tecnología mejorada realizó un tratamiento a la semilla de yuca, que en un segundo año de parcelas de pre-producción con el mismo sistema habría sido suprimido, a que se le dió atención a la antracnosis del ñame, tratando su semilla y haciendo una aplicación tardía de un fungicida foliar a los 112 días, y a la fertilización del ñame.

La aplicación del herbicida pre-emergente se hizo después de la siembra de maíz y antes de la siembra de ñame y yuca. La susceptibilidad del ñame a los herbicidas es una razón para que esto suceda así. Como el sistema en su conjunto, tiene mayor cubrimiento que el sistema yuca/maíz, hay un autocontrol de malezas, que explica que el control del pre-emergente se prolongue hasta por más de 46 días, a pesar del tráfico indiscriminado sobre el área de cultivo. En la tecnología tradicional se logra un control de 107 días, como consecuencia de un control manual de malezas practicado 6 días antes de la aplicación del pre-emergente. Sin embargo, este control es tardío, lo que hace que a los 69 días después sea necesario otro control manual de malezas.

La cosecha de maíz se realiza a los 4 meses de la siembra de yuca, la de ñame a los 7 meses en la tecnología mejorada y a los 8 en la tecnología tradicional y la cosecha de yuca entre los 10 y 11 meses. Como vemos, en este sistema la cosecha de yuca se retrasa con respecto al sistema yuca/maíz, ya que la competencia con el maíz se prolonga, debido a que éste debe servir como soporte a la planta de ñame.

Como en el caso del sistema yuca/maíz, las propuestas de la tecnología mejorada se centran en el mejoramiento del uso del herbicida pre-emergente y la aplicación dirigida de abono en este caso al ñame. La tecnología tradicional, de nuevo debe acudir a tres controles manuales de malezas, un índice de que el uso del herbicida pre-emergente no es adecuado. En la FIGURA 6, se puede observar que las dos tecnologías hacen un uso bastante parecido de la mano de obra.

**CUADRO 2. Cronología de actividades en el sistema de producción yuca/maíz-ñame en parcelas de preproducción<sup>2</sup>.**

Actividad	Nivel de Tecnología	
	Mejorada	Tradicional
Limpia	-69	-85
Arada	-49	-53
Rastrillada	-35	-38
Siembra de maíz	-18	-35
Herbicida-1	-13	-3
Hoyada para ñame	-10	-7
Preparación de la semilla de ñame	-8	0
Tratamiento de la semilla de ñame	-8	-
Siembra de ñame	-7	-6
Preparación de semilla de yuca	-1	-
Tratamiento de semilla de yuca	-1	-
Hoyada para yuca	-	0
Siembra de yuca	0	0
Malezas-1	33	-9
Abono ñame	59	-
Cosecha de maíz	111	111
Fungicida para ñame	112	-
Malezas-2	121	104
Desgrane de maíz	124	146
Malezas-3	*-	173
Cosecha de ñame	213	239
Cosecha de yuca	291	335

<sup>2</sup>. Cifras negativas indican días antes de la siembra de yuca.

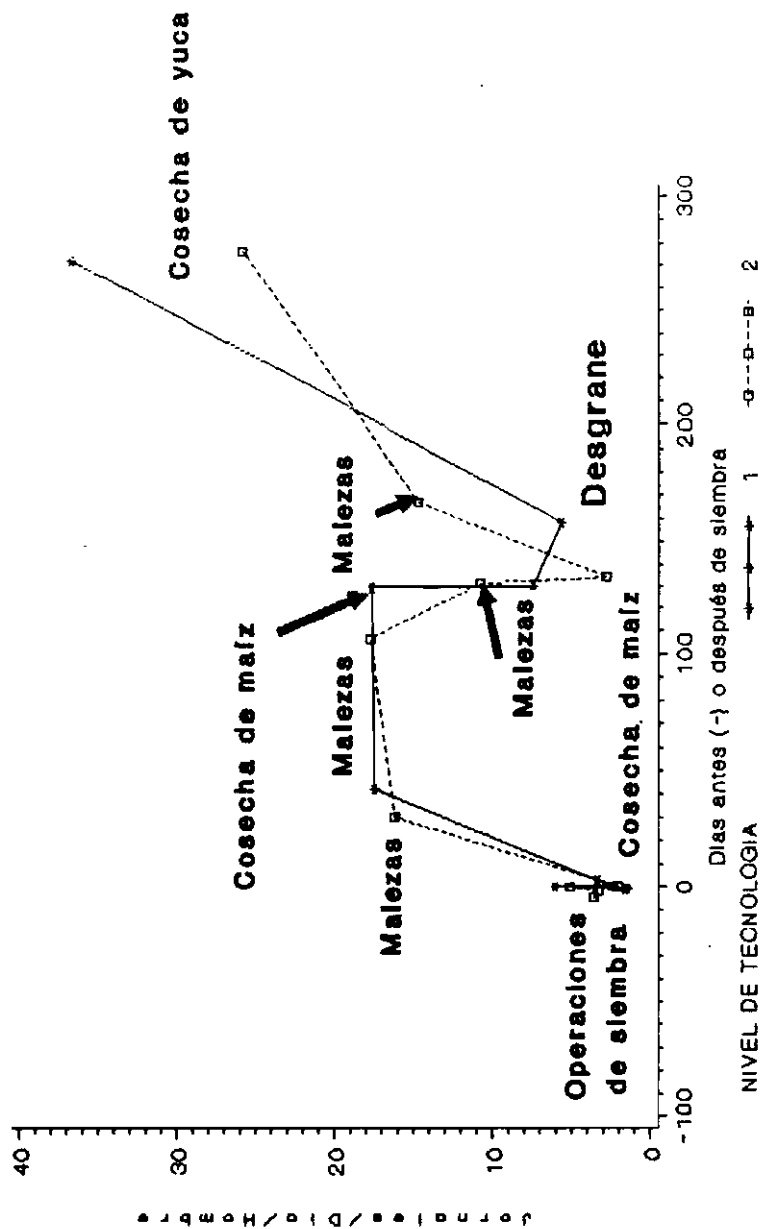


Figura 4. Intensidad del uso de mano de obra en el sistema yuca/maíz en parcelas de reproducción (1989-1990).

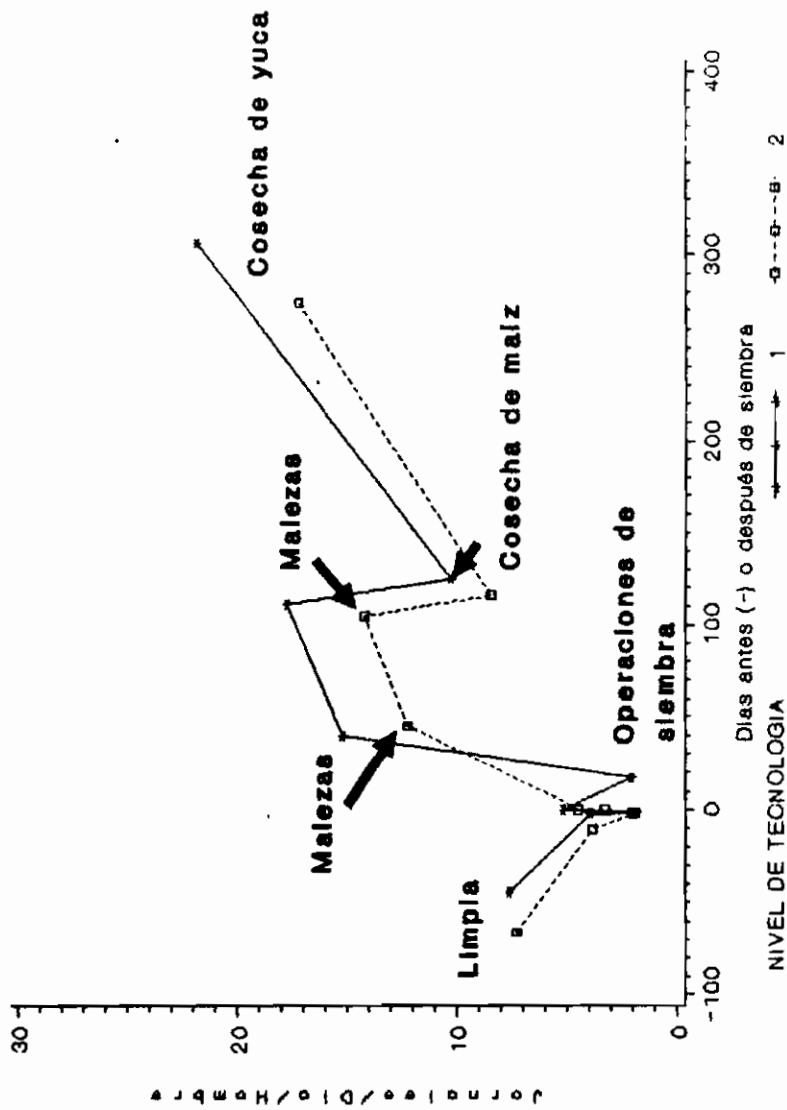


Figura 5. Intensidad del uso de mano de obra en el sistema yuca/maíz en parcelas de reproducción (1990-1991).

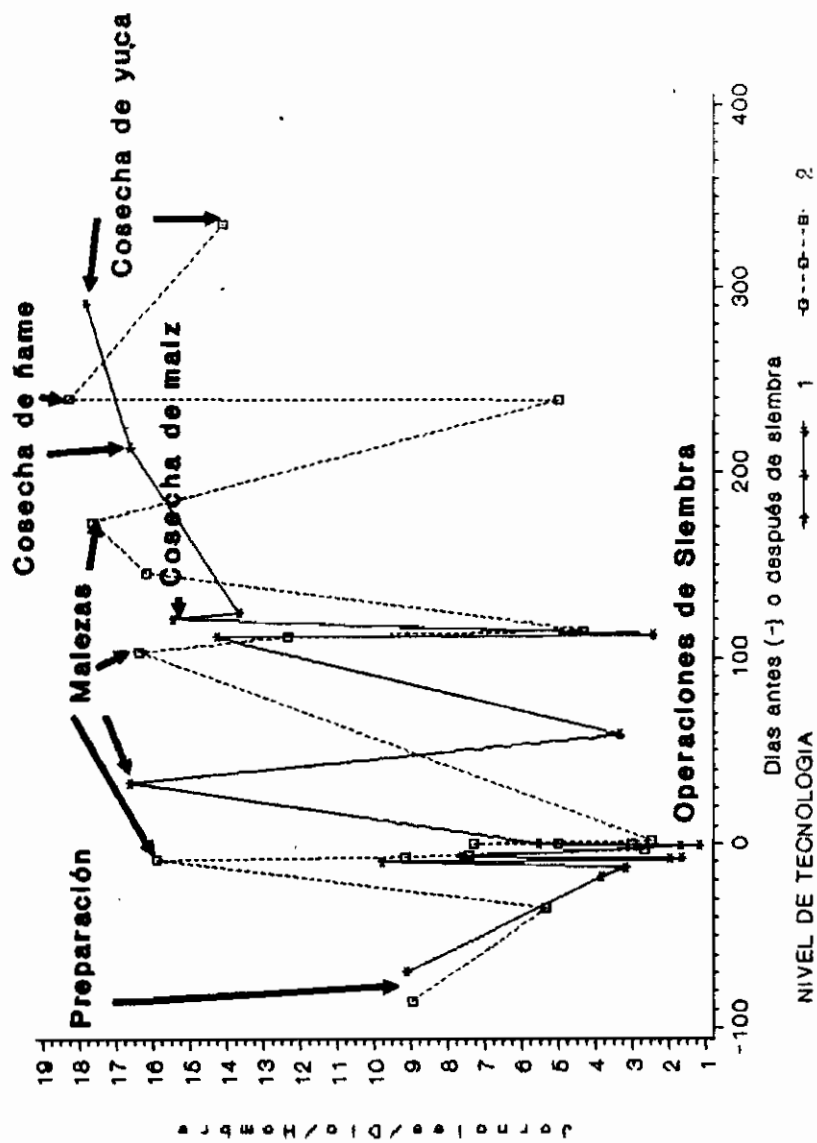


Figura 6. Intensidad del uso de mano de obra en el sistema yuca/máiz-ñame en parcelas de preproducción (1989-1990).

### 7.3 COSTOS DE PRODUCCION Y USO DE INSUMOS

Los costos de producción en el sistema yuca/maíz durante el primer año fueron similares (FIGURAS 7 y 8). Más del 50% de los costos estuvieron representados en jornales, empleados básicamente en el control de malezas y en la cosecha. Los insumos en la tecnología mejorada representaron siempre más del 20% de los costos debido al tratamiento de la semilla de yuca. No obstante un mayor énfasis en el uso de insumos, no significó una disminución en el uso de mano de obra como ya habíamos señalado anteriormente. Al recurrir en menor escala a los insumos, este rubro en la tecnología tradicional no superó el 17%. En el sistema de producción yuca/maíz-ñame, la tecnología mejorada fue más costosa (FIGURAS 9 y 10). De nuevo, los jornales estuvieron concentrados en el control de malezas y en la cosecha.

Durante el segundo año, la tecnología mejorada tendió a ser ligeramente más costosa que la tradicional en todos los sectores (FIGURAS 11 a 15). Los jornales coparon los costos entre un 42% y un 67%, concentrados en actividades de control de malezas y cosecha.

A pesar de que el índice del costo de la vida aumentó un 32% en 1990, los costos de producción en el sistema yuca/maíz solo aumentaron entre los dos años (en los sectores donde había información suficiente) un 7%, excepto en el sector 7 en la tecnología mejorada, donde el aumento de los costos fue del 37%.

En general, los arriendos estuvieron representados en el arado y rastrillado que únicamente se realizó con tracción motorizada y ocasionalmente por el desgrane de maíz.

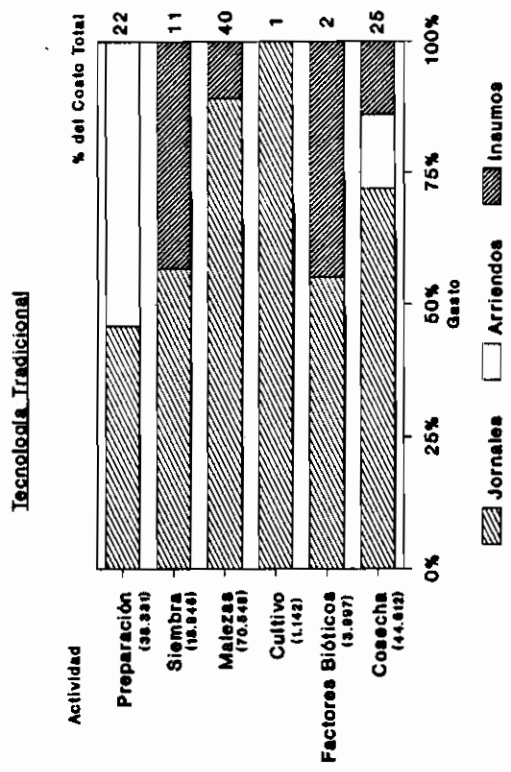
Los insumos más frecuentemente utilizados en las dos tecnologías son los herbicidas y, dentro de éstos, el pre-emergente diurno (CUADRO 3). El gramínicida en tecnología mejorada es el Alaclor, que por no coseguirse corrientemente en la región, es reemplazado por Metolaclor, en la tecnología tradicional. Paraquat es el herbicida sistémico común a las dos tecnologías. El uso de herbicidas hormonales como 2,4-D, en la tecnología tradicional, definitivamente no es recomendado debido a la alta susceptibilidad del maíz. Glifosato es utilizado por la tecnología mejorada para reemplazar el Paraquat ocasionalmente pero, a pesar de su alta efectividad, su limitante es el alto costo.

