



PROCESAMIENTO DE YUCA EN COLOMBIA

REVISADO CENDOC

LA PRODUCCION Y USO DE HARINA DE YUCA PAPA CONSUMO HUMANO

INFORME DE AVANCE

PERIODO NOVIEMBRE 1984 - OCTUBRE 1985

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS

UNIVERSIDAD DEL VALLE

MARZO, 1986

## INDICE

### PROLOGO

1	Antecedentes . . . . .	1
2	Avances en el primer año del proyecto	4
	2 1 Estudios económicos	4
	2 2 Diseño y desarrollo de planta de procesamiento	6
	2 3 Pruebas de panificación con la harina compuesta	11
	2 4 Otras actividades	13
3	Programa de actividades del segundo año	15
	3 1 Estudios económicos . . . . .	15
	3 2 Diseño y desarrollo de planta de procesamiento	15
	3 3 Estudios de aceptación de la harina compuesta	17
	3 4 Otras actividades	18
4.	Estado financiero . . . . .	18
	4 1 Informe consolidado de gastos	18
	4 2 Depósitos de los fondos externos	19
	4 3 Estimado de gastos, período 1 de Noviembre, 1985 - 31 de Octubre, 1986	23
ANEXO A	Estudios económicos . . . . .	24
	1 Introducción . . . . .	24
	2. Consumption and demand for bread and pasta . . . . .	24
	3 On farm trials . . . . .	26
	4 El impacto de la agroindustria a escala pequeña sobre la oferta de yuca en la Costa Atlántica . . . . .	34
	5 Análisis económico de la industria de panificación	39
ANEXO B	Diseño y desarrollo de planta de procesamiento	54
	1 Introducción . . . . .	54
	2 Desarrollo de una máquina lavadora/peladora . . . . .	54
	3 Evaluación de tres máquinas picadoras de yuca . . . . .	56
	4 Desarrollo de sistemas de secado . . . . .	59
	5 Estudios de molinería . . . . .	67
ANEXO C	Pruebas de panificación . . . . .	76
	1 La yuca para consumo humano el efecto de la variedad y la edad de planta sobre la composición química de la harina de parénquima . . . . .	76
	2. Influencia de variedades y edad de cosecha sobre las características del pan de molde	Tomo aparte

## PROLOGO

El presente documento constituye el Informe de Avance para el período Noviembre 1984-Octubre 1985 del proyecto denominado "Procesamiento de Yuca en Colombia la producción y uso de harina de yuca para consumo humano " El contenido del informe representa la colaboración interinstitucional de las entidades que participan en el proyecto el Centro Internacional de Agricultura Tropical, el Instituto de Investigaciones Tecnológicas y la Universidad del Valle La siguiente es la relación de los profesionales que conforman el equipo del proyecto

1 Centro Internacional de Agricultura Tropical Dr Rupert Best, Coordinador del Proyecto (Utilización de Yuca), Drs John Lynam y Willem Janssen (Economía de Yuca), Ings Lisímaco Alonso, Miguel Angel Viera y Francisco Figueroa, Química Teresa Sánchez de Salcedo (Utilización de Yuca 2 Instituto de Investigaciones Tecnológicas Dr. Armando Civetta (Jefe, División Asistencia Tecnológica), Dr Carlos Trujillo (Consultor, Area Economía y Mercadeo), Químico Jorge A Cabrera L (Jefe, Unidad de Biotecnología) 3 Universidad del Valle Ings Carlos Piedrahita y Alejandro Fernández (Sección de Alimentos, Depto de Procesos Químicos y Biológicos), Ing Adolfo León Gómez y Martín Moreno (Sección de Diseño y Tecnología Mecánica, Depto de Sólidos y Materiales)

La preparación del presente documento contó con la eficiente colaboración de Maruja Rubiano en el trabajo mecanográfico

## 1. Antecedentes

La rápida urbanización de América Latina ha traído como consecuencia un incremento en el consumo de pan y pastas el cual, a su vez, ha necesitado la importación de cantidades crecientes de trigo, especialmente en los países tropicales de la región. Con el propósito de reducir estas importaciones y así lograr un ahorro apreciable de divisas, se ha propuesto en varias oportunidades la sustitución parcial de la harina de trigo en productos de panificación por harinas sucedáneas de origen local, tales como las harinas de maíz, arroz, sorgo, papa y yuca.

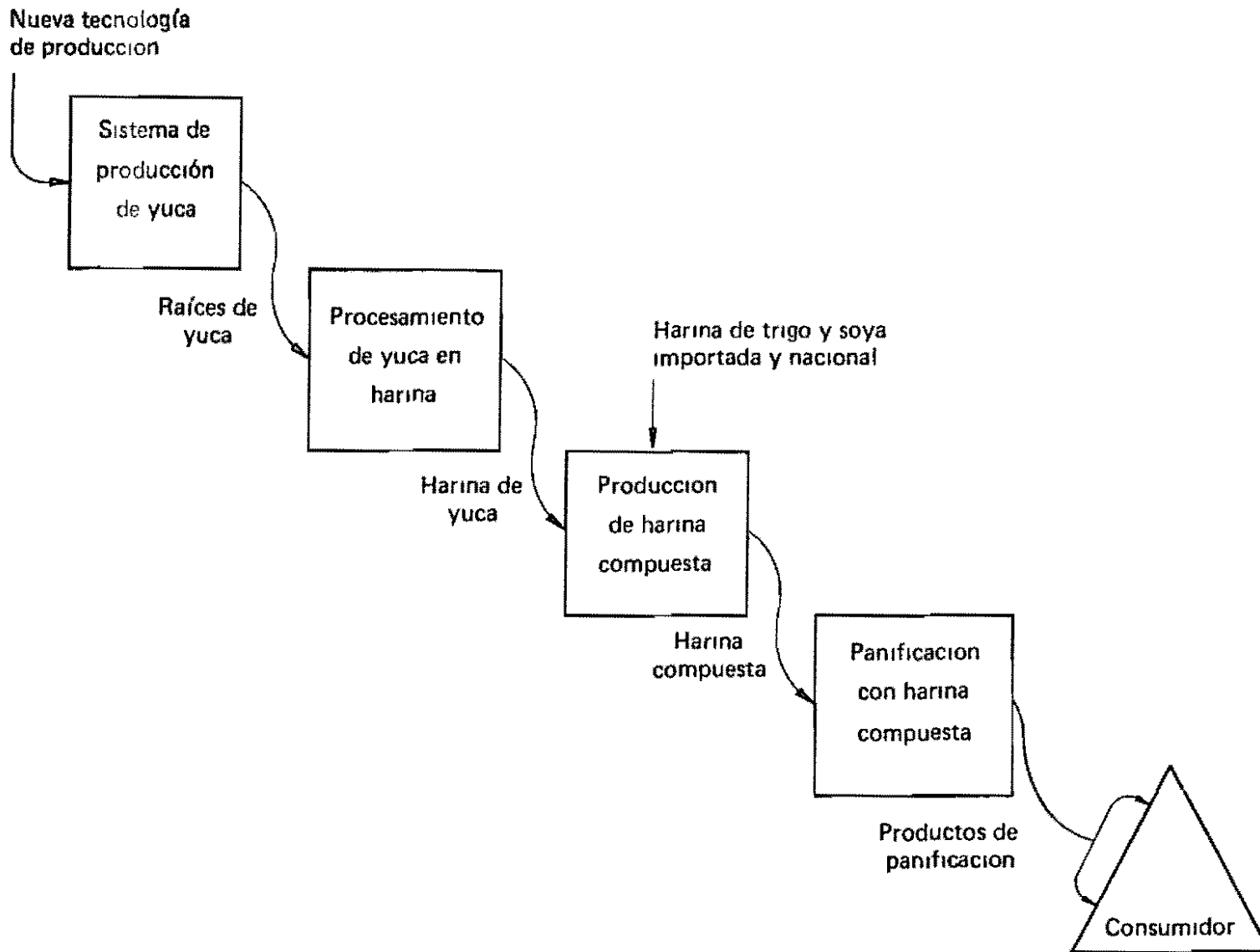
En el caso específico de la yuca, se ha investigado y demostrado que es técnicamente factible la sustitución de la harina de trigo en pan hasta niveles de 20%. Sin embargo, programas iniciados en varios países, tales como Brasil, Guyana, Panamá y Jamaica, para el uso de harinas compuestas a base de trigo y yuca no han tenido éxito. Las razones para el fracaso de estos programas son múltiples: en unos casos los subsidios colocados al trigo importado ha imposibilitado la producción de la harina de yuca a un precio competitivo, en otros la tecnología para la producción de harina de yuca no ha sido adecuadamente seleccionada y, en general, la falta de programas para el fomento del cultivo ha hecho que no se haya podido suministrar la materia prima en forma oportuna ni en cantidades suficientes.

En Colombia se importan anualmente alrededor de 600,000 toneladas de trigo. La sustitución de 15% de la harina de trigo por harina de yuca en productos de panificación representaría un ahorro en divisas de aproximadamente US\$13 millones. Colombia es uno de los pocos países en América Latina que no subsidia el trigo y los análisis económicos preliminares indican que, con los costos actuales de producción de las raíces de yuca en la Costa Atlántica, sería factible la producción y uso de la harina de yuca en los productos de panificación. Considerando los antecedentes mencionados arriba, el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, la Universidad del Valle, Univalle, y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, IIT, con la ayuda financiera del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID, han iniciado un proyecto cuyo objetivo es determinar las condiciones técnicas y económicas requeridas para el desarrollo de una industria de harina de yuca a nivel rural. Se busca diseñar e implementar un sistema viable que comprende la producción de yuca, su procesamiento a harina y mezcla con trigo, la elaboración de productos de panadería y la aceptación de éstos por parte del consumidor, Figura 1.

Los principales aspectos a confrontarse para lograr el objetivo propuesto son (1) la introducción de una mejor tecnología de producción de yuca que permita reducir el precio de la materia prima, (2) el desarrollo de una tecnología de procesamiento conforme con las condiciones existentes en las regiones productoras de yuca, (3) la determinación de mecanismos que motiven al molinero a producir y al panadero a utilizar la harina compuesta, y (4) la evaluación de la preferencia del consumidor para los productos elaborados con la harina compuesta.

El marco metodológico que se ha desarrollado para ejecutar estas actividades se presenta en la Figura 2. El proyecto está dividido en

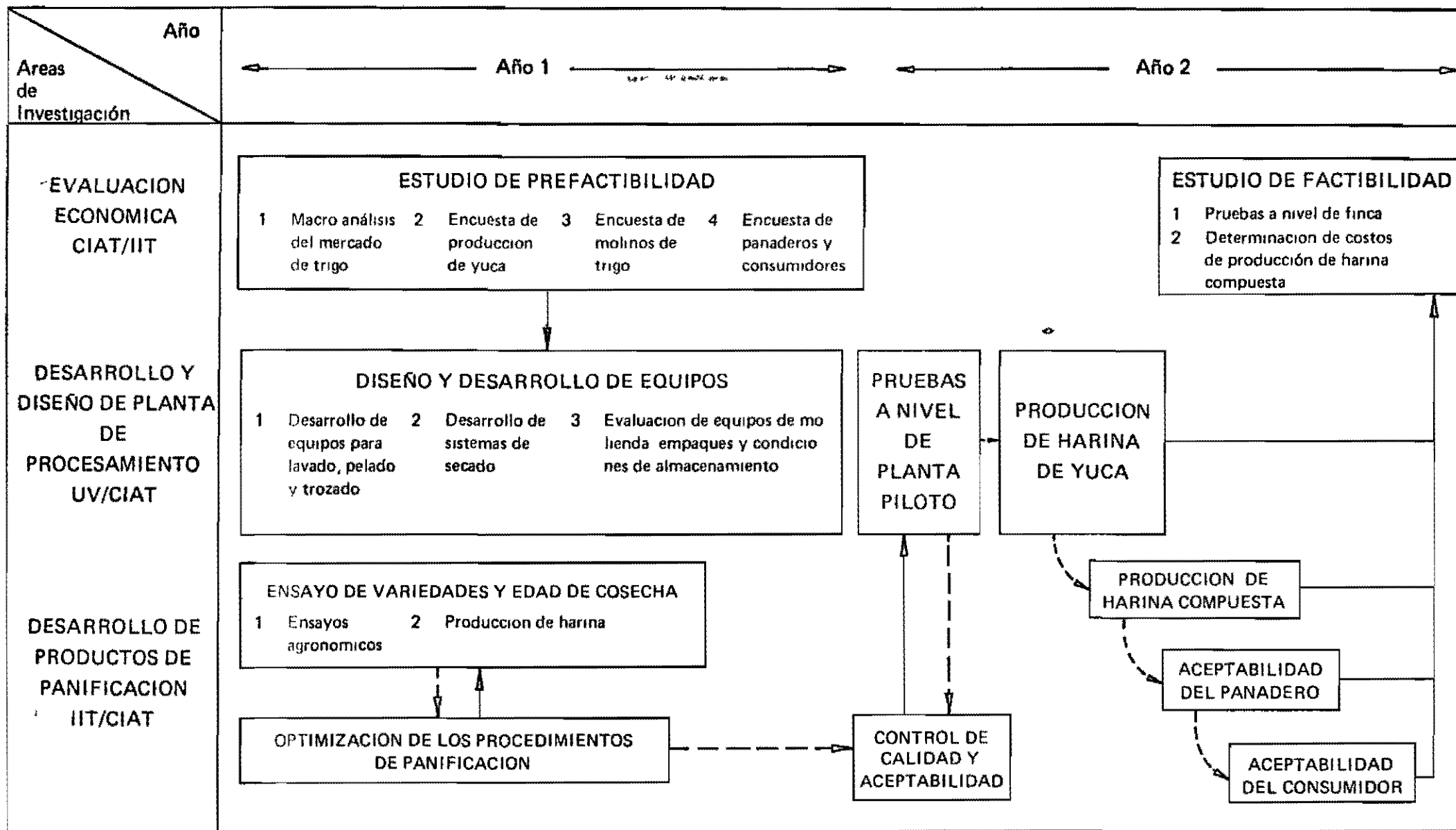
FIGURA 1. SISTEMA DE PRODUCCION DE UNA HARINA COMPUESTA TRIGO-YUCA



5

2

FIGURA 2. ACTIVIDADES PRINCIPALES EN EL PROYECTO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE YUCA PANIFICABLE



—▶ Flujo de información

- - -▶ Flujo de material

tres áreas de investigación 1) Evaluación económica, 2) Diseño y Desarrollo de planta de procesamiento y 3) Pruebas de panificación con la harina compuesta. Los estudios e investigaciones que se realizan durante el proyecto proporcionarán información técnica y económica para determinar la factibilidad de fomentar una industria de harina de yuca en la región de la Costa Atlántica de Colombia. Indicarán, además, las acciones, en términos de políticas de precios e importaciones y el requerimiento de desarrollos tecnológicos adicionales que será necesario ejecutar para eliminar las restricciones a la rentabilidad del sistema de producción y procesamiento de la yuca. Aunque los resultados serán de beneficio directo a Colombia, la tecnología desarrollada y la experiencia adquirida mediante la aplicación de la metodología de investigación empleada será valiosa para la implementación de proyectos similares en otros países de América Latina. El proyecto, que tiene una duración total de dos años cumplió el primer año de ejecución.

## 2. Avances en el primer año del proyecto

A continuación se resume los principales avances logrados en el primer año del proyecto en cada una de las tres áreas de investigación. En los Anexos A, B y C se presentan los informes completos de las actividades realizadas en las respectivas áreas.

### 2.1 Estudios económicos (Ver Anexo A)

Esta área de investigación tiene el objetivo principal de investigar las condiciones económicas de los componentes del sistema de producción y consumo de la harina compuesta trigo-yuca (producción de yuca, procesamiento, molienda de trigo, panificación y consumidor) con el fin de identificar las restricciones al establecimiento de la industria de harina de yuca. En el primer año se realizaron un conjunto de estudios para recoger información básica sobre los diferentes sectores.

Macro análisis del mercado de trigo. El análisis macro del mercado de trigo se ha dividido en dos partes: el análisis de demanda a nivel de consumidor y el análisis de demanda de importaciones de trigo. Este último análisis todavía no está terminado y por lo tanto no se reporta aquí.

El análisis de demanda de pan y pastas demuestra que el consumo de pan es 11.9 kg per capita, comparado con 6.2 kg per capita para pastas. El consumo de pan es concentrado en los centros urbanos, siendo tres veces más alto que el consumo en las áreas rurales. Además, en las ciudades el quintil más alto de ingreso consume tres veces más pan que el quintil más bajo. En contraste, el consumo de pasta es distribuido más uniformemente a través del país y es más importante que el consumo de pan en las áreas rurales.

Los productos a base de harina de trigo son importantes pero no predominan en la dieta nacional. El pan aporta en promedio 111 calorías y 3.0 g de proteína que corresponde a 4.0% del consumo total calórico y 4.4% del consumo total proteico. Las pastas aportan 60 calorías (2.2%) y 1.8 g de proteína (2.7%). Con un nivel de sustitución de harina de trigo por harina de yuca de 15%, la reducción potencial en el consumo

proteico diario sería apenas 1 3% para el quintil de ingreso más bajo en la región del país donde el consumo es más alto. En todas las demás regiones el impacto sobre el consumo diario de proteína sería insignificante para el quintil de ingreso más bajo.

La elasticidad en el precio del pan es mayor que en las pastas, salvo en el quintil de ingreso más bajo en el cual el consumo de pasta aumentaría ligeramente más con una reducción porcentual en precio. Una reducción en el precio de pan beneficiaría mayormente los estratos de mayor ingreso de los centros urbanos mientras una reducción en el precio de pastas tendrá mayor impacto sobre el consumo en las áreas rurales.

Encuesta de producción y comercialización de yuca Los resultados de las encuestas que se han realizado sobre la producción, comercialización y consumo de la yuca en los departamentos de la Costa Atlántica de Colombia han sido presentados anteriormente (Informe Final de la Primera Reunión Semestral de Evaluación del Proyecto Cooperativo CIAT/IIT/UNIVALLE-CIID, 9-10 de Abril 1985, CIAT). Se ha analizado la información proveniente de estas encuestas utilizando un modelo de programación cuadrática y por un sistema de regresiones lineales que ha permitido medir el impacto que tendría el establecimiento de una agro-industria de yuca sobre la oferta de yuca en la región. Se estima que en fincas pequeñas (3 ha) se aumentaría la producción de yuca en un 27%, en fincas intermedias (8 ha) en un 79% y en fincas grandes (15 ha) en un 90%. Para la finca de 8 ha los sistemas tradicionales de producción yuca/maíz/ñame perdería importancia frente a los sistemas de yuca/maíz y yuca sola, el área en pastos se reduciría y habrá necesidad de contratar un mayor número de jornales. Aún sin aumentos en la productividad del cultivo el ingreso neto del agricultor se incrementaría en 20%.

Encuesta de molinos de trigo La encuesta de los molineros de trigo se realizó en el segundo semestre de 1984. Los resultados están siendo analizados en la Universidad de Alberta, Edmonton, Canadá.

Encuesta de panaderos y consumidores Durante 1985 se llevó a cabo un análisis económico de la industria de panificación que incluyó la recopilación de información de fuentes secundarias y la realización de 31 encuestas en diferentes ciudades del país. Se estima que en el país pueden existir aproximadamente 9,000 panaderías, la mayoría de las cuales son de tamaño pequeño con cinco trabajadores en promedio y ventas mensuales de \$780,000. Normalmente las panaderías pequeñas y medianas operan asociadas a otra actividad, tal como la venta de otros productos alimenticios, la fabricación de otros productos de panadería y muchas operan como cafeterías. Entre los productos de panificación que elaboran los establecimientos encuestados, el pan representa entre el 80 y 90% de la producción total. El pan blandito fue el tipo de pan de mayor frecuencia de producción (56%), seguido por pan aliñado (20%), pan francés (18%) y otros (6%). La estructura promedio de costos de producción es: materia prima 60%, mano de obra 10%, insumos y servicios 9% y administración, depreciación y mantenimiento, etc. 21%. En el segundo año del proyecto se complementará la información obtenida en este estudio con una encuesta de 100 panaderías en la ciudad de Bogotá. Simultáneamente, se realizará una encuesta de 500 familias respecto a sus



actitudes frente al pan como alimento, sus patrones de compra, preferencias, etc.