Durante el primer año de la parcelas de pre-producción, debido a la presencia de ñame y a que se estaba realizando un tratamiento a las semillas de yuca y ñame en la tecnología recomendada, la lista de insecticidas y fungicidas utilizados en este caso es bastante amplia.

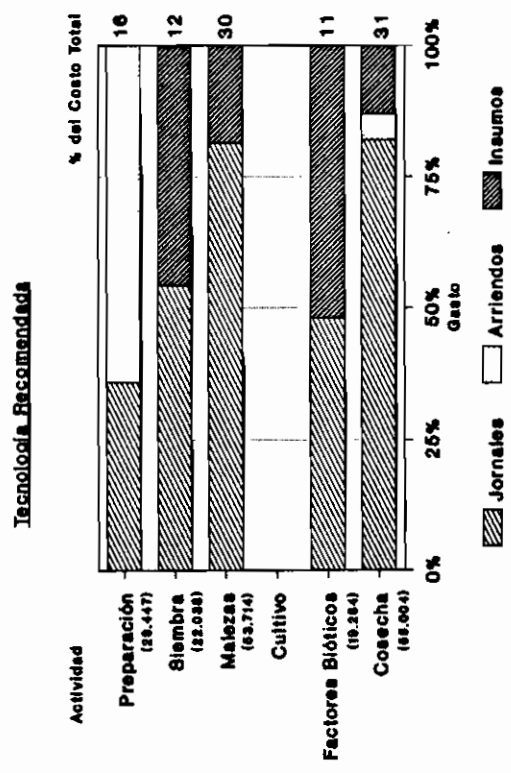
En el segundo año, el Clorpirifos dominó la escena en los insecticidas para el control de plagas del suelo en maíz. La tecnología mejorada hizo énfasis en el uso de

**CUADRO 3. Insumos utilizados en las parcelas de preproducción (el número al lado del insumo indica la frecuencia de uso).**

Insumos	Año 1989-1990				Año 1990-1991			
	Nivel de tecnología				Nivel de tecnología			
	Mejorada		Tradicional		Mejorada		Tradicional	
Herbicidas	Diuron	41	Paraquat	18	Diuron	32	Diuron	12
	Alaclor	31	Diuron	15	Alaclor	32	Paraquat	9
	Paraquat	11	Metolaclor	5	Paraquat	8	Metolaclor	8
	Metolaclor	10	2,4-D	2	Glisofato	1	2,4-D	4
	Glifosato	4	2,4-T	1				
Insecticidas	Malathion	39			Clorpirifos	8	Clorpirifos	5
	Clorpirifos	9			Malathion	8	Malathion	3
	Triclorfon	6			Dimetoato	6	Dimetoato	2
	B. thuring	5			Carbofuran	3	Carbaril	1
	Carbaril	2			Carbaril	1		
	Carbofuran	1						
	Baculovirus	1						
Fungicidas	Mancozeb	38	Mancozeb	2	Oxicobre	1	Mancozeb	2
	Benomil	11						
	Oxicobre	4						
Abonos	Urea	12	Urea	1	Urea	29		
Semilla de Maiz	V-156	30	Criollo	10	V-156	30	Criollo	7
	V-109	8	H-154	7	V-109	2	V-156	7
			V-156	3			Ceres	3
			Penta	2			V-109	1
			Ceres	2				
			V-109	1				



Costos Totales: \$ 177.575



Costos Totales: \$ 179.467

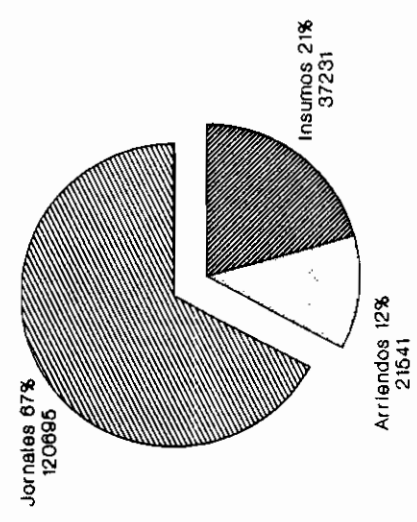
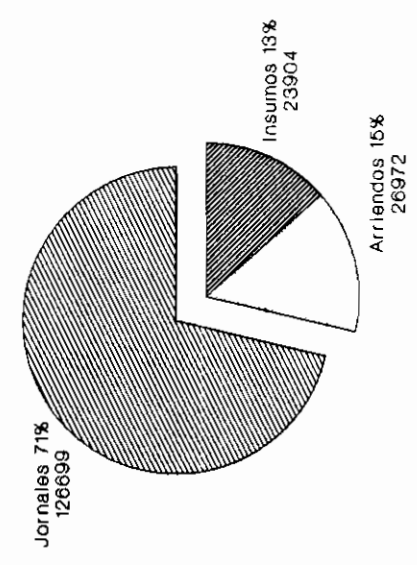
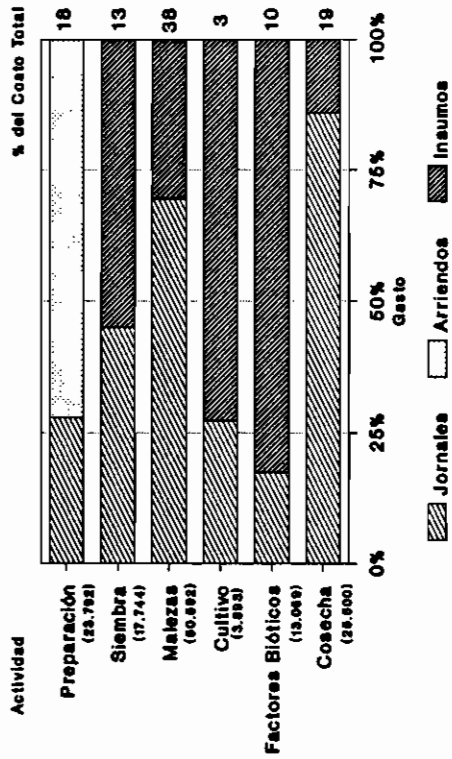


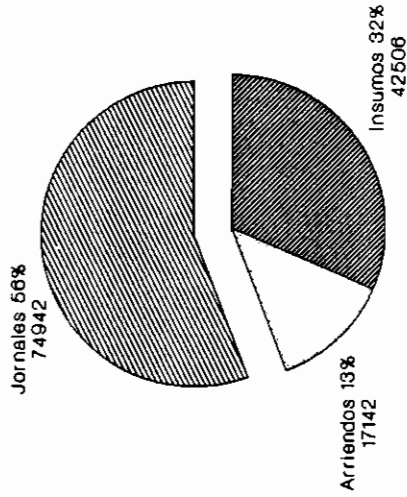
FIGURA 7. Costos de producción en yuca/maíz en parcelas de reproducción en el sector 5, Costa Norte de Colombia durante la cosecha 1989-1990.



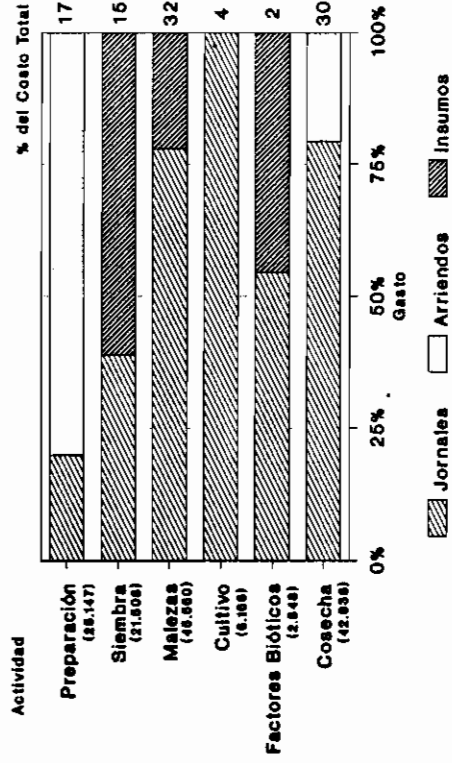
**Tecnología Recomendada**



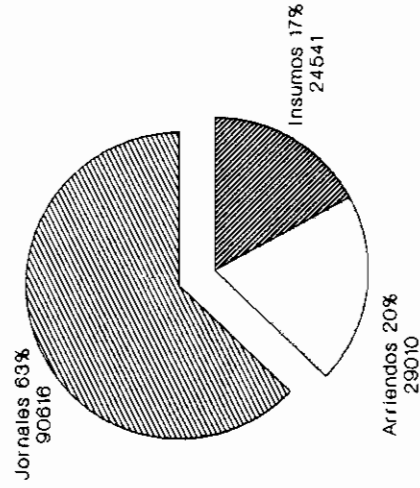
**Costos Totales: \$ 134.590**



**Tecnología Tradicional**

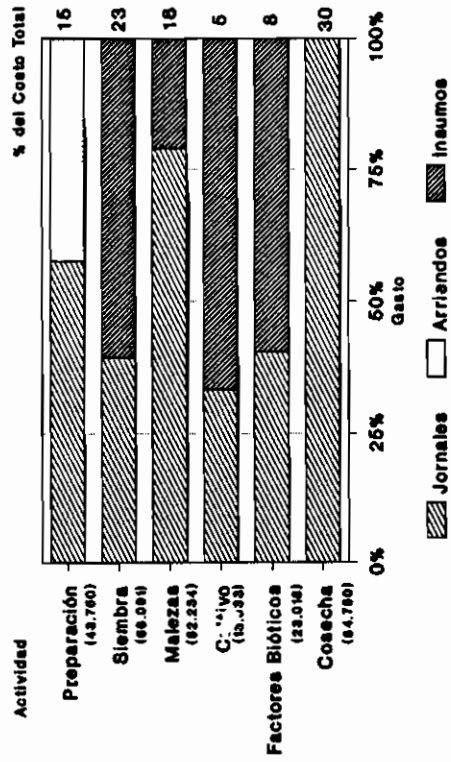


**Costos Totales: \$ 144.167**

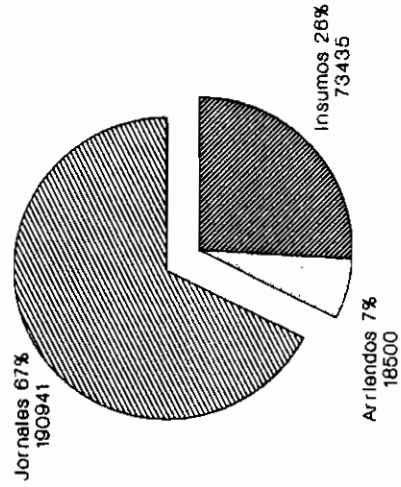


**FIGURA 8. Costos de producción en yuca/maíz en parcelas de preproducción en el sector 7, Costa Norte de Colombia durante la cosecha 1989-1990.**

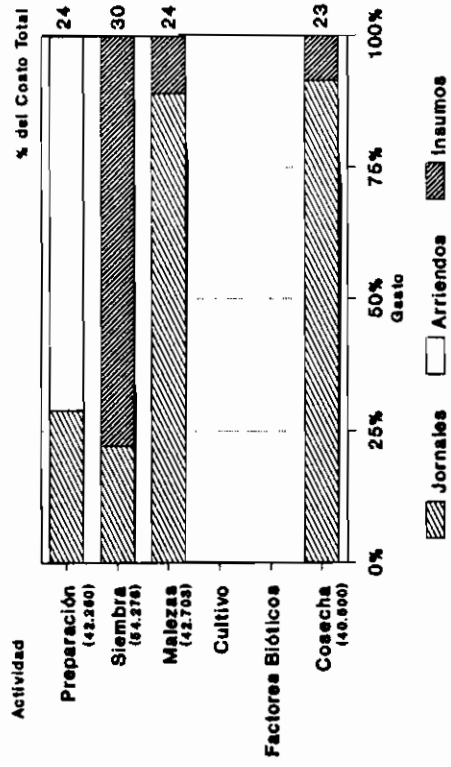
**Tecnología Recomendada**



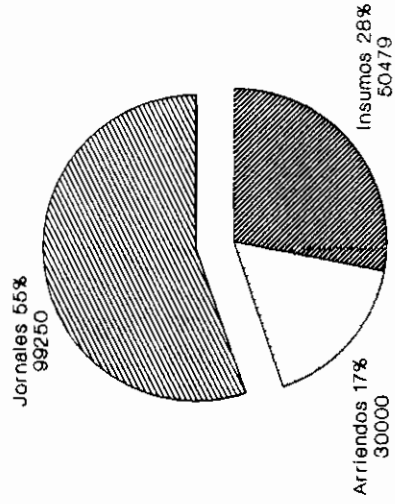
**Costos Totales: \$ 282.876**



**Tecnología Tradicional**

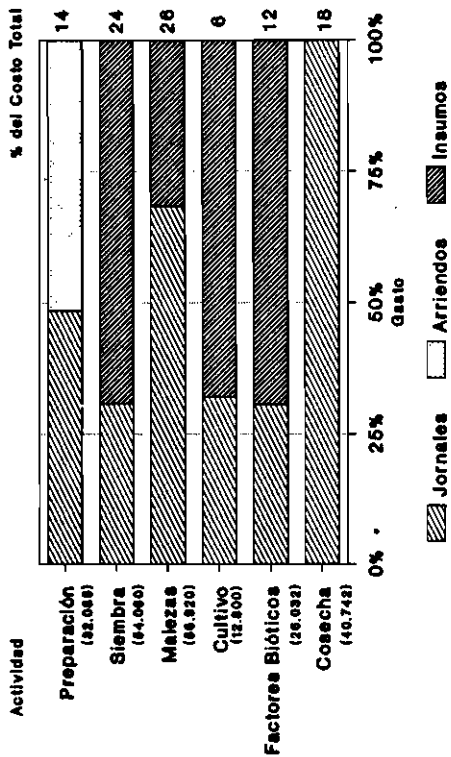


**Costos Totales: \$ 179.729**

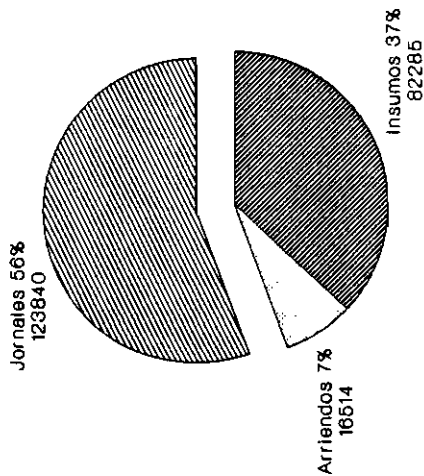


**FIGURA 9. Costos de producción en yuca/maíz-ñame en parcelas de preproducción en el sector 5, Costa Norte de Colombia durante la cosecha 1989-1990.**

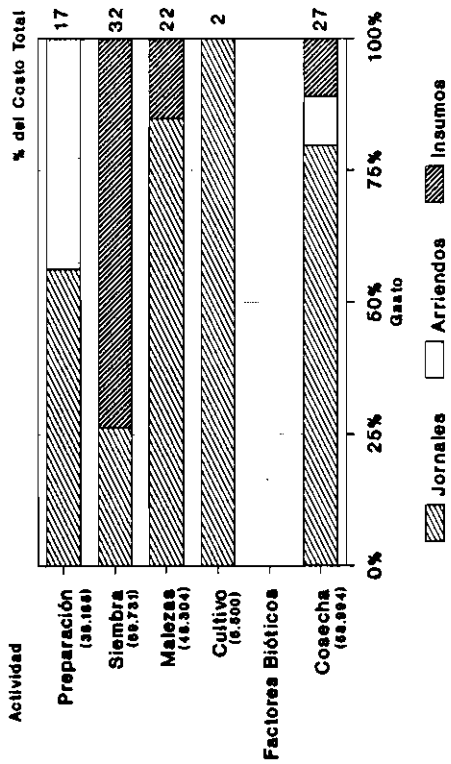
**Tecnología Recomendada**



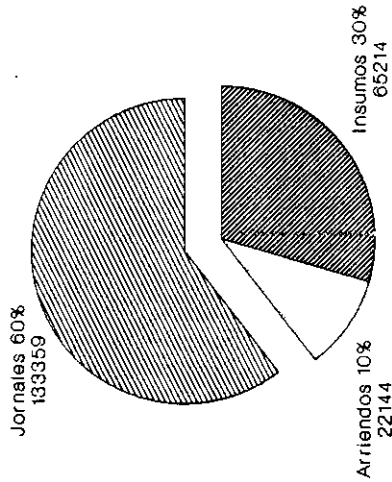
**Costos Totales: \$ 222.639**



**Tecnología Tradicional**

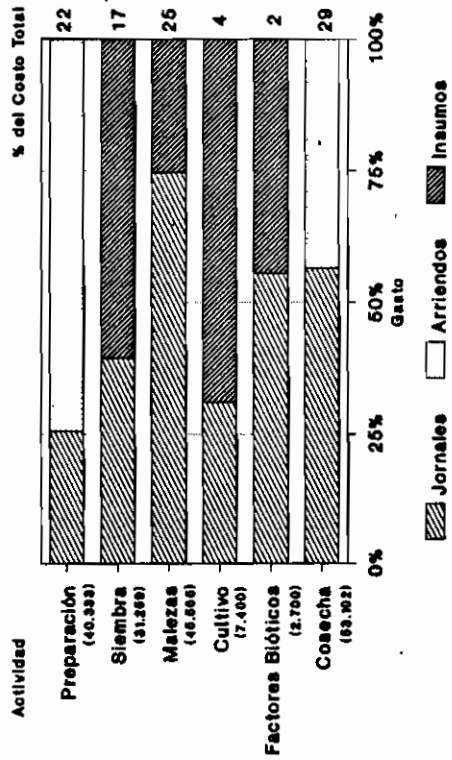


**Costos Totales: \$ 220.717**

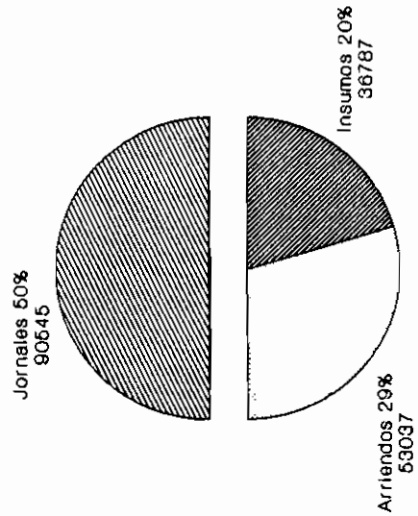


**FIGURA 10. Costos de producción en yuca/maíz-ñame en parcelas de preproducción en el sector 7, Costa Norte de Colombia durante la cosecha 1989-1990.**

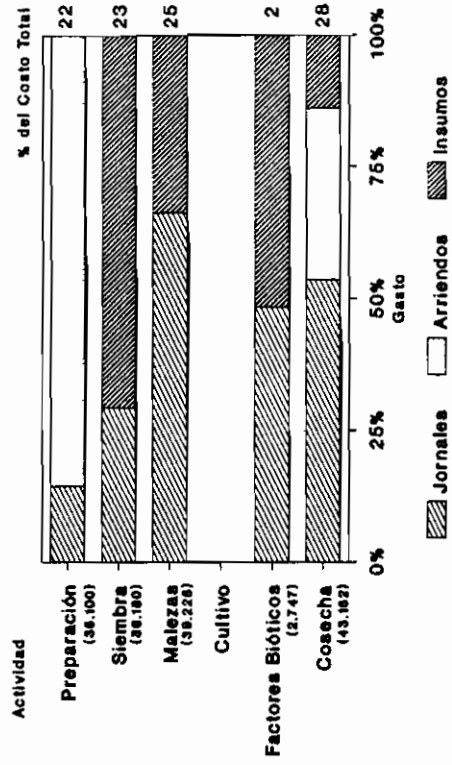
**Tecnología Recomendada**



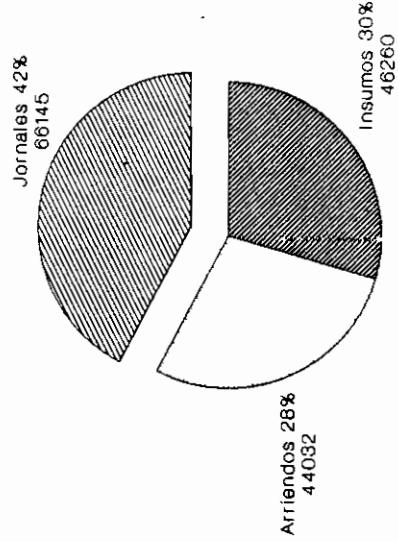
**Costos Totales: \$ 180.369**



**Tecnología Tradicional**

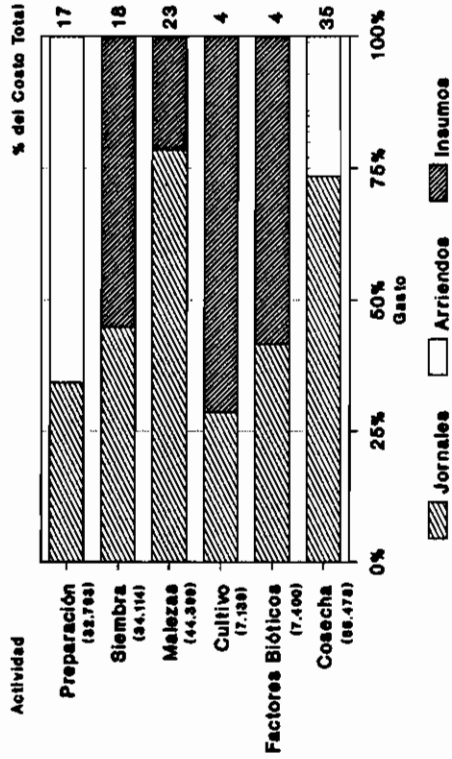


**Costos Totales: \$ 156.437**

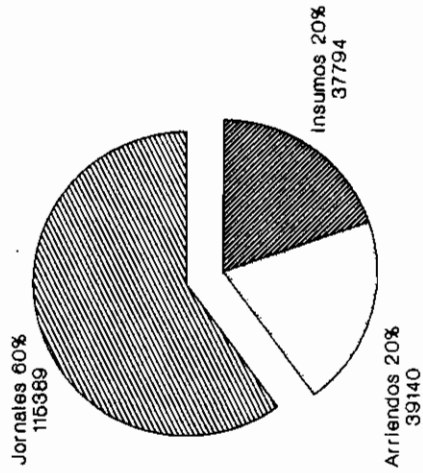


**FIGURA 11. Costos de producción en yuca/maíz en parcelas de preproducción en el sector 4, Costa Norte de Colombia durante la cosecha 1990-1991.**

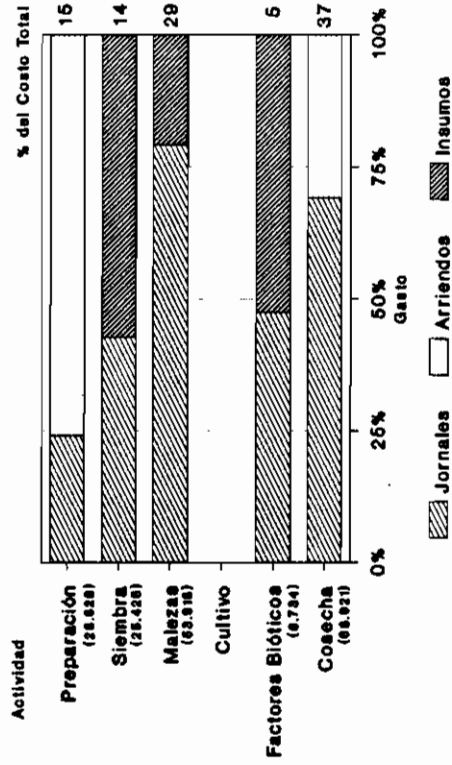
**Tecnología Recomendada**



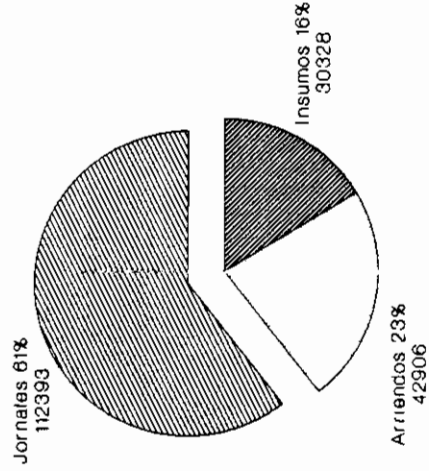
**Costos Totales: \$ 192.323**



**Tecnología Tradicional**

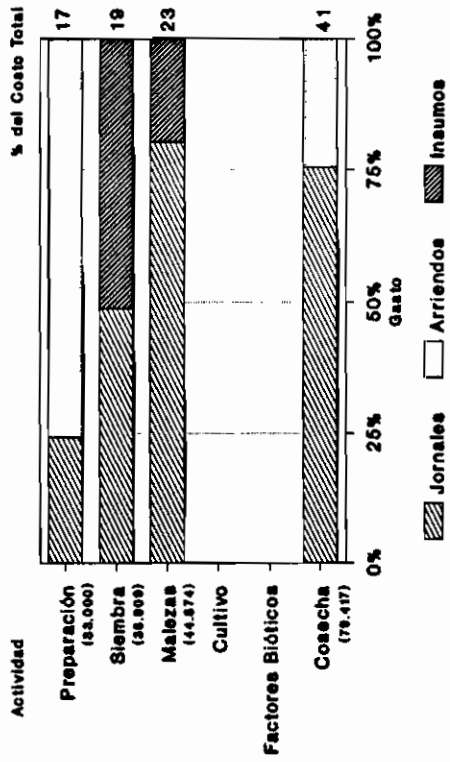


**Costos Totales: \$ 185.627**

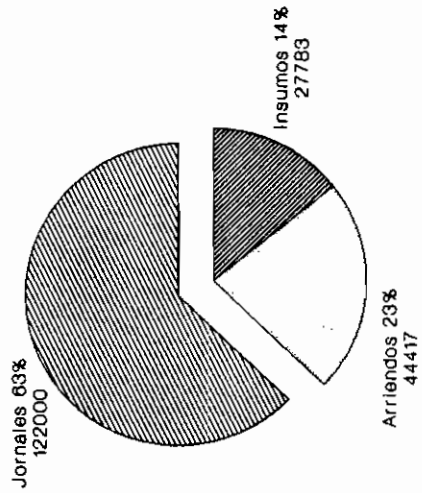


**FIGURA 12. Costos de producción en yuca/malz en parcelas de preproducción en el sector 5, Costa Norte de Colombia durante la cosecha 1990-1991.**

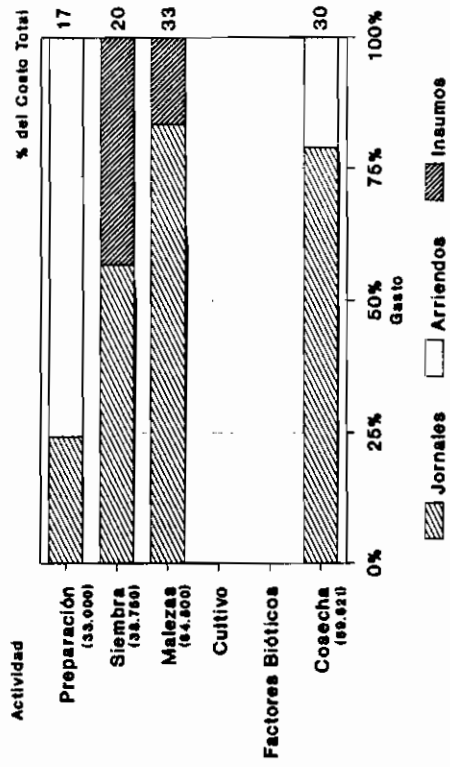
**Tecnología Recomendada**



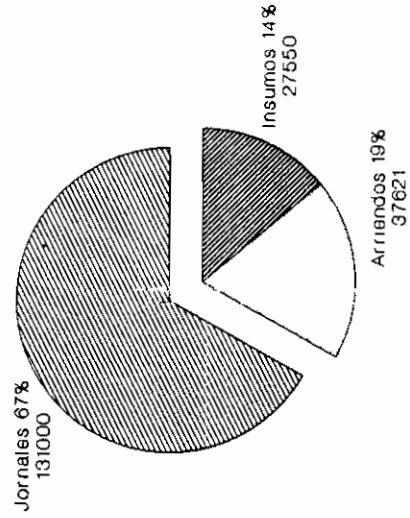
**Costos Totales: \$ 194.200**



**Tecnología Tradicional**

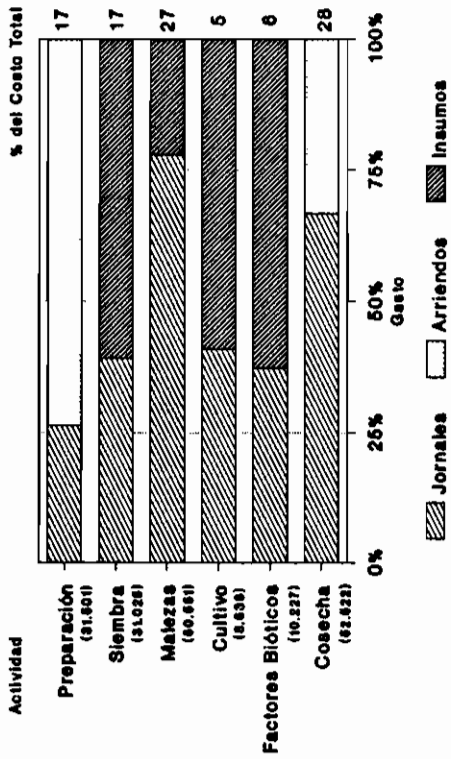


**Costos Totales: \$ 196.171**

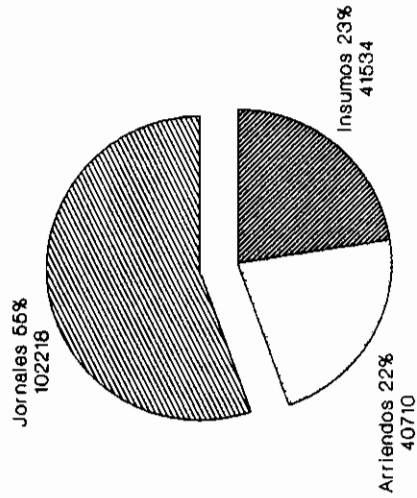


**FIGURA 13. Costos de producción en yuca/maíz en parcelas de preproducción en el sector 6, Costa Norte de Colombia durante la cosecha 1990-1991.**