Ensayos de producción de yuca a nivel de finca Se han establecido ensayos a nivel de finca en la Costa Atlántica de Colombia para evaluar cambios tanto en los sistemas como en la tecnología de producción

En cuanto a los cambios en los sistemas de producción, se ha enfocado la investigación hacia cambios en la época de siembra y cosecha para que se logre un suministro continuo de raíces a las plantas procesadoras y hacia una evaluación del efecto del período de almacenamiento de estacas sobre los rendimientos. Los resultados demuestran que, para lograr un suministro continuo de yuca a través del año, se requerirá una selección cuidadosa de la variedad de yuca ya que no todos los clones se comportan en igual forma bajo las cambiantes condiciones agroclimáticas. Por otro lado, períodos de almacenamiento de las estacas de yuca hasta tres meses no tendrían ningún efecto adverso sobre los rendimientos del cultivo, sin embargo, períodos en exceso de cinco meses causarían una reducción de 40% en los rendimientos.

Los ensayos orientados hacia la evaluación de una mejor tecnología incluyen la introducción de nuevas variedades y la intensificación de los sistemas de cultivos asociados. Los cambios introducidos en el arreglo espacial de la yuca e incrementos en la población de maíz, probados en seis sitios diferentes de la Costa, no siempre ocasionaron aumentos en la productividad del sistema de cultivo asociado. El sistema óptimo dependerá de los precios relativos entre el maíz y la yuca, las exigencias de calidad en los mercados principales y las condiciones agroclimáticas. Además, las variedades de yuca de ramificación tardía parecen ser las más aptas para emplear en este sistema de cultivo. Será necesario realizar una investigación adaptativa en cada micro-región para definir el sistema más rentable.

## 2.2 Diseño y desarrollo de planta de procesamiento (Ver Anexo B)

El trabajo que se está llevando a cabo en esta área tiene como objetivo general adaptar y desarrollar equipos para el procesamiento de las raíces de yuca a pequeña escala y a nivel rural, para la producción de harina. Para fijar algunos de los parámetros básicos del diseño de los equipos se han estudiado dos industrias existentes en Colombia que transforman la yuca: la industria de extracción de almidón agro situada en el Departamento del Cauca y la industria de producción de yuca seca ubicada en la región de la Costa Atlántica. Ambas industrias operan a pequeña escala y a nivel rural.

Las plantas de extracción de almidón tienen capacidades de procesamiento de 500 a 2,500 kg/día de raíces frescas y operan en promedio durante ocho meses del año. El proceso consiste en el descascado manual de las raíces, el lavado mecánico, el rallado o desintegración de las raíces, la extracción del almidón con agua, la sedimentación y posterior fermentación del almidón en tanques y finalmente el secado natural del almidón sobre bandejas al aire libre. Las plantas están manejadas por agro-empresarios quienes compran a los pequeños productores de la región la mayoría de la materia prima requerida para el proceso. Se

estima que existen alrededor de 250 plantas con una producción total de almidón entre 5,000 y 10,000 toneladas por año

El establecimiento de la industria de yuca seca en la Costa Atlántica ha sido impulsado desde 1981 por el Programa de Desarrollo Rural Integrado, DRI, y actualmente existen 36 plantas de secado natural con capacidades de procesamiento entre 3 y 12 toneladas de yuca fresca/día. El proceso de producción de yuca seca consiste en el trozado de las raíces enteras y el secado de los trozos en pisos de concreto. Las plantas de secado pertenecen a cooperativas de agricultores que además de manejar la planta suministran una parte de la materia prima y la restante se compra a agricultores particulares. Las plantas operan aproximadamente durante 20 semanas al año y la producción total de la presente campaña (1985-1986) ascenderá a 6,000 toneladas. Se estima que existe una demanda de yuca seca de 100,000 toneladas/año y para satisfacer esta demanda el Programa DRI pretende promover el establecimiento paulatino de hasta 350 plantas adicionales.

Dados estos antecedentes, para el diseño de la planta se ha tomado como capacidad mínima una producción diaria de una tonelada de producto, reconociendo que se requerirá entre 3 y 4 toneladas de raíces frescas para producir una tonelada de producto seco. El procesamiento de las raíces frescas a harina comprende las operaciones señaladas en el diagrama de flujo, Figura 3, y la investigación en el desarrollo de los equipos y métodos de procesamiento se ha centrado en cinco áreas: 1. el diseño y prueba de una máquina lavadora/peladora de raíces de yuca de proceso continuo, 2. la evaluación de tres modelos de trozadora de yuca, 3. el desarrollo de sistemas naturales y artificiales de secado, 4. la selección y prueba de equipos de molienda y 5. la selección de materiales de empaque y condiciones de almacenamiento. A continuación se resumen los avances obtenidos en cada una de estas áreas.

Lavado y pelado La meta original era desarrollar una máquina que lavara y pelara las raíces de yuca en una sola operación, eliminando ambos la cascarilla y la cáscara. Después de un estudio de los equipos disponibles se decidió adaptar una máquina cuyo diseño proviene de Nigeria. La máquina consiste de un cilindro rotatorio cuya superficie es fabricada en malla expandida. Las paletas deflectoras montadas internamente aseguran que el tiempo de residencia de las raíces en la máquina es suficiente para que el pelado se realice. La alimentación del agua se hace mediante perforaciones en el eje central que pasa en forma concéntrica a través del cilindro.

Una serie de pruebas con esta máquina demostró que la eficiencia de pelado era aproximadamente 75%, sin embargo, las pérdidas de la parte parenquimal fueron altas (20-40%). Por otro lado, el revestimiento de malla expandida se oxidó rápidamente y se perdieron sus propiedades abrasivas. Se notó además que el consumo de agua en el proceso continuo era sumamente alto (más que 0.5 m<sup>3</sup>/t de yuca fresca) y se están estudiando alternativas para reducirlo mediante el reciclaje del agua y/o el cambio a un proceso por tanda.

Los avances recientes en la molienda de los trozos de yuca han demostrado que es factible separar la cascarilla y la fracción fibrosa.

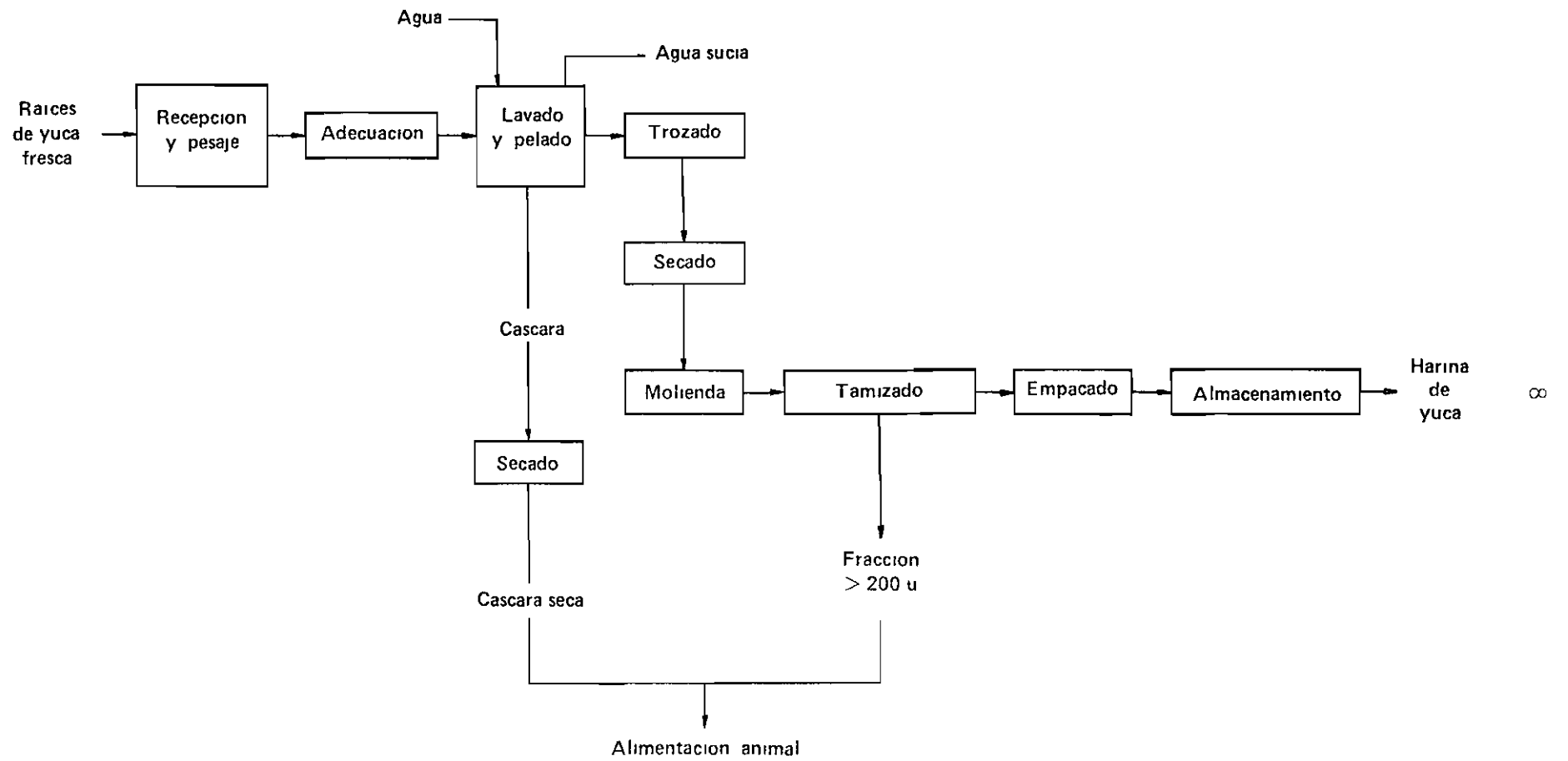


FIGURA 3 Diagrama de flujo de una planta procesadora de harina de yuca

de la harina cuando se emplea un molino de rodillos. Este resultado sugiere que no sería necesario la eliminación de la cáscara como se había pensado inicialmente. Por lo tanto, se están orientando los esfuerzos a modificar el equipo de lavado/pelado para que actúe solo como una máquina lavadora, cambiando la malla expandida por una lámina perforada de acero.