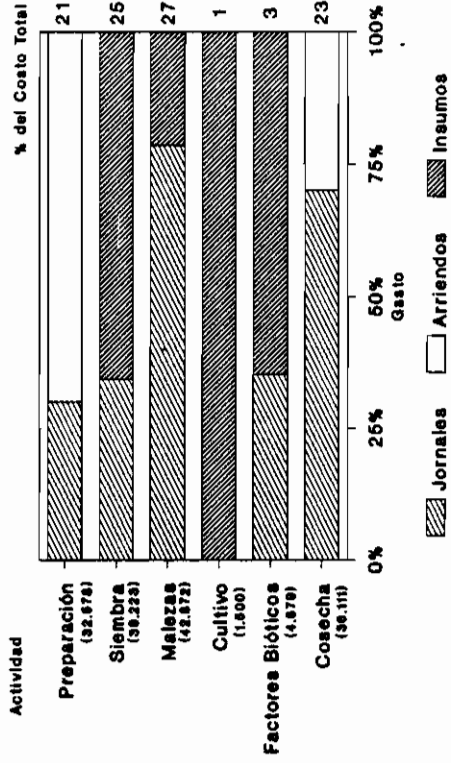
**Tecnología Recomendada**



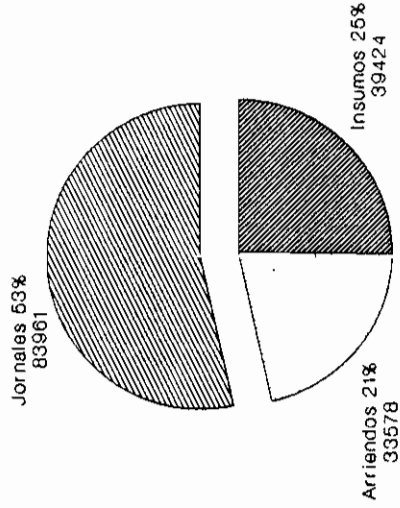
**Costos Totales: \$ 184.462**



**Tecnología Tradicional**

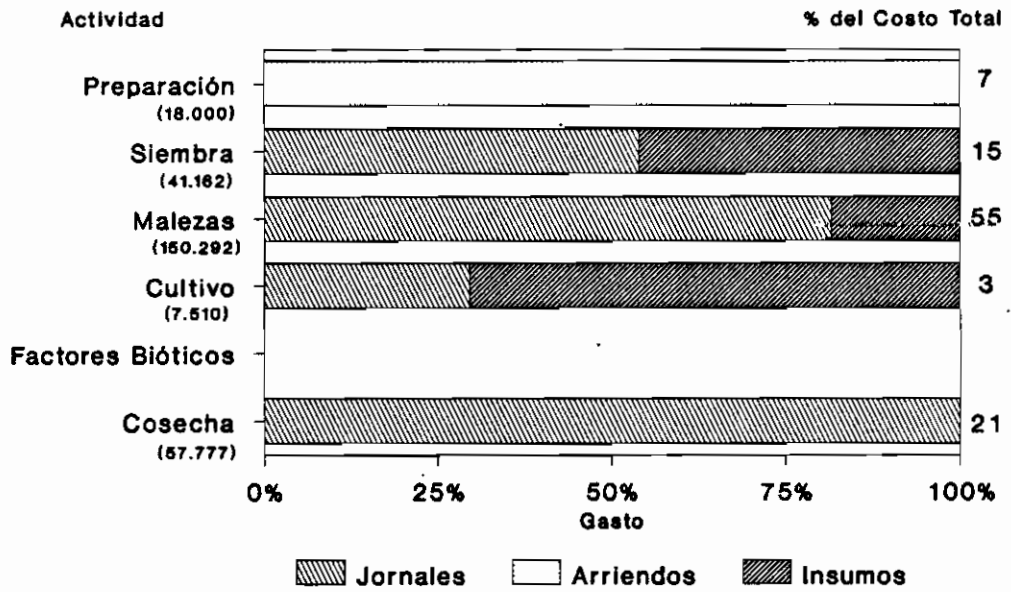


**Costos Totales: \$ 156.963**

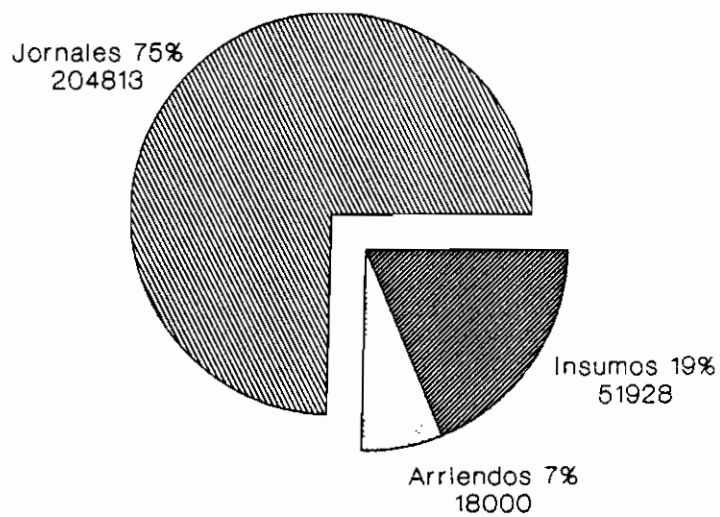


**FIGURA 14.** Costos de producción en yuca/maíz en parcelas de preproducción en el sector 7, Costa Norte de Colombia durante la cosecha 1990-1991.

**Tecnología Recomendada**



**Costos Totales: \$ 274.741**



**FIGURA 15. Costos de producción en yuca/maíz en parcelas de preproducción en el sector 12, Costa Norte de Colombia durante 1990-1991.**



insecticidas de bajo impacto ambiental como el Dimetoato. En cuanto a fungicidas, el Mancozeb y el Benomil, dos productos utilizados en el tratamiento de semillas de yuca y maíz, fueron los más frecuentemente utilizados en el primer año, pero en general, los sistemas estudiados utilizan muy poco esta clase de insumos, reforzando la idea de que el cultivo de yuca/maíz es estable con respecto a enfermedades.

El único fertilizante utilizado es la urea. En el primer año aplicado al ñame y en el segundo año generalizado para el maíz, en la tecnología recomendada.

La tecnología mejorada promueve el uso de variedades mejoradas de maíz, un componente tecnológico que no es extraño a la tecnología tradicional. Observemos que las variedades mejoradas van ganando terreno al maíz criollo de un año al otro en la tecnología tradicional, y lo que es mejor, las variedades mejoradas que se imponen son las desarrolladas por el ICA. En este componente tecnológico es evidente que se están operando cambios, en la medida que la semilla es disponible para los agricultores.

En cuanto a semilla de yuca, en todas las parcelas se ha sembrado la variedad regional Venezolana, y algunos ensayos se han realizado con los materiales prelanzados por ICA. En ñame se trabajó con la hoy extinta variedad regional Ñame pelado.

#### **7.4 PERSPECTIVAS DE LAS PARCELAS DE PRE-PRODUCCION**

Como hemos visto, las parcelas de pre-producción pueden ser una fuente de información muy extensa para el investigador, hasta tal punto que puede ser abrumadora. Sus objetivos trascienden la transferencia de tecnología y puede ser utilizadas en diversas experiencias con diferente nivel de participación del agricultor.

Es probable que si las metas del seguimiento se centran de antemano en unos pocos componentes tecnológicos, es posible hacer consideraciones más precisas sobre cada tema propuesto. En todo caso, la experiencia parece demostrar que el involucramiento de la actividad dentro del rol de funcionarios que se encuentran en el campo es clave para su éxito. Por ello, es necesario que las parcelas no sean vistas como una nueva carga para él, sino más bien como una herramienta para llegar al agricultor.

La utilidad de la información generada depende de la capacidad de los análisis para sugerir sectores críticos de la tecnología propuesta. No obstante, para que los resultados sean relevantes es necesario que el seguimiento se haga varios años. Por el momento, nos hemos dedicado a describir los sistemas de producción involucrados, pero con el tiempo, podremos conocer aspectos valiosos de la sostenibilidad de los rendimientos, evolución de los costos y manejo en el tiempo de los períodos de barbecho. Adicionalmente, cada año es posible contactar agricultores nuevos para aumentar nuestro conocimiento de la tecnología tradicional.

Hasta el momento hemos instalado 119 parcelas de preproducción, 68 el primer año y 51 el segundo año, en los departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar. La limitación de su amplitud es solamente logística, en términos de personal en el manejo de las parcelas y en la captura de la información, así como en la capacidad de procesamiento de la información.

Los componentes tecnológicos de la tecnología mejorada están básicamente representados en el uso de variedades mejoradas de maíz y en el uso adecuado del herbicida pre-emergente. Es previsible, que con la liberación de las nuevas variedades de yuca en la Costa ya realizadas y las que se preveen en el corto plazo, las parcelas de pre-producción involucren estos nuevos materiales.

# PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA FASE DE PROYECTO PILOTO

## INFORME 8. DESARROLLO Y APLICACION DEL MODELO FINANCIERO Por: Carlos Ostertag

### 8.1 INTRODUCCION

Este informe describe un modelo de rentabilidad financiera desarrollado para la planta piloto de harina de yuca de Chinú y presenta ejemplos de cómo se ha utilizado para apoyar la toma de decisiones.

En dos etapas del Proyecto Integrado de Yuca, Fase de Microplaneación y Fase de Proyecto Piloto, se deben elaborar Estudios de Prefactibilidad y Factibilidad respectivamente y uno de los aspectos a tener en cuenta es la viabilidad económica o financiera de las unidades procesadoras de yuca. El Análisis de Rentabilidad efectuado en la Fase de Proyecto Piloto es más preciso que el efectuado anteriormente, ya que se cuenta con mayor y mejor información proveniente de la operación de la planta piloto.

Para este efecto, se desarrolló un modelo financiero de la planta procesadora de yuca usando el programa de hoja electrónica para microcomputador llamado Lotus 123. Este programa permite la rápida actualización del modelo y el cálculo inmediato de parámetros de rentabilidad. También permite observar de manera instantánea la sensibilidad de la rentabilidad a la variación de cualquier costo o cantidad.

### 8.2 SELECCION DE PARAMETROS DE RENTABILIDAD

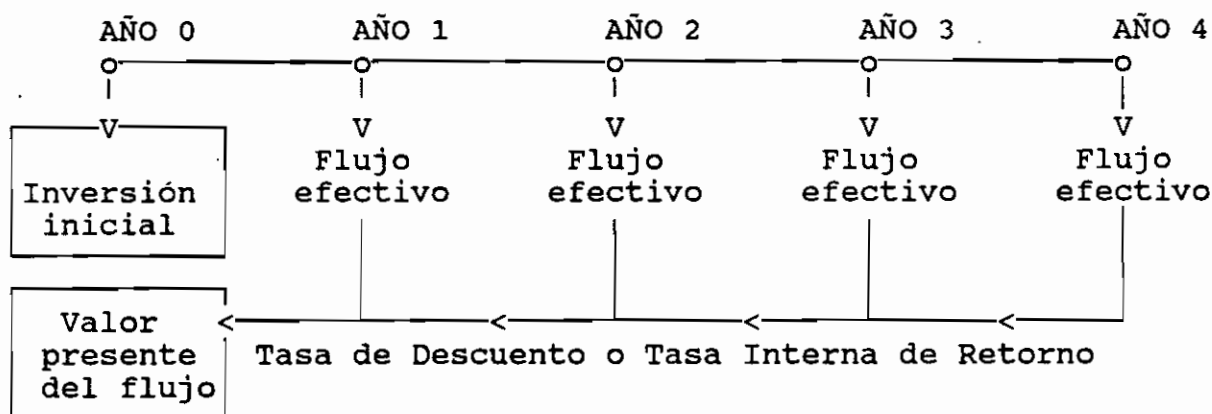
Existen múltiples parámetros de rentabilidad pero uno de los más generalizados es el de la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual tiene dos variantes: la Tasa Económica de Retorno (TER) y la Tasa Financiera de Retorno (TFR). La definición de estos parámetros de rentabilidad es la siguiente:

Aquella tasa que descuenta unos flujos de caja anuales al presente de tal manera que su valor presente sea igual a la inversión inicial

La FIGURA 1 interpreta esta definición.

La diferencia entre la TER y la TFR estriba en cómo se derivan los flujos de caja anuales. El CUADRO 1 contrasta estos dos parámetros. Para nuestro caso, hemos seleccionado la Tasa Financiera de Retorno como el parámetro de rentabilidad porque nos interesa más el punto de vista empresarial.

El valor mínimo para la TFR se estableció como el costo de oportunidad del capital en Colombia, o sea alrededor del 35%. El costo de oportunidad del capital es el interés que deja de ganar el inversionista al tener su dinero invertido en una planta



**FIGURA 1. Interpretación gráfica de la definición de Tasa Interna de Retorno**

**CUADRO 1. Algunas diferencias entre la Tasa Económica de Retorno y la Tasa Financiera de Retorno**

TER	TFR
- Toma el punto de vista de la sociedad en general	- Toma el punto de vista de la empresa
- No siempre se usan costos y precios del mercado	- Usa siempre costos y precios del mercado
- Los impuestos no se consideran costo	- Los impuestos son un costo para la empresa
- Los subsidios son un costo para la sociedad	- Los subsidios representan un ingreso para la empresa
- No considera los costos financieros	- Existe una modalidad de la TFR que considera el costo financiero

procesadora. El empresario estará motivado a invertir en una planta procesadora solamente si pudiera obtener una TFR mayor al interés que pudiera obtener su capital en cualquier banco comercial.

Se advierte que para calcular la TER o la TFR no se tiene en cuenta la depreciación porque ésta no representa realmente un flujo de fondos. Para efectos de estimados de rentabilidad, la depreciación solamente se considera para calcular la suma a pagar por concepto de impuestos; en el caso colombiano, las cooperativas no pagan impuestos.

Los diferentes tipos de procesamiento de yuca se pueden comparar desde un punto de vista de rentabilidad al comparar sus respectivas TFR's.

### 8.3 DECISIONES PRELIMINARES PARA EL DESARROLLO DEL MODELO FINANCIERO

Antes de desarrollar el modelo, se deben tomar decisiones respecto a los siguientes cuatro temas: vida del proyecto, capacidad de producción de la planta, utilización de capacidad, manejo de inflación, y valoración residual de los activos.

#### Vida del proyecto

En este caso se refiere a la vida económica de las plantas de procesamiento. No existen reglas para imponer un cierto número de años para la evaluación del proyecto. Se puede decir, sin embargo, que mientras más lejanos en el tiempo sean los ingresos y costos, menor será su importancia. Por ejemplo, \$100 ahora valen más que \$100 dentro de dos años. A mayor número de años de vida, mayor será la TFR y, mientras más rentable sea el proyecto, menor será el impacto de la vida del proyecto en la TFR. Este modelo supone una vida de 8 años para el proyecto.

#### Capacidad de producción

Las plantas rurales de procesamiento de yuca generalmente no pueden operar los 12 meses por limitaciones climáticas o de suministro de raíces. En este caso se debe asumir un número de meses de operación al año y calcular una capacidad teórica para usar en el modelo. Se presentan casos de plantas que operan por encima de su capacidad teórica gracias a condiciones óptimas. En este caso se asume que la planta procesa raíces durante diez meses al año con una capacidad de 200 ton al año.

#### Utilización de capacidad

En este caso se debe decidir si la planta arranca desde el año 1 usando el 100% de su capacidad, o si debe llegar a este nivel gradualmente. En nuestro modelo asumimos un 90% de utilización de capacidad desde el año 1 debido a que la capacidad de producción de la planta es baja respecto a la demanda potencial de mercado.

#### Manejo de inflación

La primera decisión a tomar es si se tiene en cuenta la inflación o no. Si no se tiene en cuenta, entonces la TFR mínima aceptable será el costo de oportunidad del capital **menos** la tasa de inflación anual. Si se tiene en cuenta la inflación, entonces hay que decidir si se van a asumir tasas de inflación iguales o diferentes para ingresos y costos. El modelo supone una inflación del 25% anual tanto para ingresos como para costos.

### Valorización residual de los activos

Al final de la vida del proyecto hay que suponer que la planta se vende, y además que retorna el capital de trabajo; si se ha asumido inflación, estos deben estar debidamente "inflados". Este modelo supone que, al cabo de ocho años, la planta se vende al 40% de su valor en el año 0, incluyendo la valorización del terreno.

## **8.4 COMPONENTES DEL MODELO**

A continuación se describen los principales elementos del modelo.

### Inversión

Se refiere a las construcciones, equipos y estudios necesarios para proceder a procesar la yuca. También se incluye el monto inicial de capital de trabajo. El capital de trabajo necesario es una función del costo de producción, el volumen de producción, y del plazo que se toman los clientes para pagar.

Ejemplos: Compra de terreno, Diseño de planta, Estudios de ingeniería, Obra civil, Carreteras o accesos, Transformador, Maquinaria y Equipos, Montaje de equipos, Imprevistos

### Mantenimiento

Es la suma anual necesaria para mantener en buen estado funcional las obras y los equipos. Esta suma se divide por el número de toneladas producidas al año y se coloca como costo fijo.

### Información básica

Aquí se incluyen las suposiciones básicas, como la capacidad de planta y utilización de capacidad. También se incluyen los parámetros de procesamiento, como el factor de conversión yuca fresca a trocito, no. de horas-hombre por tonelada, no. de empaques por tonelada, no. de kw-hora por tonelada, consumo de combustible por tonelada, consumo de agua por tonelada, etc. Junto con los precios unitarios, estos datos son la base para calcular costos variables.

### Costos variables

Los costos variables son aquellos costos del proceso que varían con el volumen de producción.

Ejemplos: Costo por tonelada de: Materia prima, Mano de obra, Empaque, Energía, Combustible, Agua, Transporte, Comisión, etc.

### Costos fijos

Los costos fijos son aquellos costos que no varían con el volumen de producción.

Costo por tonelada: de personal administrativo, mantenimiento de planta, y gastos varios (viáticos, etc.)

### Precio de venta de producto

En este caso se utiliza como precio de venta un promedio ponderado de los precios de la harina de primera, harina de segunda, mogolla y salvado. Los precios se ponderan por los niveles de extracción y también se tiene en cuenta aquí las pérdidas durante el proceso de molienda. Esto permite calcular varios parámetros de margen, como margen bruto (precio de venta menos costos variables), margen neto (precio de venta menos costos variables y fijos).

### Flujos de caja anuales

En el año 0 aparece la inversión inicial incluyendo el capital de trabajo, o sea que el flujo de caja para este año es negativo. A partir del año 1 se calculan los ingresos anuales por venta del producto de yuca. Se le restan los costos variables, costos fijos y el requerimiento adicional anual de capital de trabajo debido a la inflación. Como resultado, obtenemos 9 flujos, del año 0 al año 8. Estas nueve cifras son procesadas para obtener la Tasa Financiera de Retorno.

En el modelo se incluye otro parámetro de rentabilidad llamado el Valor Presente Neto (VPN); éste consiste en el descuento de flujos anuales, incluyendo la inversión del año 0, usando como tasa de descuento el 35% (costo de oportunidad del capital en Colombia). El Valor Presente Neto mínimo aceptable es 0.

## **8.5 ANALISIS DE SENSIBILIDAD**

El objetivo de este ejercicio es conocer cuáles son las variables (por ej. costo de materia prima) que tienen mayor incidencia en la Tasa Financiera de Retorno. También se puede conocer los valores máximos o mínimos de variables de tal manera que la TFR sea igual al mínimo, o sea 35%. Esto permite, por ejemplo, fijar políticas de compra de materia prima y el establecimiento de precios de compra máximos.

## **8.6 COMPOSICION DE PRECIO**

El modelo también permite analizar la composición del precio de venta por tonelada, es decir conocer el peso de los diferentes costos y la utilidad. Esta composición también se puede comparar entre procesos.

## 8.7 RESULTADOS

Ante todo, se debe aclarar que al cabo de los dos años y medio del proyecto piloto, no se han solucionado algunos cuellos de botella del proceso que se presentan más detalladamente en el INFORME 9.

Esto significa que la experiencia en la operación de la planta piloto como empresa está incompleta todavía, y que hay que trabajar con algunos supuestos, a saber:

- la calidad de la harina de yuca será la adecuada para los diferentes mercados
- la harina de yuca se venderá al precio propuesto
- la capacidad de la planta será de 200 toneladas al año
- la utilización de la capacidad será del 90%, o sea nueve meses al año.

Sin embargo, se ha incorporado al modelo datos reales como parámetros del proceso en planta, parámetros de molienda, y costos unitarios.

Es importante anotar que los datos que alimentan este modelo deben de actualizarse periódicamente debido a la inflación. También pueden haber cambios en los parámetros de conversión, extracción, rendimiento, etc. Los resultados que se presentan a continuación corresponden a Junio de 1991. En el ANEXO 1 se incluye el modelo de rentabilidad tal como aparece en la hoja electrónica de Lotus 123.

Es necesario aclarar que este modelo refleja las actividades de procesamiento en dos sitios: en la planta piloto, en donde se produce trocitos secos de yuca premolidos y en el molino de trigo, en donde se produce harina y subproductos.

El CUADRO 2 presenta los parámetros del proceso usados en el modelo.

### Rentabilidad

El modelo indica que si la planta piloto opera al 90% de su capacidad, la TFR será de 22%. La inversión requerida en estudios, obras y equipos es de US\$52.000. El precio promedio de venta es de Col\$171.590/ton, los costos variables suman \$144.971/ton, y los costos fijos \$11.668/ton, o sea que la utilidad neta es de \$14.951/ton.



## CUADRO 2. Parámetros del proceso de producción de harina de yuca utilizados en el modelo

Capacidad de planta	200 ton
Utilización de capacidad	90%
Conversión raíz a trocito premolido	2,7:1
Horas-Hombre/ton trocito	54
Empaques/ton trocito	20
KW-hora/ton trocito	150
Carbón coke (kgs/ton trocito)	400
Agua (m <sup>3</sup> /ton trocito)	7,5
Extracción de harina (1 y 2)	86,5%
Extracción de mogolla	5,6%
Extracción de salvado	4,6%
Pérdidas	3,4%

### Sensibilidad de la TFR

Las FIGURAS 2 a 6 presentan los análisis de sensibilidad de la TFR a factores que tienen una fuerte incidencia, como utilización de la capacidad, costo de raíces de yuca, factor de conversión de raíz a trocito, porcentaje de extracción de harina de primera en la molienda, y precio de venta de la harina de yuca.

### Estructura de costos

El modelo también sirvió para conocer la composición del precio y la relativa importancia de los diferentes costos. Esta información se presenta en el CUADRO 3.

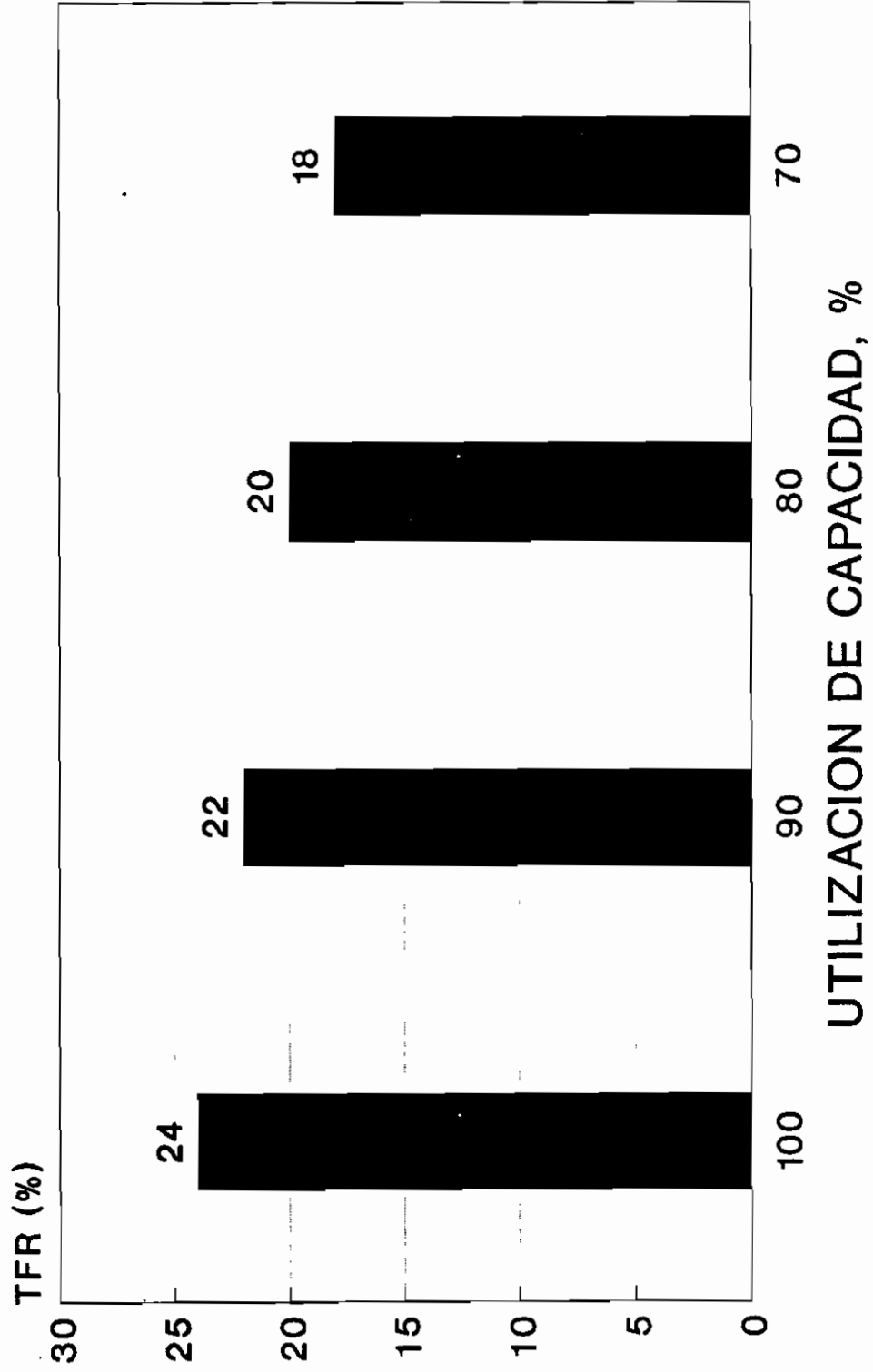
## CUADRO 3. Composición del precio de la harina de yuca puesta en Medellín

Costo	\$ Monto/ton	Porcentaje
Materia prima	64.800	37
Transporte	18.750	11
Molienda	18.500	11
Carbón coke	15.600	9
Mano de obra	11.880	7
Electricidad	7.500	4
Otros costos variables	7.941	5
Costos fijos	11.668	7
Utilidad neta	14.951	9
<b>TOTAL</b>	<b>171.590</b>	<b>100</b>