Trozado. Para procesos de secado de escala pequeña a mediana existen tres modelos de máquina trozadora de yuca: el Brasil, el Tailandia y el Malasia, llamados de acuerdo a su país de procedencia. Con el objetivo de determinar cuál de las máquinas será la más apropiada para integrar a una planta de secado natural o artificial, se realizaron estudios para evaluar tanto el comportamiento mecánico de las máquinas como las características en el secado de los trozos que producen.

En términos de las características de los trozos (tamaño y uniformidad y comportamiento en el secado), el modelo Brasil es marginalmente superior a los modelos Tailandia y Malasia. Sin embargo, las ventajas de estos últimos modelos, con respecto a la facilidad de construcción y mantenimiento y su menor costo inicial, parecen preponderar sobre el mejor comportamiento del modelo Brasil. Factores tales como la densidad de los trozos secos y sus características en el manejo y la molienda siguen siendo evaluados.

Secado. En el área de secado se ha concentrado el trabajo en la determinación de los parámetros técnicos y los costos de operación del secado de trozos de yuca en bandejas inclinadas (secado natural) y en capa fija con aire forzado (secado artificial).

En cuanto al secado natural, se comprobó que se puede producir un producto seco de buena calidad, en términos de olor y color, utilizando una carga de 16 kg de trozos frescos de yuca por cada metro cuadrado de superficie de secado. El tiempo de secado es de 36 horas continuas bajo las condiciones ambientales reinantes en el CIAT (temperatura 27°C, humedad relativa 61%,<sup>2</sup> velocidad del viento 1.2 m/s, radiación global incidente 0.71 cal/cm<sup>2</sup> min) y se requieren 20 horas-hombre de mano de obra para producir una tonelada de trozos secos.

En pruebas de secado artificial en capa fija con aire forzado se evaluaron tres fuentes de energía: diesel (conocido como aceite pesado medio ACPM en Colombia), gas propano y carbón mineral. De los tres combustibles, el uso del carbón resultó lo más económico. Empleando un caudal de 350 m<sup>3</sup>/min t de yuca seca, el tiempo de secado es de 10 horas y se consumen 450 kg de carbón por tonelada de yuca seca. El requerimiento de mano de obra es de 12.8 horas-hombre y el consumo de energía eléctrica 70 kw h, por tonelada de yuca seca respectivamente.

Actualmente se están adelantando ensayos de secado mixto en los cuales los trozos de yuca se secan por un día en bandejas inclinadas y luego se completa el proceso de secado en forma artificial. Los resultados iniciales indican que mediante este sistema de secado se reduce el costo de inversión y el consumo de carbón y energía eléctrica comparado con el sistema netamente artificial. El uso de mano de obra se incrementa ligeramente.

Molienda Una evaluación preliminar de un molino de martillos, uno de discos y uno de cuchillas sugirió que en términos de costo inicial, capacidad, rendimiento de harina y disponibilidad local, el molino de martillos era el más apropiado. Por lo tanto, se hizo un estudio más profundo del comportamiento de este tipo de molino. Empleando un pequeño molino industrial con una capacidad para procesar entre 900 y 1,300 kg/h de granos de cereales, se determinó su comportamiento con cuatro velocidades periféricas en los martillos, cinco tamaños de las aberturas en las cribas y dos condiciones de los trozos de yuca con respecto a la presencia o no de cáscara. El rendimiento máximo (58%) de harina de yuca (la fracción que pasa el tamiz de 200 micrones) se obtuvo con trozos provenientes de raíces no peladas molidas a la mayor velocidad periférica de los martillos (66.0 m/s) y empleando la criba con la menor abertura (3.47 mm). Sin embargo, la mayor eficiencia de molienda (53%), medida en términos de la cantidad de harina producida por kilowatio-hora consumida, se obtuvo con trozos provenientes de raíces peladas molidos en la menor velocidad periférica de los martillos (37.7 m/s) y empleando la criba con la mayor abertura (12.70 mm). Se están adelantando estudios adicionales con el fin de aumentar el rendimiento de harina el cual, a un valor de 58%, es muy bajo y esto podría influir negativamente sobre la viabilidad económica del proceso.

Recientemente se han iniciado pruebas exploratorias de molienda de los trozos de yuca en un molino de rodillos similar a aquellos utilizados en la industria de molienda de trigo. Los resultados iniciales han sido muy promisorios ya que no se han encontrado problemas técnicos de alguna índole y los rendimientos de harina obtenidos oscilan entre el 80 y 90%. Un hallazgo importante ha sido que la cascarilla y la parte fibrosa del tejido parenquimal pasa a través del molino sin desintegrarse y pueden eliminarse del producto en el tamizado. El significado de estos resultados son dos: (a) es factible que la molienda de los trozos secos de yuca se realice en el molino de trigo, obviando la necesidad de instalar equipos de molienda y clasificación a nivel de la planta secadora de yuca y (b) parece que no es necesario pelar las raíces de yuca antes del trozado y secado, eliminando así una operación que es técnicamente difícil y que consume cantidades grandes de agua y requiere mucha mano de obra.

Empaque y almacenamiento. Se han iniciado pruebas para observar el efecto de las condiciones de almacenamiento y el tipo de empaque sobre la calidad de los trozos secos de yuca y la harina de yuca. Próximamente se realizarán experimentos para determinar el grado de segregación de mezclas de harina de trigo y yuca durante el manejo y almacenamiento en sacos.

Conclusiones sobre el desarrollo de planta de procesamiento. La información obtenida durante el primer año del proyecto permitirá iniciar el diseño de una planta procesadora "modelo". La posibilidad de moler los trozos de yuca en los molinos de trigo existentes facilitaría mucho el procesamiento de las raíces de yuca ya que se eliminarían las operaciones de molienda y clasificación a nivel de la planta de secado, esto además abarataría los costos de inversión y operación. El diagrama de flujo para la producción de trozos secos se presenta en la

Figura 4 Estimativos preliminares de la conversión raíces frescas a trozos secos indican una relación de 2 8 a 1

### 2.3 Pruebas de panificación con la harina compuesta (ver Anexo C)

La investigación realizada en esta área durante el primer año del proyecto ha sido orientada hacia el estudio de la influencia que tiene la variedad de yuca, la fecha de recolección y el nivel de adición de la harina de yuca a la harina de trigo sobre las características físicas y organolépticas del pan elaborado con este tipo de harinas compuestas

Las variedades de yuca estudiadas fueron M Col 22, CM 976-15, M Col 1684 y M Ven 25 y se prepararon harinas del parénquima de las raíces de estas variedades cosechadas a los 8, 10, 12 y 14 meses. El análisis proximal de las harinas demostraron que existían pocas diferencias absolutas (aunque en algunos casos significativos) entre las variedades y entre las edades de planta en cuanto al contenido de proteína, extracto etéreo, fibra y ceniza. Por otro lado, los contenidos (base seca) de cianuro total de las harinas de cada variedad fueron significativamente diferentes ( $P = 0.05$ ). M Col 22, 45 mg/kg, CM 976-15, 107 mg/kg, M Col 1684, 334 mg/kg, M Ven 25, 925 mg/kg (promedios de los valores de las cuatro cosechas)

En los ensayos de panificación se emplearon las siguientes formulaciones

- i) Harina de trigo 85% harina de yuca 12% y harina de soya 3%
- ii) Harina de trigo 80% harina de yuca 18% y harina de soya 2%
- iii) Harina de trigo 85% y harina de yuca 15%

Los ensayos efectuados con el primer tipo de formulación empleando las cuatro variedades con igual fecha de recolección (12 meses), indicaron que con la variedad M Col 22 se obtiene el pan con el mayor volumen específico ( $4.36 \text{ cm}^3/\text{g}$ ), siendo aún superior al patrón ( $4.26 \text{ cm}^3/\text{g}$ ). En lo que se refiere a la calificación del pan (características externas e internas) elaborado con la variedad M Col 22, ésta fue superior (84.0) a la de las otras variedades (76.8-80.5), pero inferior a la del patrón (92.0)

Con la variedad M Col 22 se realizaron los ensayos de panificación con harinas de yuca recolectadas en cuatro fechas diferentes (8, 10, 12 y 14 meses). Los resultados obtenidos señalan cómo el volumen específico del pan y su calificación mejoran a medida que aumenta el tiempo de recolección de yuca. Así con la yuca de 8 meses se obtienen panes con un volumen específico de  $3.84 \text{ cm}^3/\text{g}$  y una calificación de 75.0, mientras que a los 12 y 14 meses se obtienen panes con volúmenes de  $4.20$  y  $4.38 \text{ cm}^3/\text{g}$  y calificación total de 82.0 y 81.0, respectivamente

Al comparar las tres formulaciones indicadas con la variedad M Col 22, se encontró que la mezcla de harina de trigo con el 15% de yuca permitía obtener el pan con el mejor volumen y calificación ( $4.60 \text{ cm}^3/\text{g}$  y 86.5) que con las otras dos formulaciones

Como consecuencia de esto, se decidió realizar una serie de ensayos de panificación empleando la tercera formulación, o sea solo un 15% de