## 8.8 EL MODELO Y LA TOMA DE DECISIONES

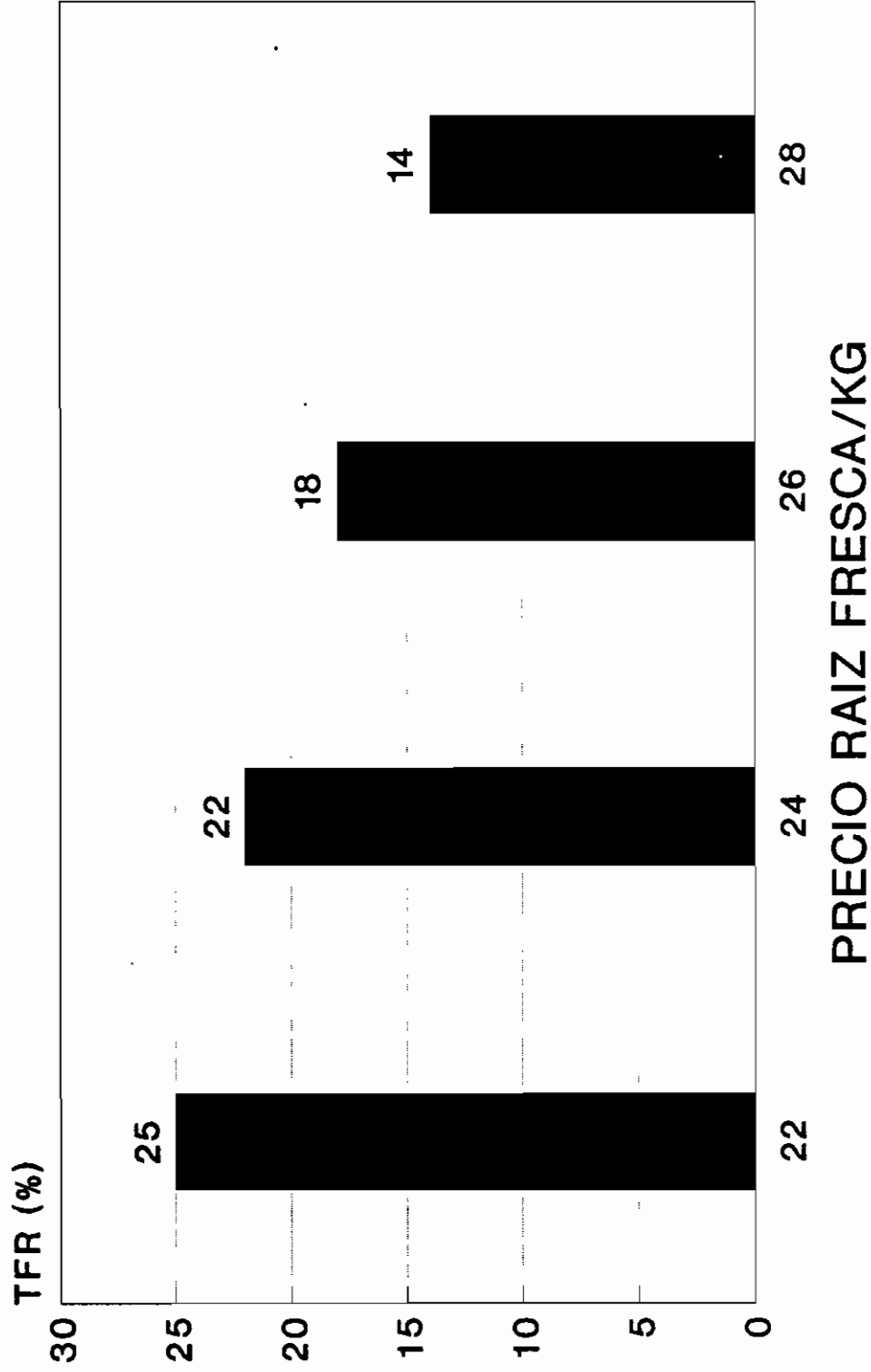
Este modelo se puede usar para apoyar la toma de decisiones, ya que en muchos casos es importante tener una idea de la dimensión financiera para tomar decisiones. A continuación se dan algunos ejemplos.

**FIGURA 2.**  
**SENSIBILIDAD DE LA TFR A CAMBIOS EN**  
**UTILIZACION DE CAPACIDAD**



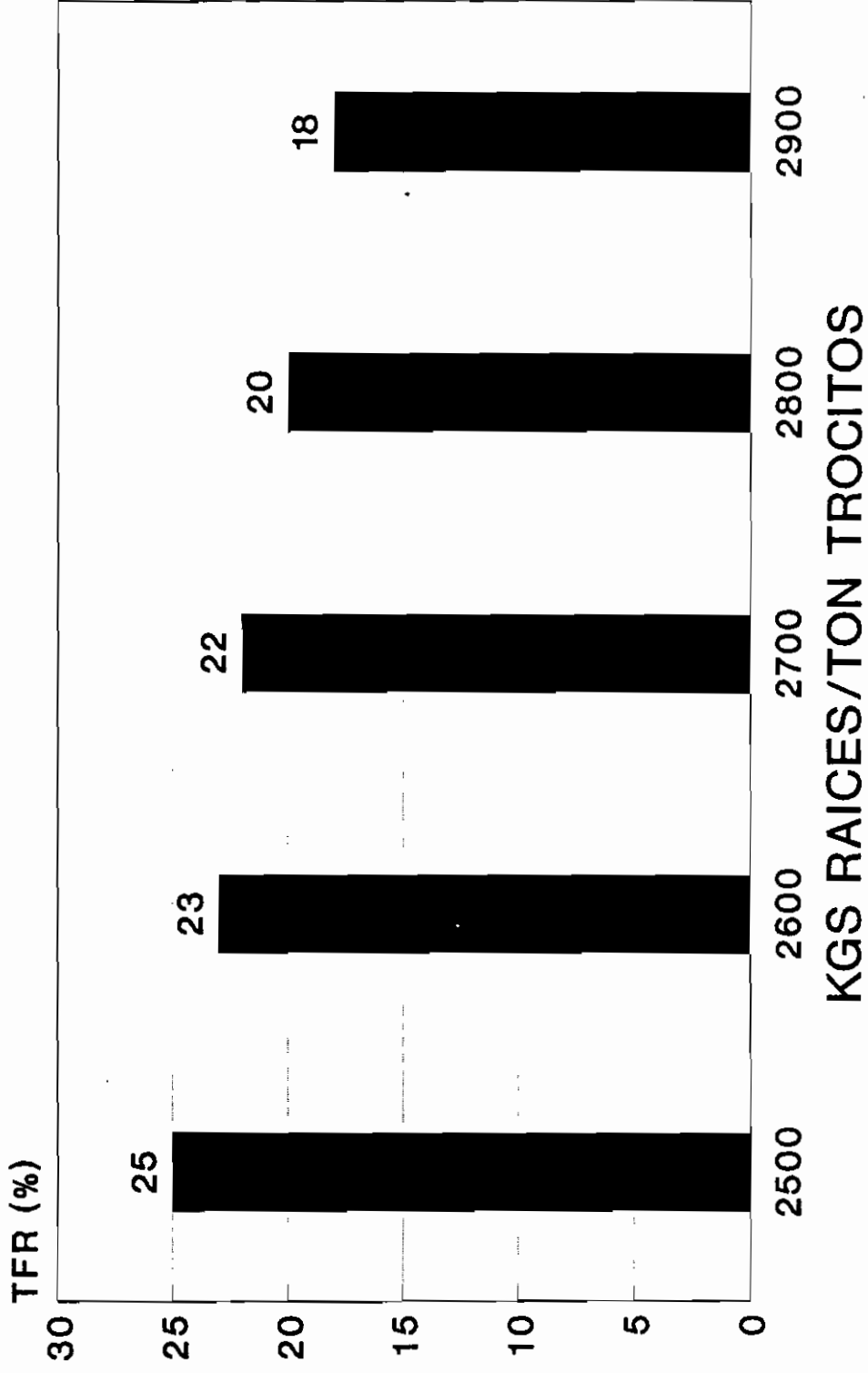
\* CAPACIDAD: 200 T ANUALES

**FIGURA 3.**  
**SENSIBILIDAD DE LA TFR AL PRECIO DE LA**  
**MATERIA PRIMA**



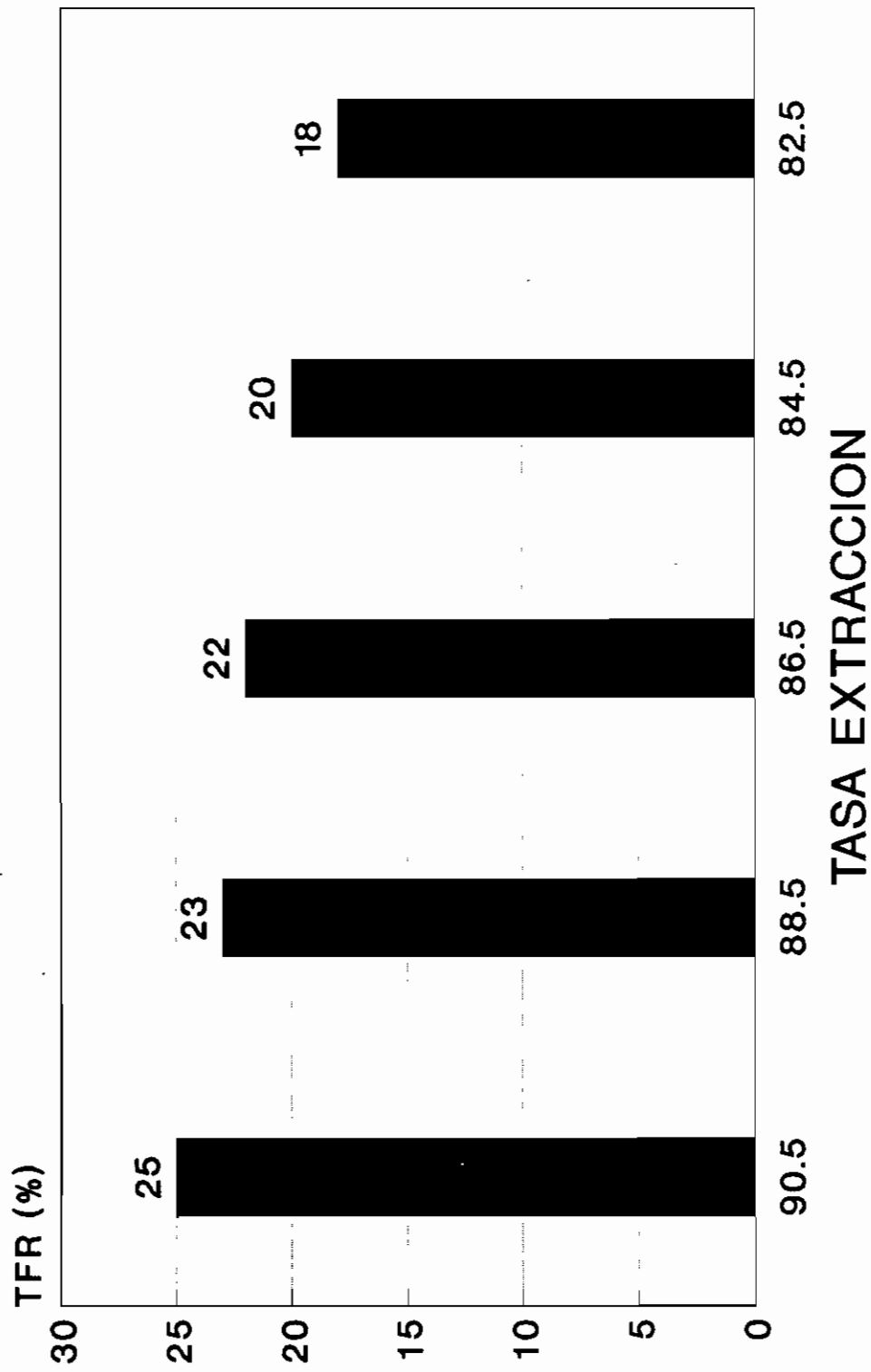
\* CAPAC. 200 Ton. UTIL: 90%

**FIGURA 4.**  
**SENSIBILIDAD DE LA TFR AL FACTOR DE**  
**CONVERSION RAIZ A TROCITO**



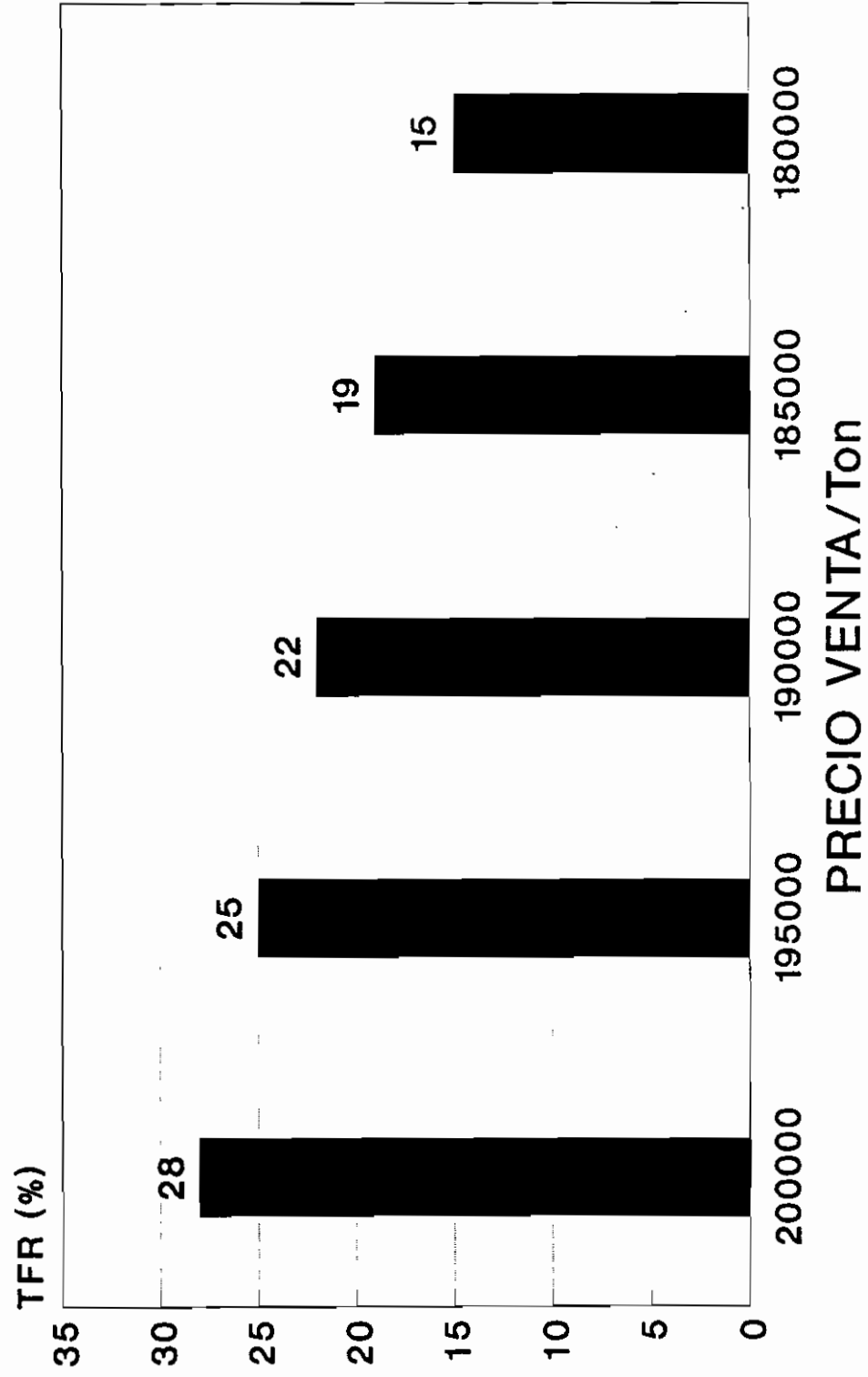
\* CAPAC. 200 Ton. UTIL: 90%

**FIGURA 5.**  
**SENSIBILIDAD A LA TFR A LA TASA DE**  
**EXTRACCION DE HARINA DE PRIMERA**



\* CAPAC. 200 Ton. UTIL: 90%

**FIGURA 6.**  
**SENSIBILIDAD DE LA TFR AL PRECIO**  
**DE VENTA DE LA HARINA DE PRIMERA**



\* CAPAC. 200 Ton. UTIL: 90%

### Diseño de un sistema de financiación para plantas procesadoras

El modelo que se ha presentado y que aparece en el ANEXO 1 sirve para efectuar un análisis de rentabilidad; sin embargo, con leves cambios se puede convertir en un modelo para realizar el análisis de liquidez. El cambio consiste en incluir el costo de amortización de capital y costos financieros al calcular los flujos anuales de efectivo. El análisis de liquidez es especialmente apropiado cuando una planta se financia con dinero prestado, el cual debe devolverse y además pagar un costo financiero. En este caso, sirve para identificar años de flujo de efectivo negativo y ayuda a diseñar un sistema de financiación realista para plantas procesadoras respecto a monto e interés del préstamo y período de gracia necesario.