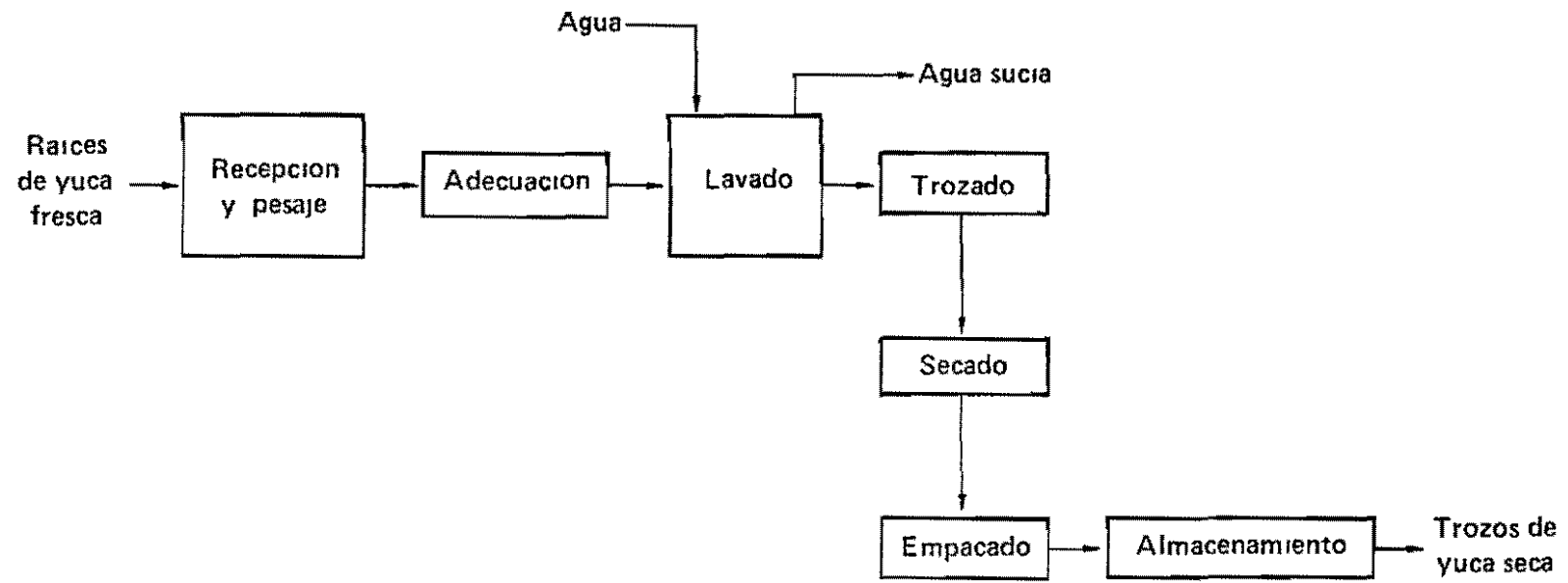


FIGURA 4 Diagrama de flujo de una planta procesadora de trozos secos de yuca

harina de yuca, con las variedades M Col 22 y M Ven 25 de cuatro fechas de recolección (8, 10, 12 y 14 meses) Los resultados obtenidos indican claramente que con la variedad M Col 22 se obtienen panes con mejor volumen específico (4.12 a 4.72  $\text{cm}^3/\text{g}$ ) que con la variedad M Ven 25 (3.99 a 4.21  $\text{cm}^3/\text{g}$ ) en cualquiera de las fechas de recolección, con excepción de los 14 meses, donde no se encontraron diferencias significativas entre las dos variedades.

Se detectó asimismo que la fecha de recolección de la yuca parece ejercer un efecto notable sobre el volumen específico del pan, siendo los 12 meses la fecha que permite obtener el mejor volumen en las dos variedades (4.72  $\text{cm}^3/\text{g}$  para M Col 22 y 4.21  $\text{cm}^3/\text{g}$  para M Ven 25, patrón 4.68  $\text{cm}^3/\text{g}$ )

En lo que respecta a la calificación de los panes, en todos los casos, los elaborados con harina de yuca variedad M Col 22 exhiben valores superiores (66.2 a 89.0) a los obtenidos con la variedad M Ven 25 (59.7 a 73.5) Un aspecto fundamental que incide en la baja calificación del pan elaborado con harinas de yuca de la variedad M Ven 25 es el intenso sabor amargo que los hace inaceptables, mientras que aquellos elaborados con la variedad M Col 22 no presentaron ningún tipo de sabor desagradable El efecto del sabor amargo también se detectó en las variedades CM 976-15 y M Col 1684 en los primeros ensayos de panificación

El efecto del sabor amargo parece estar relacionado con el contenido de cianuros de las harinas utilizadas, así el pan preparado con harinas de la variedad M Col 22 solo tiene un nivel de cianuros de 3 ppm, mientras que los elaborados con harinas de yuca de variedad M Ven 25, el nivel de cianuros es de 32 ppm (a las 24 horas de horneó) Los panes elaborados con las otras variedades también presentan valores del contenido de cianuros superiores (CM 976-15 7 ppm y M Col 1684 13 ppm) a la variedad M Col 22

Finalmente se estudió la actividad diastásica de las variedades M Col 22 y M Ven 25, siendo superior la exhibida por esta última variedad en todas las fechas de recolección A su vez, la fecha de recolección parece afectar la actividad diastásica así en el caso de la variedad M Ven 25, la actividad va aumentando con el tiempo de recolección, mientras que en el caso de la variedad M Col 22 se presenta un máximo a los 12 meses

Parece existir cierta relación entre la actividad diastásica de las harinas de yuca y el volumen específico del pan en cuya elaboración se incluyen estas harinas Sin embargo, dado el restringido número de harinas estudiadas (8) no fue posible establecer con claridad una hipótesis sobre si el tipo de relación es logarítmico, ó lineal, ó si definitivamente no existe ninguna relación.

## 2.4 Otras actividades

### a. Reuniones de evaluación

En el primer año del proyecto se han celebrado dos reuniones semestrales de evaluación con el fin de analizar el estado de avance del



proyecto y hacer los ajustes necesarios en la orientación del mismo de acuerdo a los resultados obtenidos. La primera reunión se realizó los días 9 y 10 de Abril de 1985 en el CIAT con la asistencia de 24 personas relacionadas directa o indirectamente con el proyecto. El contenido, conclusiones y recomendaciones de la reunión están presentados en el Informe Final correspondiente. La segunda reunión se realizó los días 10 y 11 de Septiembre de 1985, también en el CIAT, con la asistencia de 17 personas. En esta oportunidad se presentaron los informes de avance del primer año de actividades y se formuló el plan de trabajo del segundo año, los cuales están incluidos en el presente documento.

b. Viaje a Costa Rica y Guatemala

Del 15-25 de Abril de 1985, los ingenieros Lisímaco Alonso y Adolfo León Gómez visitaron a Costa Rica y Guatemala. En Costa Rica participaron en el seminario sobre "Desarrollo Agroindustrial Rural en América Latina" organizado por el Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. Durante el seminario tuvieron la oportunidad de visitar diversas agroindustrias, incluyendo la planta productora de harina de yuca, actualmente paralizada, en Venecia de San Carlos, y YUCATICA, empresa que exporta yuca fresca congelada a Miami, Florida. En Guatemala se conocieron las instalaciones del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, ICAITI, y el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, INCAP. En particular, en el ICAITI interesaba los avances en el diseño y prueba de un pequeño quemador de leña que conforma parte de un proyecto financiado por el CIID. Además se visitaron algunas zonas productoras de yuca al noroeste de la capital que suministran materia prima para la extracción de almidón. Interesaba allí los diseños y funcionamiento de las máquinas lavadoras/peladoras de yuca. Se observó que los equipos no eliminan totalmente la cáscara, llegando a suprimir parcialmente la cascarilla mientras que la cáscara permanece casi intacta.

c. Actividades de capacitación

Dentro del marco del proyecto se han realizado estudios que han servido como temas de tesis para obtener el título de Master o Universitario.

Weiss, D. The wheat milling industry in Colombia. M Sc Thesis. Department of Rural Economy. University of Alberta, Edmonton, Canada. En preparación.

Suárez D, I A. 1985. Evaluación del proceso de picado de yuca para producción de harina panificable. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 68 p.

Castillo B, J A y Gallego, J. 1985. Diseño y construcción de una máquina lavadora peladora de yuca. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 216 p.

Castillo S, C A y Hernández E, W. 1985. Estudio del secado natural de tres tipos de trozos de yuca. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 111 p.

d 7o Simposio de la International Society for Tropical Root Crops, ISTRC, Guadalupe

En el Séptimo Simposio de la ISTRC, realizado en Guadalupe los días 1 al 5 de Julio de 1985, el doctor Rupert Best presentó una ponencia con título "The Development of a Rurally Based Cassava Flour Industry in Colombia" Los coautores fueron Willem Janssen, Armando Civetta, Jorge Cabrera, Carlos Piedrahita, Alejandro Fernández y Adolfo León Gómez

3 Programa de actividades del segundo año

En el cronograma, Figura 5, se presentan las principales actividades a desarrollarse durante el segundo año del proyecto según las tres áreas de investigación. A continuación se comenta brevemente acerca del contenido de cada una de las actividades.

3.1 Estudios económicos

a Ensayos a nivel de finca

Con el objeto de medir el impacto que tendrían cambios en los sistemas y tecnología de producción de yuca sobre los costos de producción, los ensayos a nivel de finca continúan en la Costa Atlántica. En la campaña 1985/86 se ha acentuado la investigación en aspectos relacionados con el mantenimiento de fertilidad y cultivos asociados yuca/maíz.

b Análisis de demanda de importaciones de trigo

Se terminará este estudio durante el primer semestre del año.

c Elaboración del estudio de factibilidad

En este estudio se pretende integrar los resultados de las diferentes áreas investigadas durante el proyecto con el fin de determinar la viabilidad económica del sistema de producción y consumo de harina de yuca, que se ha propuesto.

3.2 Diseño y desarrollo de la planta

a Pruebas de molienda en molinos de rodillos

Dados los resultados promisorios logrados en los ensayos preliminares de molienda de trozos de yuca en un molino de rodillos se ampliará este trabajo. El IIT posee un molino de rodillos experimental, marca Buhler, que reproduce exactamente las operaciones de un molino comercial de trigo y se usará para sacar mayor información en cuanto al comportamiento técnico de este tipo de molino. Al obtener resultados positivos se hará contacto con un molino industrial con el fin de realizar pruebas a nivel semi-comercial. En el caso que sea necesario volver a la idea de una planta productora de harina de yuca, se seguirá la investigación con el molino de martillos, intentando aumentar el rendimiento de harina. Se estudiarán, además, máquinas aptas para la clasificación de la harina.

b Selección de empaques y condiciones de almacenamiento

Ya que se han definido mejor los productos a almacenarse se iniciarán los ensayos en esta área. Se utilizarán los empaques empleados para la harina de trigo (lienzo de algodón y polipropileno). Los ensayos se realizarán en las bodegas del CIAT, en una bodega ubicada en la

FIGURA 5. Cronograma de actividades período 1 de Noviembre, 1985 a 31 de Octubre, 1986

Actividad	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	
<b>1 Estudios económicos</b>													
a. Ensayos a nivel de finca	_____												
b. Análisis de demanda de importaciones de trigo	_____												
c. Elaboración del estudio de factibilidad									_____				
<b>2 Diseño de planta</b>													
a. Molienda en molino de rodillos	_____												
b. Selección empaques y condiciones almacenamiento	_____												
c. Diseño de planta	_____												
d. Montaje de línea de producción			_____										
<b>3. Aceptación harina compuesta</b>													
a. Fase exploratorio en panaderías			_____										
b. Perfil de actitudes				_____									
c. Aceptación de consumidores						_____							
d. Aceptación comercial							_____						
<b>4 Otras actividades</b>													
a. Reuniones de evaluación													
b. Visita a Brasil													

Costa Atlántica y en una cámara en la cual se puede simular diferentes condiciones ambientales. Simultáneamente, se montará un ensayo para determinar si existe riesgo de segregación de las mezclas de harina de trigo y yuca.

**c. Diseño de planta**

Con la información proporcionada por las investigaciones realizadas en el primer año, se diseñará la planta "modelo" con capacidad de producción de una tonelada de producto seco por día. El diseño incluirá todos los costos necesarios para el montaje de la planta y para su posterior operación a escala comercial.

**d. Construcción de una línea de producción**

Empleando los prototipos de máquinas desarrolladas durante el proyecto se montará una línea de producción de trozos secos y harina de yuca en el CIAT. La línea tendrá una capacidad de entre 300 y 400 kg de producto seco/día y proporcionará el material que se usará en los estudios de aceptabilidad de la harina compuesta. Se incluye en esta actividad el perfeccionamiento de los equipos y sistemas de secado desarrollados en el primer año.

**3.3. Estudios de aceptación de la harina compuesta**

**a. Fase exploratoria en panaderías**

Se seleccionarán dos panaderos localizados en Bogotá que hayan tenido experiencia en la elaboración de pan a partir de harinas compuestas para realizar pruebas exploratorias con la finalidad de comprobar, a nivel de panadería comercial, los resultados obtenidos en las instalaciones del IIT. Esta fase durará aproximadamente un mes y durante este período se aumentará paulatinamente el nivel de sustitución de harina de trigo hasta el 15%. Se observará además la reacción del público frente al pan elaborado de la harina compuesta mediante una auditoría de ventas. Los resultados de esta fase orientarán en gran medida el contenido y orientación de las actividades siguientes.

**b. Perfil de actitudes panaderos y consumidores**

Para esta actividad se tomará una muestra de 100 panaderos y 500 amas de casa, todos localizados en Bogotá. Se ha escogido a Bogotá por ser la región de mayor consumo de pan y a donde se han confluído personas de todas las demás regiones del país. Además, la selección de Bogotá es conveniente por razones logísticas.

En cuanto a la encuesta a panaderos, el objeto es determinar las características de producción y comercialización del pan. Para las amas de casa, se analizará su actitud frente al pan como alimento, dentro de la gama de alimentos que consume, los patrones de consumo, el criterio de calidad que emplea, los tipos de pan, etc. Esta información proporcionará mayores elementos de juicio para definir el contenido de los formularios a ser usados en la siguiente fase.

**c. Aceptación de consumidores**

Se seleccionarán 100 amas de casa de las 500 encuestadas anteriormente para conformar un panel de consumidores que medirá la aceptación del pan elaborado de la harina compuesta. Tentativamente, se empleará

una encuesta abierta y se ofrecerán dos tipos de pan, blandito y francés. Se prevé que esta fase durará dos semanas. El pan se parará en una de las panaderías de la fase exploratoria

#### d Aceptación comercial

Con seis de las 100 panaderías encuestadas anteriormente se realizará una prueba de aceptación comercial de la harina compuesta que durará un mes. La evaluación del pan por el consumidor se hará mediante una auditoría de ventas.

### 3.4 Otras actividades

#### a. Reuniones de evaluación y mesa de consulta

Se llevarán a cabo la 3a y 4a reunión de evaluación del proyecto en los meses de Marzo y Septiembre, 1986, respectivamente. Durante la 3a Reunión se instalará la Mesa de Consulta. La Mesa de Consulta será conformada por funcionarios de entidades gubernamentales y privadas las cuales en un u otra forma están relacionadas con los sectores trigo/yuca/pan y que tengan intereses económicos en el futuro del proyecto (ver Anexo III del Informe Final de la 1a Reunión de Evaluación del Proyecto). El objeto es conformar un mecanismo que sea capaz de moderar los intereses adversos al proyecto y encauzar aquellos intereses que le fueron auspiciatorios

#### b Visita a Brasil

Un miembro del equipo de proyecto realizará una visita a Brasil donde, al iniciarse la eliminación paulatina de los subsidios al trigo, existe un renovado interés en el uso de harina de yuca en la elaboración de pan. Se hará contacto principalmente con el Centro Tecnológico de Alimentos de EMBRAPA, Río de Janeiro

### 4. Estado financiero

#### 4.1 Informe consolidado de gastos

En el Cuadro 1 se presenta el consolidado de gastos para el período 1 de Octubre, 1984 al 31 de Octubre, 1985 para las tres instituciones participantes en el proyecto. En los Cuadros 2, 3 y 4 se presenta el consolidado de gastos por institución según los rubros afectados. A continuación se hacen observaciones sobre las partidas relevantes

#### a. CIAT

Salarios y beneficios se ejecutó plenamente este rubro, logrando un ahorro de US\$4,974 por la fuerte devaluación del peso colombiano durante el año.

Gastos de investigación en este rubro no se han fabricado y/o modificado todavía todos los equipos requeridos para el montaje de la planta piloto.

Viajes locales el saldo en este rubro será utilizado en la realización de las pruebas a nivel de finca en la Costa Atlántica y los estudios de aceptación de la harina compuesta.

Viajes internacionales no se realizó el viaje programado para visitar el proyecto financiado por el CIID en Lima, Perú va que este proyecto se culminó. Se usará el saldo para enviar a un miembro del equipo del proyecto al Centro Tecnológico de Alimentos en Río de Janeiro

Equipo de capital este equipo se utilizará en la planta piloto y será solicitado una vez finalizado el diseño. Se prevé utilizar los dineros asignados para la compra de un registrador de temperatura de seis canales (US\$3,000) para la compra de un pequeño molino de rodillos y una máquina clasificadora de harinas

- b. IIT  
Salarios y beneficios (personal) se ejecutó plenamente este rubro

Gastos de investigación y viajes locales (elementos de consumo y gastos generales) el saldo en estos rubros se debe a que los estudios de aceptación de la harina compuesta se iniciar en el primer semestre del segundo año del proyecto y es durante este período que el IIT incrementará su participación en el proyecto

- c. UNIVALLE  
Gastos de investigación el saldo disponible en este rubro se comprometió en su mayor parte ya que se autorizó la construcción de la cámara ambiental. La definición de los productos finales a elaborarse hizo que se adelantaran durante el segundo año las pruebas de almacenamiento previamente programadas para el primer año

Capital ya se comprometieron los dineros asignados para la compra del equipo de control y la balanza de laboratorio. Los demás equipos se comprarán de acuerdo al diseño final de la planta piloto a construirse en el CIAT.

CLADRO 1 Consolidado de gastos período 1 Octubre 1984-31 Octubre, 1985

	CIAT US\$	IIT Col.\$	UNIVALLE Col \$
Presupuesto aprobado	64,800	4,025,724	1,536,824
Presupuesto ejecutado	34,890	2,203,128	109,554
Saldo	29,910	2,002,596	1,427,270


#### 4.2 Depósitos de los fondos externos


El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo ha enviado un depósito por la suma de US\$135,000 monto recibido por el CIAT el día 26 de Marzo de 1984<sup>1/</sup>. El CIAT ha desembolsado la parte de estos

<sup>1/</sup> Se postergó el inicio del proyecto hasta Octubre de 1984, ver carta del Dr. J. L. Nickel, ref. DIR-206, del 26 de Febrero de 1985, dirigida al Dr. H. Zandstra.

CUADRO 2 CIID - PROCESAMIENTO DE YUCA EN COLOMBIA  
ESTADO DE GASTOS DE OCTUBRE 1, 1984  
A OCTUBRE 31, 1985  
(US\$)

	Presupuesto <u>Aprobado</u>	Presupuesto <u>Ejecutado</u>
1. <u>SALARIOS Y BENEFICIOS</u>	21,200	16,226
2. <u>GASTOS DE INVESTIGACION</u>		
Trabajo temporal	1,600	1,600
Gastos de cultivo	800	800
Material de laboratorio	2,000	2,000
Equipo de prueba para P P	12,500	3,500
Combustible y herramientas	<u>1,500</u>	<u>1,500</u>
Sub-total	18,400	9,400
3. <u>VIAJES LOCALES</u>	3,000	1,000
4. <u>VIAJES INTERNACIONALES</u>	4,800	2,449
5. <u>EQUIPO DE CAPITAL</u>	8,000	250
6. <u>GASTOS INDIRECTOS</u>	<u>9,400</u>	<u>5,815</u>
TOTAL	64,800 =====	35,140 =====

  
B G HENRIE  
Director Finance  
& Administration

 EP  
AR/mls  
22/11/85.

## CUADRO 3

C I A T

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO DE PRODUCCION DE HARINA DE YUCA PANIFICABLE

INFORME FINANCIERO A OCTUBRE 31 DE 1.985A. GASTOS

ITEM	1984	1985	TOTAL GASTOS EN \$
		Enero Octubre	
1 Personal	236.771	1713 491	1 950 262
2 Elementos de Consumo		11 880	11 880
3 Gastos Generales	12.137	228 849	240 986
Totales	248.908	1954 220	2 203 128

B. DEPOSITOS

Fecha	DEPOSITOS EN DOLARES AMERICANOS	TIPO DE CAMBIO	TOTAL INGRESOS EN \$
Octubre 25/84	US\$ 8050	al 109 10	878 255
Enero 23/85	US\$ 8050	al 115 16	927 038
Abril 23/85	US\$ 8050	al 129 52	1 042 636
Julio 23/85	US\$ 8050	al 146 31	1 177 795
Total recibido	US\$32.200		4 025.724
Saldo por cobrar	US\$ 7 850		
Total	US\$40 050		

Bogota, Diciembre de 1.985

Handwritten signature and two circular stamps.