### Información a bancos, donantes, ejecutores, cooperativas y empresarios particulares

Es obvio que generalmente todos estos actores en el proceso de desarrollo requieren de parámetros financieros, unos para juzgar la conveniencia de prestar o invertir y otros para evaluar la capacidad de pagar sus deudas.

### Determinación de precios

El desarrollo de un modelo financiero como el que se presenta no solo permite tener una idea clara de la estructura de costos, lo cual en sí es insuficiente para tomar decisiones de precios, sino que permite visualizar la relación entre nivel de precios y rentabilidad. Esta información, complementada con datos sobre precios de productos competitivos, es un buen fundamento para la toma de decisiones respecto a precio.

### Identificación de estrategias para mejorar la rentabilidad

En la sección de Resultados de arriba, se dijo que la rentabilidad actual de la planta piloto de Chinú bajo costos reales y asumiendo una utilización de capacidad del 90%, era del 22%. Como este parámetro está bastante por debajo del costo de oportunidad del capital en Colombia, es claro que existe un problema de rentabilidad. Sin embargo, si se analiza la eficiencia de las diferentes operaciones dentro del proceso y si se complementa con la utilización del modelo financiero para (i) simular el impacto de diversas alternativas de procesamiento y comercialización en la TFR y (ii) efectuar análisis de sensibilidad, incluyendo los factores de monto de inversión en activos fijos y expansión de capacidad, se puede plantear una estrategia viable para aumentar la TFR a niveles aceptables.

El punto (i) se puede ilustrar mejor con los siguientes ejemplos. Con el modelo fue fácil demostrar que era más rentable vender harina de yuca que trocitos. También se evaluó la rentabilidad de tres sistemas de molienda de trocitos, y se concluyó que la

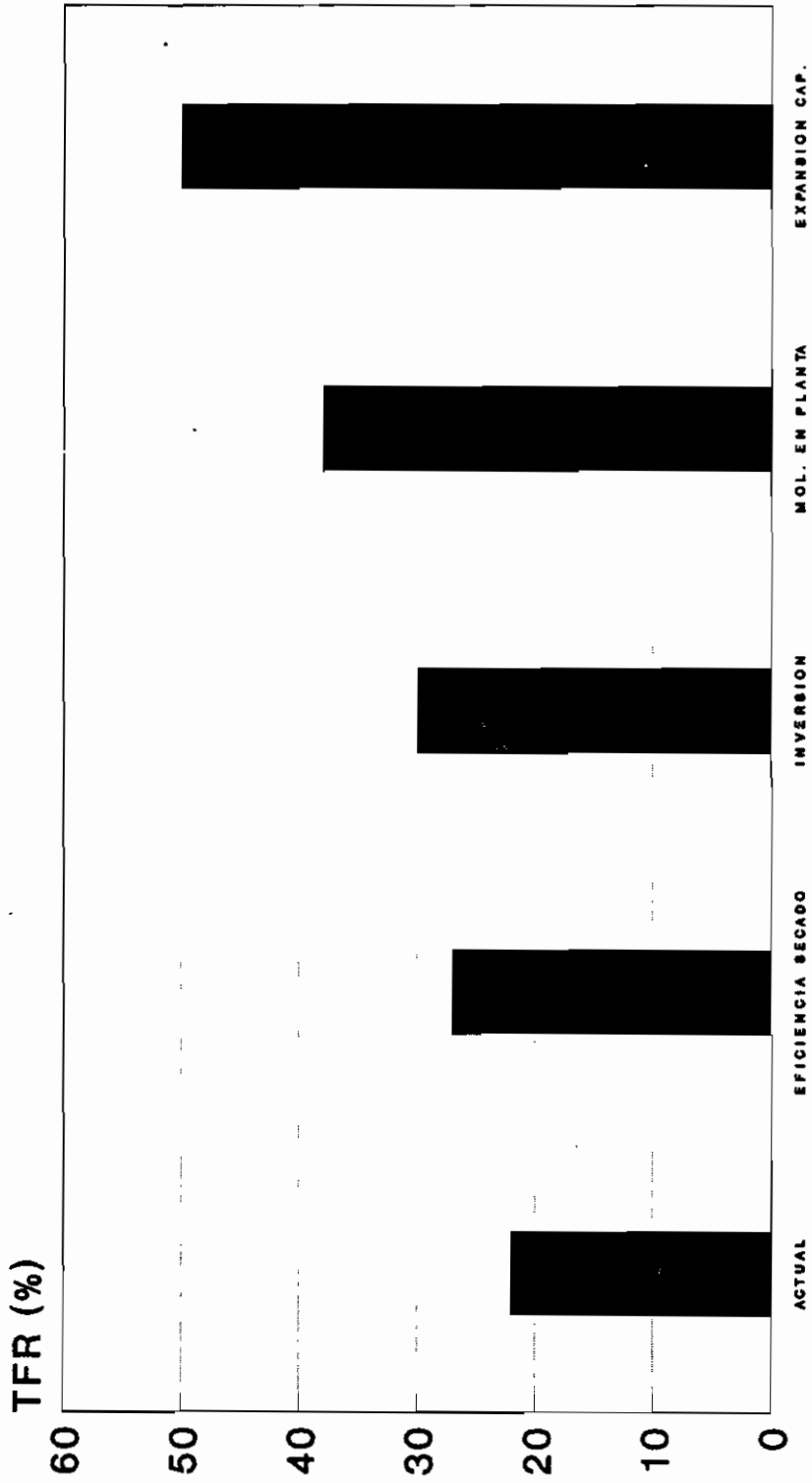
opción de molienda más rentable es la de moler en planta con un pequeño molino de rodillos, seguido por la subcontratación de la molienda en un molino de trigo y por la molienda en planta con un pequeño molino de martillos. Este último análisis llevó al proyecto a iniciar el desarrollo de un sistema de molienda de rodillos a pequeña escala, el cual se presenta en una sección del INFORME 6 de este informe final.

Además, con el fin de comparar su rentabilidad, se desarrollaron modelos financieros para cinco procesos en base a yuca bajo suposiciones algo diferentes a las ya mencionadas; por ejemplo, los procesos todos asumían una capacidad de 288 toneladas anuales. Los productos finales de los procesos fueron trozos secos para consumo animal, trocitos para consumo humano, y harina de yuca para consumo humano. Para el último producto, se compararon tres variaciones del proceso, a saber: sin pelar la raíz y con secado artificial, pelando la yuca y con secado artificial, y pelando la yuca y secado natural. Este ejercicio demostró que los procesos 1, 3 y 5 son los más rentables, con TFR's por encima de 60%.

Para terminar, la estrategia planteada para maximizar la TFR incluye la (i) reducción de la inversión en construcción, (ii) el mejoramiento de la eficiencia del sistema de secado, (iii) el establecimiento de la molienda en planta, y (iv) la expansión de la capacidad de la planta una vez se haya consolidado el mercadeo de la harina de yuca. La FIGURA 7 muestra cómo esta estrategia puede resultar en una TFR por encima del 50%.



**FIGURA 7.**  
**CAMBIOS EN LA TFR DE LA PLANTA PILOTO DE**  
**HARINA DE YUCA CON CAMBIOS PROPUESTOS**



**MEJORAS \***

\* 20% REDUCCION INVERSION  
 MOLIENDA EN PLANTA VS. SUBCONTRATO  
 EXPANSION CAPACIDAD A 350 t

ANEXO 1.

ANALISIS DE RENTABILIDAD FINANCIERA  
 PROYECTO DE HARINA DE YUCA EN LA COSTA ATLANTICA  
 PRODUCTO FINAL: HARINA DE YUCA PUESTO EN MEDELLIN  
 CAPACIDAD INSTALADA: 200 TON TROCITOS DE YUCA  
 SEPT. 1991

CALCULO DE INVERSION REQUERIDA (COL\$ 1991)

CONSTRUCCION (*)		%	MANTENIMIENTO
ESTUDIO SUELOS	100000		
LEVANT. TOPOGRAFICO	100000		
CONSTRUCCION	19000000	0,005	35000
MONTAJE EQUIPOS	350000		
INTERVENTORIA	750000		
ADMINIST. Y CONTINGENCIAS (15%)	2850000		
<b>SUBTOTAL</b>	<b>23150000</b>		
<b>EQUIPOS</b>			
BASCULA (500 KG)	150000	0,010	1500
MEZA SELECCION	300000	0,005	1500
BOMBA	150000	0,020	3000
LAVADORA	900000	0,050	45000
TROZADORA	374000	0,050	18700
TOLVA	50000	0,050	2500
MOTOR TROZADORA	175000	0,020	3500
ARRANCADOR MOTOR	130000	0,020	2600
VENTILADOR	600000	0,010	6000
MOTOR VENTILADOR	380000	0,020	7600
ARRANCADOR MOTOR	130000	0,020	2600
QUEMADOR CARBON	800000	0,050	40000
CAMARAS SECADO (2)	600000	0,050	30000
PREMOLEDORA	600000	0,030	18000
MOTOR PREMOLEDORA	90000	0,020	1800
ARRANCADOR MOTOR	40000	0,020	800
ESTIBAS MADERA (4)	60000	0,005	300
CARRETA (2)	175000	0,005	875
EMBUDO (2)	110000	0,005	550
TRANSFORMADOR 50 KVA (INC. PROTECCION, MATRI- CULA Y SUBESTACION)	2800000	0,020	56000
PALAS METALICAS (6)	20000	0,200	4000
RASTRILLOS MADERA (6)	35000	0,300	10500
EMPAQUES FIQUE (40)	16000	0,500	8000
MUEBLES	300000	0,020	6000
COMPUERTAS SECADOR	110000		
IMPREVISTOS (5%)	454750		
<b>SUBTOTAL</b>	<b>9549750</b>		
<b>TOTAL</b>	<b>32699750</b>		<b>366325</b>
=====			=====
<b>DOLARES</b>	<b>653</b>	<b>50076</b>	

(\*) SE ASUME QUE EL COSTO DE LA TIERRA ES DONADA POR LA COOPERATIVA PRODUCTORA

INFORMACION BASICA (COLs 1991)

		UNIDADES POR TONELADA DE TROZO SECO
CAPACIDAD DE PLANTA (T TROZOS)	200	
PRODUCCION PLANTA (T TROZOS)	180	
UTILIZACION CAPACIDAD	0,30	
KILO YUCA FRESCA EN PLANTA	24,00	2700 SUPONE YUCA PREPARADA
HORA HOMBRE	220	54
EMPAQUE TROCITO Y HARINA	180	20
ENERGIA KW H	50	150
KILO CARBON COQUE	39	400
M3 AGUA*	350	7,50

\* SE CARGA EL SALARIO DEL ENCARGADO DE LA BOMBA DE AGUA

COSTOS VARIABLES POR TONELADA DE TROZO

MATERIA PRIMA	64800
MANO DE OBRA	11880
EMPAQUE TROCITOS Y HARINA	3600
ENERGIA	7500
CARBON COKE	15600
AGUA	2625
TRANSPORTE A MEDELLIN	15000
SERVICIO MOLIENDA	18500
FLETE EN MEDELLIN	3750
COMISION ANPPY (1%)	1716
<b>TOTAL</b>	<b>144971</b>

COSTOS FIJOS POR TONELADA DE TROZO

JEFE PLANTA (\$80000/MES)**	2667
CELADOR (\$46000/MES)	3067
COORD. COMPRA YUCA (\$46000/MES)	3067
GASTOS VARIOS (\$150000)	833
MANTENIMIENTO PLANTA	2035
<b>TOTAL</b>	<b>11668</b>

TOTAL COSTO PRODUCCION POR TONELADA HARINA:	156639	\$/TON	%
PRECIO/T PROMEDIO HARINA MEDELLIN	171590	H. PRIMERA	190000 0,743
UTILIDAD NETA:	0,09	H. SEGUNDA	190000 0,122
\$ POR TON	14951	EXTRACCION	0,865
		MOGOLLA	80000 0,056
		SALVADO	60000 0,046
		PERDIDA *	0,034

\*\* LA PLANTA DE HARINA PAGA LA MITAD DEL SALARIO

\* PERDIDA HUMEDAD, POLVILLO, PESO EMPAQUES

FLUJO DE CAJA

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
INFLACION		0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
INVERSION INICIAL	32699750								
CAPITAL DE TRABAJO		2819509	704877	881096	1101371	1376713	1720892	2151114	2668593
INGRESOS:									
VENTAS		30886200	38607750	48259688	60324609	75405762	94257202	117621503	147276378
VALOR RESIDUAL (*)									77962279
CAP. DE TRABAJO									13444465
MENOS:									
COSTO VARIABLE		26094762	32618453	40773066	50966332	63707915	79634894	99543617	124428522
COSTO FIJO		2100325	2625406	3281758	4102197	5127747	6409683	8012104	10015130
COSTO PRODUCCION		28195087	35243859	44054823	55068529	68835662	86044577	107555721	134444652
FLUJO NETO	-32699750	-128396	2659014	3323768	4154709	5193387	6491734	8114667	101550078
=====									
TASA FINANCIERA DE RETORNO (TFR):		0,22							
TASA MINIMA ACEPTABLE O COSTO DE OPORTUNIDAD DEL CAPITAL		0,35							
VALOR PRESENTE NETO AL 35%		-12078386							

(\*) INCLUYE VALORIZACION DE TERRENO

# PROYECTO DE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DE HARINA DE YUCA FASE DE PROYECTO PILOTO

## INFORME 9. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Por: Carlos Ostertag, Christopher Wheatley, Miguel A. Viera

En teoría, la ejecución de una Fase de Proyecto Piloto en la cual se ha establecido y operado una planta procesadora bajo condiciones reales del mercado, debería de aportar información suficiente como para preparar un estudio de factibilidad confiable.

Sin embargo, también es cierto que el objetivo de una fase piloto es el de identificar cuellos de botella antes de pasar a la Fase Comercial. El establecimiento y operación de una planta piloto abarca funciones muy diferentes y numerosas, como diseño y construcción de instalaciones y equipos, procesamiento, mercadeo, suministro de materia prima, capacitación, etc.

Concretamente, en este proyecto piloto se presentó el problema del funcionamiento del sistema de secado por fuera de las especificaciones originales del proceso en lo que respecta al tiempo y temperatura de secado. Esta limitación impactó de manera negativa en la calidad microbiológica del producto, lo que a su vez perjudicó las posibilidades de comercialización.

Todos estos problemas habían estado ausentes durante la Fase de Investigación en el CIAT, lo que resalta la importancia de la Fase de Proyecto Piloto.

El hecho de que no se haya vendido el producto y de que el proceso no esté definido aún significa que no se cuentan con la totalidad de parámetros necesarios para elaborar un Estudio de Factibilidad definitivo.

Debido a que este Estudio de Factibilidad requiere de muchas suposiciones por lo ya mencionado, no se profundizará demasiado en su planteamiento; se espera poderlo hacer más detallado a finales del año 1992.

El Estudio de Factibilidad que se presenta a continuación se divide en cuatro partes, a saber: factibilidad técnica (el proceso), factibilidad comercial (el mercado), factibilidad de autogestión (la administración), y factibilidad financiera (el retorno a la inversión).

### 9.1 FACTIBILIDAD TECNICA

Esta parte debe responder a la pregunta: Podemos producir una harina de yuca de calidad adecuada en forma eficiente? Para contestar es necesario analizar en qué medida se pueden cumplir las especificaciones referentes a la materia prima, al proceso y al producto final.

### Especificaciones de materia prima

Las especificaciones básicas para las raíces de yuca son: (i) deben ser frescas porque cuando entren al proceso deben de tener menos de 24 horas de cosechadas, y sin manchas, (ii) deben ser de una variedad de bajo contenido de cianuro, (iii) la edad de cosecha debe estar entre los ocho a doce meses, (iv) deben estar libre de raíces secundarias, heridas, cortaduras o nódulos, (v) deben estar libres del ataque de plagas, enfermedades, pudriciones, hongos y olores extraños, y (vi) debe ser de calidad microbiológica aceptable.

Todos estos requerimientos se pueden cumplir en la planta piloto de Chinú con la excepción del punto (v) debido a las condiciones sanitarias precarias en la región. Esto se agrava ante la imposibilidad de obtener una retroalimentación inmediata en el momento de recibo respecto a la calidad microbiológica.

Esto apunta hacia la importancia de incorporar al actual proceso un procedimiento que baje o elimine la contaminación microbiana de las raíces.

### Especificaciones del proceso

Sobre los parámetros del proceso, los más determinantes en cuanto a calidad y eficiencia son: (i) factor de conversión de raíz a trocito, (ii) costo de adecuación de raíces, (iii) tiempo de lavado, (iv) tiempo y temperatura de secado, (v) consumo de carbón, (vi) tamaño de trocito, y (vii) extracción de harina de primera en molienda (Ver INFORME 2).

Es importante anotar que el factor de conversión no es una limitación por dos razones: (i) la preselección de las raíces al cosechar reduce la proporción de materia prima rechazada en el proceso de elaboración, y (ii) la operación paralela de dos plantas permite que el rechazo en el proceso se pueda vender a la planta de secado natural, lo que equivale a bajar el factor de conversión.

En los puntos (ii), (iv) y (v) reside la limitación actual del proceso. Actualmente la operación de adecuación de raíces resulta demasiado costosa, aunque la implementación de la etapa de preselección en la cosecha reducirá este monto.

El tiempo de secado tan largo imposibilita alcanzar la capacidad instalada deseada de 200 toneladas al año y además empeora la contaminación de los trozos. Adicionalmente, las bajas temperaturas alcanzables impiden implementar una estrategia de control microbiano mediante la aplicación de temperaturas por encima de 60°C. La ineficiencia global del sistema de secado también está reflejada en el excesivo consumo de carbón coque.

El mejoramiento de este sistema se puede efectuar ágilmente porque ya existe en la

planta experimental de la Sección de Utilización de Yuca del CIAT un sistema de secado eficiente.

Consecuentemente, es indispensable tomar medidas para llegar al objetivo de 20 horas-hombre por tonelada de yuca seca en la operación de adecuación de raíces. Además, se requiere rediseñar el sistema de secado para estar dentro de las especificaciones originales del proceso que exigen un tiempo de secado de 8 a 10 horas con la posibilidad de alcanzar temperaturas hasta de 80°C.

#### Especificaciones del producto final

No se puede generalizar sobre algunas especificaciones para la harina de yuca, ya que pueden variar de acuerdo a su función. Sin embargo, se puede concluir que no se prevén limitaciones debido a las características físicas (color, granulometría) ni químicas, o infestación de insectos; las primeras dos se pueden manipular en la operación de molienda (Ver INFORME 3). Sin embargo, la calidad microbiológica sí presenta un escollo ya que actualmente no se puede garantizar que la harina de yuca esté dentro de los parámetros legales.

En el caso de cianuro, el límite máximo permitido para consumo humano es de 50 ppm pero no siempre la harina de yuca está dentro de este parámetro. Sin embargo, esta no ha sido una limitación para potenciales clientes industriales hasta la fecha.

Una de las prioridades en el proyecto será la de modificar el proceso para solucionar el problema de contaminación microbiológica. Es muy probable que el mejoramiento del sistema de secado también favorezca este aspecto notablemente.

Cabe destacar que una de las categorías promisorias más importantes para la harina de yuca es la de cárnicos, precisamente la más exigente respecto a calidad microbiológica debido a la ausencia de altas temperaturas en su elaboración.

## **9.2 FACTIBILIDAD COMERCIAL**

El interrogante que aquí nos hacemos es el siguiente: Podemos vender harina de yuca de calidad adecuada al precio que proponemos? Para contestar este punto, se pueden considerar las cuatro variables de mercadeo, a saber: producto, precio, distribución, y promoción (Ver INFORME 4).

### Producto

La esencia de este punto ya se discutió en la sección 9.1 en "Especificaciones del producto final". No se anticipa que las características físico-químicas sean una limitante para la comercialización, pero la calidad microbiológica sí debe mejorar.

### Precio

Tampoco se considera que el precio de penetración propuesto, un 15 a un 20% por debajo del precio de la harina de trigo, se convierta en un obstáculo para la comercialización. Algunas categorías como cárnicos inclusive están dispuestas a pagar un precio mayor.

### Distribución

No existen limitantes previstos en esta área, ya que existen las semillas para estas posibilidades: (i) vender directamente en el mercado local, (ii) vender directamente a empresas en Medellín, o (iii) vender a través de distribuidores en Medellín. El precio propuesto puede cubrir costos de transporte y márgenes para distribuidores.

### Promoción

Hasta ahora la labor promocional ha consistido en visitas informativas, entrega de muestras gratis para ensayos de sustitución, y visitas de seguimiento en empresas grandes y medianas pertenecientes a categorías potenciales. La experiencia en Medellín demuestra que es necesario estar mejor informados respecto a las características de la harina de yuca y su comportamiento funcional para ser más técnicos en la promoción del producto.

## **9.3 FACTIBILIDAD DE AUTOGESTION**

La preocupación aquí se refiere a: Pueden las organizaciones campesinas manejar este negocio por sí solas de una manera rentable? Para examinar este aspecto se presentan lo que se considera son las áreas críticas de la gestión: (Ver INFORME 5).

### Suministro continuo de materia prima

El manejo adecuado de este aspecto es importante para garantizar una alta utilización de capacidad, indispensable para lograr una rentabilidad aceptable.

Se pueden reconocer dos períodos, de oferta alta de yuca (Noviembre a Abril) y de oferta baja (Mayo a Octubre). En esta última época se supone que la planta no operará durante los meses de Septiembre y Octubre.

No se anticipan problemas durante el primer período, cuando habrá suficiente materia prima disponible localmente. Para la época de oferta baja existen dos alternativas, a saber: (i) contratar un coordinar de compras de yuca que localice yuca en zonas cercanas, y (ii) alquilar tierras para sembrar yuca destinada a ser cosechada



en los meses de Julio a Septiembre. Ambas alternativas pueden ser manejadas por las cooperativas.

### Manejo eficiente del proceso

La experiencia del proyecto piloto demostró que el proceso es manejable de manera eficiente por los grupos campesinos siempre y cuando reciban una capacitación en servicio adecuada.

El manejo del proceso incluye mantenimiento y reparación de equipos, aseo general, y control de calidad. Este último punto es importante y será necesario utilizar los servicios de un laboratorio en la región, posiblemente el de Salud Municipal de Sincelajo, para efectuar análisis microbiológico de muestras antes de despachar el producto a los clientes.

### Sistemas de información

La operación de la planta requiere de dos tipos de registros: de parámetros del proceso y contables.

Para el primer caso, se diseñaron formatos que facilitan la recolección de información y se demostró que el grupo campesino puede utilizarlos. Con una capacitación en servicio también pueden analizar la información.

El aspecto contable se puede separar en dos partes; uno consistente en el registro diario de información en formatos especialmente diseñados (comprobantes de ingreso y egreso, facturas, recibos, órdenes de remisión, etc.) y el otro en la elaboración periódica de estados financieros. En ambos aspectos se capacitó al Jefe de Producción durante más de seis meses; sin embargo, se sugiere que los estados financieros sean la responsabilidad del asesor contable de cada cooperativa.

### Comercialización

En general, se puede comentar que el grupo campesino ha tenido muy pocas experiencias en la comercialización de harina de yuca debido a la evolución particular de este proyecto y por otras razones también; por ejemplo, se involucró en esta actividad al Gerente de la ANPPY pero, a causa de divisiones dentro de la agroindustria yuquera, se han creado dos organizaciones de segundo grado más y ya la ANPPY agrupa solo unas pocas cooperativas.

Se puede dividir este tema en cuatro componentes (producto, precio, distribución y promoción) para analizar la factibilidad de autogestión por parte de la cooperativa.

Respecto a la definición del producto, se considera que el proyecto tiene que avanzar más en la identificación de las necesidades de las diferentes categorías de alimentos respecto a las características físico-químicas para poder transmitir esta información a los grupos campesinos.

El proyecto cuenta con buena experiencia en la determinación de precios que se debe transmitir al grupo campesino, abarcando tres áreas principales: la estructura de costos de la harina de yuca, precios de materias primas competitivas y estrategias de precios.

La comercialización del producto se puede facilitar si se cuenta con el servicio de agentes intermediarios en Medellín y a nivel local. De todas formas, es necesario contar con una persona que coordine las actividades de distribución.

El proyecto contempla la organización de un evento promocional en el segundo semestre de 1992 en Medellín. La promoción de la harina de yuca entre clientes potenciales es una actividad que requiere de una persona con conocimientos de ventas y tecnología de alimentos. Se recomienda que la organización de segundo grado contrate a alguien con este perfil para que se encargue de todos los diferentes aspectos de la comercialización. Este paso es indispensable para que la autogestión comercial sea factible.

Para concluir esta sección, caben dos comentarios. Se propone capacitar a futuros Jefes de Planta mediante dos cursos cortos, uno enfocado en la "Administración de una Microempresa Rural" y el otro sobre "Gestión de una Empresa Productora de Harina de Yuca". Existe suficiente material didáctico para el primero, pero para el segundo es necesario desarrollar un manual basado en la experiencia en este proyecto y que abarque los aspectos críticos de gestión aquí mencionados.

El segundo comentario se refiere a la necesidad de tener un Jefe de Planta y un Jefe de Mercadeo de tiempo completo. Este último podría ser contratado por la organización de segundo grado y su salario se podría pagar por las cooperativas participantes.

#### **9.4 FACTIBILIDAD FINANCIERA**

En esta sección la pregunta que nos hacemos es: Es buen negocio invertir en una planta productora de harina de yuca?

Como ya se mencionó al comienzo de este anexo, todavía se desconocen algunos parámetros y los cuellos de botellas existentes hacen necesario que el modelo de rentabilidad financiera incorpore las siguientes suposiciones:

- la calidad de la harina de yuca es la adecuada
- el producto se venderá al precio propuesto
- la capacidad de la planta será de 200 toneladas anuales
- la utilización de la capacidad de la planta será del 90% (o sea que operará a plena capacidad durante nueve meses al año)

El modelo de rentabilidad financiera (Ver INFORME 8) indica que el parámetro de rentabilidad (Tasa Financiera de Retorno - TFR), es del 22% y está por debajo del costo de oportunidad del capital asumido para Colombia del 35%.

Se propone una estrategia de cuatro puntos que eleve la TFR hasta niveles por encima del 50%, que se presenta a continuación:

- bajar la inversión total de la planta (construcción y equipos) en un 20%
- mejorar la eficiencia del sistema de secado para que su costo global (carbón, energía, mano de obra) baje en mínimo un 40%.
- implementar la molienda en planta para bajar el costo de esta operación actualmente subcontratada y, además, para eliminar la operación por separado de la premolienda.
- expandir la capacidad a 350 toneladas anuales una vez esté consolidado el mercado para la harina de yuca

## **9.5 CONCLUSION GENERAL**

Se puede concluir que este proyecto será factible en la medida en que se apliquen ciertos correctivos viables que ya se mencionaron en este informe. A continuación se resumen estas medidas necesarias:

- implementar un procedimiento que baje la contaminación microbial de las raíces
- reducir el consumo de mano de obra de la operación de adecuación a 20 horas-hombre mediante la preselección y un estricto control sobre los operarios.
- rediseñar el sistema de secado inspirado en el existente en la Sección de Utilización de Yuca
- mejorar el nivel de información respecto a (i) las características de la harina de yuca relacionadas con la tecnología de alimentos, y (ii) las diferentes necesidades de las categorías de alimentos respecto a las características físico-químicas

- ser más agresivos y técnicos en la promoción del producto
- implementar cualquiera de las dos alternativas propuestas para garantizar el suministro de materia prima durante los meses de Junio a Septiembre
- capacitar al grupo campesino en el análisis de los registros del proceso
- la organización de segundo grado debe contratar un profesional con conocimientos de tecnología de alimentos y ventas para que coordine la comercialización en todos sus aspectos (desarrollo de producto o productos, fijación de precios, coordinación de canales de distribución, y ejecutar acciones promocionales).
- implementar la estrategia de rentabilidad que eleve la TFR por encima del 50%.