CUADRO 4 INFORME SOBRE FINANCIACION CONCEDIDA POR EL CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL -C.I.A.T.- AL PROYECTO DE INVESTIGACION

UTILIZACION DE HARINAS DE YUCA EN PANIFICACION

Ing. Carlos A. Piedrahita C., Departamento de Procesos Químicos y Biológicos  
 Facultad de Ingeniería

DISTRIBUCION DEL PRESUPUESTO (Primer Año)	GASTOS REALIZADOS Y SALDO DISPONIBLE		
	PRESUPUESTO APROBADO	PRESUPUESTO EJECUTADO	SALDO DISPONIBLE
<b>GASTOS DE INVESTIGACION</b>	\$	\$	\$
Construcción de cámara	312.362.60	5.881.50	306.481.10 ✓
Equipo pequeño	87.461.53	32.010.00	55.451.53 ✓
Materiales de Investigación	62.472.52	21.545.00	40.927.52 ✓
Suministros	37.483.51	46.040.00	(8.556.49) ✓
Informe Final	0	0	0 ✓
<b>SUBTOTAL</b>	<b>✓ \$ 499.780.16</b>	<b>\$ 105.476.50</b>	<b>✓ \$ 394.303.66</b>
<b>VIAJES LOCALES</b>	<b>✓ \$ 37.483.51</b>	<b>\$ 4.077.50</b>	<b>✓ \$ 33.406.01</b>
<b>CAPITAL</b>			
Equipo de control	\$ 299.868.10	\$ 0	\$ 299.868.10 ✓
Molino	249.890.09	0	249.890.09 ✓
Tamiz y Agitador	74.967.02	0	74.967.02 ✓
Horno de Vacío	124.945.04	0	124.945.04 ✓
Balanza de laboratorio	249.890.08	0	249.890.08 ✓
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 999.560.33</b>	<b>\$ 0</b>	<b>\$ 999.560.33</b>
<b>TOTAL</b>	<b>✓ \$ 1.536.824.00</b>	<b>\$ 109.554.00</b>	<b>✓ 1.427.270.00</b>

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 DECANATO ASOCIADO DE INVESTIGACIONES

*Guillermo Garzon G.*

GUILLERMO GARZON G., Ph.D.  
 Decano Asociado de Investigaciones  
 Universidad del Valle

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
 DECANATO ASOCIADO DE INVESTIGACIONES

*Guillermo Baena L.*

Adm. GUILLERMO BAENA L.  
 Coordinador Administrativo  
 Decanato Asociado de Investigaciones -UNIVAL-

*Gustavo Uribe Cuevas*

GUSTAVO URIBE CUEVAS  
 Auditor Fiscal Departamental  
 Universidad del Valle

CONTRALORIA DEPARTAMENTAL  
 DEPARTAMENTO DE AUDITORIA  
*[Signature]*

fondos externos que corresponde al IIT y UNIVALLE en la siguiente forma

Institución	Fecha	Depósito en dólares americanos, US\$	Tipo de cambio	Equivalencia en moneda local
IIT	Octubre 25/84	8,050	109 10	878,255
	Enero 23/85	8,050	115 16	927,038
	Abril 23/85	8,050	129 52	1,042,636
	Julio 23/85	8,050	146 31	1,177,795
	TOTAL	32,200		4,025,724
UNIVALLE	Noviembre 2/84	3,075	109 10	335,483
	Enero 24/85	3,075	114 85	353,164
	Mayo 2/85	3,075	129 52	398,274
	Julio 29/85	3,075	146 31	449,903
	TOTAL	12,300		1,536,824


4.3 Estimado de gastos, período 1 de Noviembre, 1985 - 31 de Octubre, 1986

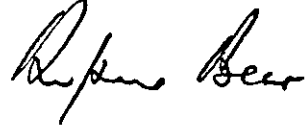
En el Cuadro 5 se presenta un estimado de gastos para el período 1 de Noviembre, 1985 - 31 de Octubre, 1986

CUADRO 5 Estimado de gastos, período 1 de Noviembre, 1985 - 31 de Octubre, 1986

Rubro	CIAT US\$	IIT Col \$	UNIVALLE Col \$
Salarios y beneficios	23,200	392,000	-
Gastos de investigación	23,400	2,319,500	531,500
Viajes locales	4,700	313,600	92,700
Viajes internacionales	1,825	-	-
Equipo de capital	7,750	-	999,560
Sobretasa	9,985	336,100	-
<b>Total</b>	<b>70,860</b>	<b>3,361,200</b>	<b>1,623,260</b>

Hacemos constar que este informe financiero cubre el período 1 de Octubre, 1984 al 31 de Octubre, 1985

  
ALEJANDRO REBOLLEDO  
Contralor

  
RUPERT BEST  
Líder del proyecto

## ANEXO A. Estudios económicos

### 1. Introducción

Desde el punto de vista de las políticas gubernamentales un programa para promover la producción y utilización de harinas compuestas tiene varios objetivos

- (1) Reducir la fuga de divisas por la importación de volúmenes crecientes de trigo;
- (2) Generar una mayor producción de fuentes de carbohidratos sucedáneas, incrementando en tal forma el ingreso y empleo en el área rural, y
- (3) Mantener, si no reducir, el precio al consumidor de productos elaborados en base de harina de trigo

Para lograr estos objetivos sin la intervención gubernamental en el mercado requiere que la harina sucedánea, en este caso la harina de yuca, esté más barata que la harina de trigo. Con el fin de evaluar como un programa de harinas compuestas basado en la yuca pudiera ser viable económicamente y, a su vez, contribuir a los objetivos delineados arriba, se han iniciado una serie de estudios y ensayos sobre los distintos componentes que conforman el sistema de producción y consumo de la harina compuesta.

### 2. Consumption and demand for bread and pasta

Up to 1981 there was little available data to analyze the consumption patterns for wheat-based food products in Colombia. In 1981 a national consumer budget survey of 9000 households was carried out by DANE/DRI-PAN. The data tape was made available to CIAT for analysis. This survey allows a very exact analysis of consumption patterns for bread and pasta.

Consumption patterns for bread in Colombia are significantly different from those for pasta (Table 1). Average annual consumption of bread is 11.9 kg per capita compared to 6.2 kg for pastas. Nevertheless, pasta consumption is considerably higher than indicated by aggregate data on wheat flour disappearance (for example, IIT, 1975). Moreover, bread consumption is highly concentrated, with urban consumption being three times higher than rural consumption, with consumption in the highest income quintile being three times higher than the lowest income quintile, and with consumption being highest in Bogota, Cali and the urban areas of the eastern region. By contrast, pasta consumption is more evenly distributed throughout the country and in particular is more important than bread in the rural areas.

For both bread and pasta virtually all consumption is based on purchases of these items, little is baked in the home. For bread only 5.8% of consumption is produced in the home, with the percentage being higher in the rural areas (10.8%), and in the eastern region (9.0%). For pasta only 4.4% of consumption is produced in the home.

TABIF 1. Annual per capita consumption of bread and pasta by income strata and rural urban residence, 1981

Region	Residence	Bread						Pasta					
		I	II	III	IV	V	Average	I	II	III	IV	V	Average
kg/capita/year													
Atlantic	Urban	3.7	7.1	9.5	12.8	17.1	8.0	3.6	3.2	5.4	6.2	5.5	5.0
	Rural	0.9	2.7	3.1	5.6	7.1		2.6	3.4	5.0	7.4	11.7	
Eastern	Urban	12.8	17.5	24.0	28.6	29.6	16.0	7.2	7.1	10.6	10.4	10.9	9.6
	Rural	4.3	10.2	11.9	18.7	12.7		5.4	9.8	14.0	13.3	10.1	
Bogota	Urban	11.8	14.3	19.1	23.0	24.0	20.4	5.1	6.4	8.1	9.3	8.5	8.0
Central	Urban	2.7	5.8	7.4	10.4	9.1	5.4	2.5	3.6	3.3	5.0	4.0	3.8
	Rural	1.2	2.1	1.7	3.1	3.4		2.8	3.8	3.9	5.4	5.2	
Pacific	Urban	11.6	11.9	19.9	24.5	26.9	15.0	4.2	4.7	6.2	7.4	7.0	6.2
	Rural	2.8	5.7	6.1	8.1	7.3		4.1	6.2	8.8	7.7	7.4	
Total	Urban	7.3	10.4	14.9	18.8	20.1	11.9	4.1	4.8	6.4	7.4	6.7	6.2
	Rural	2.5	5.2	5.7	9.2	7.6		3.8	5.9	7.8	8.6	3.5	

Wheat products are important, but do not dominate in the national diet. Bread contributes on average 111 calories and 3.0 grams of protein to the average daily diet or about 4.0% total calorie intake and 4.4% of total protein. Pastas contribute 60 calories (2.2%) and 1.8 grams of protein (2.7%). In terms of average calorie intake, cassava and bread make equal contributions, though the distribution of consumption is almost exactly reversed. Cassava is more important in rural areas, in the Atlantic Coast, and in the lower income strata. Bread and pasta make the largest contribution to the diet in Bogota. There bread contributes 7.3% of average daily protein intake and as much as 8.7% of average protein intake in the lowest income strata. It is only in Bogota where the impact of cassava flour mixture on the protein content of bread becomes a nutritional issue. In all other regions bread makes up less than 4% of average daily protein intake. However, since the maximum substitution rate of cassava flour likely to be 15%, the potential decrease in daily protein intake is 1.3% for the lowest income quintile in the highest bread consuming region (Table 2). In all other areas the impact on daily protein intake is negligible for the low income quintile.

However, the other area in which composite flour can potentially have an impact on nutrition is by lowering the cost of the product and thereby increasing consumption. This impact, however, will depend, among other things, on how responsive consumers are to price change. The impact of price changes on consumption behavior is measured through a price elasticity, and these were estimated for bread and pastas by income strata (Table 3). All the price elasticity estimates are significant, of appropriate sign, and within a reasonable range. In general, bread is more price elastic than pastas, except in the lowest income quintile, where consumers would consume slightly more pasta with a percentage reduction in price. Of course, the other two factors that would determine the impact on nutrition would be the level of price decline - where pasta would have the edge because of the higher possible admixture rates, and the absolute importance of the product in total consumption - where bread would have the advantage in urban areas and pasta in rural areas. Moreover, the principal benefits from a reduction in bread prices will be garnered by the high income strata in urban areas.

### 3. On-farm trials

The development of a new market for cassava based on composite flour may require marked changes in the production technology and cassava production systems. In the first place yield increasing and cost-decreasing technology may be necessary in order to make the whole enterprise economically viable. Raw material makes up by far the major portion of production costs of cassava flour and in the end cassava flour must be cheaper than wheat flour. Root production costs are thus critical to the overall economic viability of a composite flour program. Second, cassava flour probably will have to be produced year round, since continuous supplies are necessary to motivate investments within the flour milling industry. Continuous root supplies in many cases will require changes in the temporal organization of cassava production systems.

TABLE 2. Impact of the use of a 85% wheat 15% cassava composite flour in breadmaking on the protein intake of the population

Region	Quintile	Protein consumption with 100% wheat flour bread						Protein consumption with 85 15 composite wheat cassava flour bread						
		I	II	III	IV	V	Average	I	II	III	IV	V	Average	
		grams/day						grams/day						
Atlantic	Bread	0.51	1.19	1.70	2.81	3.88	2.04	Bread	0.43	1.01	1.45	2.39	3.30	1.73
	Total	41.05	63.04	77.89	84.70	91.19	72.28	Total	40.97	62.86	77.64	84.28	90.61	71.97
	Percentage	1.24%	1.89%	2.18%	3.32	4.25%	2.82%	Reduction in the total	-0.19%	-0.28%	-0.33%	-0.50%	-0.64%	-0.42%
Eastern	Bread	1.76	3.28	4.59	6.19	5.79	4.02	Bread	1.50	2.79	3.90	5.26	4.92	3.42
	Total	44.77	63.96	79.09	86.00	84.87	68.25	Total	44.51	63.47	78.40	85.07	85.07	67.65
	Percentage	3.93%	5.13%	5.80%	7.20%	6.82%	5.89%	Reduction in the total	-0.59%	-0.77%	-0.87%	-1.08%	-1.02%	-0.88%
Bogota	Bread	2.97	3.58	4.81	5.78	5.99	5.10	Bread	2.52	3.04	4.09	4.91	5.09	4.34
	Total	34.00	49.34	65.06	75.62	86.59	69.73	Total	33.55	48.80	64.30	74.75	85.69	68.97
	Percentage	8.74%	7.26%	7.40%	7.64%	6.92%	7.31%	Reduction in the total	-1.31%	-1.09%	-1.11%	-1.15%	-1.04%	-1.10%
Central	Bread	0.53	1.04	1.37	2.14	2.10	1.39	Bread	0.45	0.88	1.16	1.82	1.79	1.18
	Total	38.97	60.40	72.10	83.02	73.16	64.57	Total	38.89	60.24	71.89	82.70	72.85	64.36
	Percentage	1.36%	1.72%	1.90%	2.58%	2.87%	2.15%	Reduction in the total	-0.20%	-0.26%	-0.29%	-0.39%	-0.43%	-0.32%
Pacific	Bread	1.48	2.20	3.65	5.43	6.80	3.90	Bread	1.26	1.87	3.10	4.62	5.78	3.32
	Total	39.69	59.37	75.49	84.33	83.26	70.28	Total	39.38	59.04	74.94	83.52	92.24	69.70
	Percentage	3.74%	3.71%	4.84%	6.44%	7.29%	5.55%	Reduction in the total	-0.56%	-0.56%	-0.73%	-0.97%	-1.05%	-0.32%

TABLE 3 Price and income elasticity for bread and pastas in Colombia

Quintile		Bread		Pastas	
		Price	Income	Price	Income
1	Coefficient	-0 76	-0 06	-0 79	0 97
	P = 0 01	1%	90%	1%	2%
	R <sup>2</sup>	0 67	0 66	0 55	0 54
2	Coefficient	-0 83	0 15	-0 77	0 32
	P = 0.01	1%	80%	1%	38%
	R <sup>2</sup>	0 54	0 52	0 78	0 78
3	Coefficient	1 08	0 43	-0 84	-0 25
	P = 0 01	1%	51%	1%	54%
	R <sup>2</sup>	0 40	0 38	0 38	0 37
4	Coefficient	-0 86	0 73	-0 79	0 29
	P = 0 01	1%	17%	1%	29%
	R <sup>2</sup>	0 56	0 54	0 31	0 30
5	Coefficient	-0 84	0 47	-0 78	0 14
	P = 0 01	1%	4%	1%	40%
	R <sup>2</sup>	0 79	0 79	0 63	0 62

69

28

The above issues motivated first an evaluation of the current farming system (see next section) and second the establishment of on-farm trials to evaluate changes in both production system and in technology. The trials involving changes in production systems focused on an evaluation of changes in planting and harvest dates to assure a continuous supply of roots and an analysis of stake storage to evaluate adequate supplies of planting material. The trials involving improved technology focused on the introduction of new varieties, intensification of the intercropping system, and an evaluation of fertilizer and crop rotation systems in the maintenance of soil fertility.

Continuous production systems Cassava production in the Atlantic Coast of Colombia is seasonal, the more so in particular production zones. The seasonality is due in part to the rainfall distribution (a single rainy period of varying intensity lasting from April to November and a dry season from December to April) and in part to the demands of the intercropping system widely practiced in the western part of the coast. Most of the cassava is planted at the beginning of the rains in April to June. Certain regions also plant cassava towards the end of the rains in September and October but this practice is limited in many areas in part by varietal response and in part by the desire to plant cassava in an intercropping system with yam and maize. These latter crops must be planted at the beginning of the rains.

To evaluate the viability of a continuous production system, different varieties, the local and an introduction, were planted on four different farms in April, to be harvested in December (210 days), February (280 days) and April (360 days), and the same varieties were planted again in August to be harvested in June (300 days), September (375 days) and November (430 days). Such a system would provide relatively continuous production of roots. The results, as presented in Table 4, demonstrate that a major constraint on planting in the second season is the significantly lower yields of the local variety Venezolana. However, as the trials indicate M Ven 25 offers significant scope for planting in the second season without significant reductions in yield, even though in the first season there is no yield advantage with the introduced variety over the local variety.

Motivating expansion of planting in the second semester will require, at least in the initial periods, availability of sufficient seed material. One alternative is to store the stakes from the harvest period to the next planting period. Different lengths of storage were evaluated to gauge how long stakes could be stored. The results (Table 5) suggest that up to 3 months has little impact on germination and yield. However, as long as five months results in significant reductions in both germination and yield.

Intensification of the cassava-maize intercropping system Small-scale farmers commonly utilize multiple cropping as a means of reducing production risk, insuring a more continuous cash flow, and maximizing income per hectare. On the Atlantic Coast of Colombia maize is the most common intercrop in cassava cropping systems. Moreover, recent research on cassava cropping systems has suggested the possibility of increasing the total yield of traditional cassava/maize systems through



TABLE 4 Evaluation of the potential for producing cassava throughout the year

Variety	First harvest		Second harvest		Third harvest	
	Yield t/ha	D M. %	Yield t/ha	D M. %	Yield t/ha	D M. %
1st Semester sowing <sup>a/</sup>						
1 M Ven 25	21.7	37.7	23.5	38.1	18.5	36.3
Venezolana	17.5	38.1	16.2	37.5	19.7	35.0
2 M Ven 25	17.5	37.5	20.0	36.6	17.7	33.8
Venezolana	17.3	38.9	22.5	36.4	21.3	33.7
3 M Ven 25	10.2	34.9	10.7	34.7	18.5	36.3
Venezolana	15.2	38.8	15.2	37.8	19.7	35.0
4 M Ven 25	16.6	33.8	17.7	35.2	13.7	24.0
Venezolana	14.5	35.6	4.2	34.0	-	-
Total average						
M Ven 25	16.6	36.0	18.0	36.3	17.1	33.8
Venezolana	16.1	37.9	17.0	36.4	20.2	34.6
2nd Semester sowing <sup>a/</sup>						
1 M Ven 25	11.33	32.50	17.17	36.25	19.50	38.59
Venezolana	6.87	36.79	9.50	38.82	5.50	33.39
2 M Ven 25	16.00	34.37	21.34	34.92	19.50	37.41
Venezolana	9.33	34.84	14.50	37.22	7.67	36.40
3 M Ven 25	10.84	32.08	16.34	33.44	16.00	37.65
Venezolana	5.50	35.70	6.00	36.95	7.17	38.43
4 M Ven 25	6.34	33.17	6.00	35.05	14.34	37.49
Venezolana	5.84	35.86	6.17	34.84	9.67	38.86
Total average						
M Ven 25	11.1	33.0	15.2	34.9	17.3	37.8
Venezolana	6.8	35.8	9.1	37.0	7.5	38.3

<sup>a/</sup> Average values for trials sown in 4 different locations

TABLE 5 Evaluation of the effect of stake storage on subsequent crop yield

Storage period Days	Variety	Fertilized			Unfertilized		
		Plants lost %	Yield t/ha	Dry matter %	Plants lost %	Yield t/ha	Dry matter %
149	M Ven 25	71	6.4	36.0	68	6.5	36.4
	Venezolana	54	6.9	37.9	55	7.0	38.2
85	M Ven 25	11	11.8	37.5	11	12.3	37.4
	Venezolana	8	12.8	38.0	4	11.7	37.9
20	M Ven 25	7	8.1	37.2	7	9.7	37.4
	Venezolana	3	11.6	38.0	3	11.9	37.5

changes in the spatial arrangement of the cassava and increases in the plant population of the maize. To evaluate whether these results remain valid under different production conditions, cassava/maize intercropping trials were established in different departments on the Atlantic Coast.

The objective was to evaluate the potential for intensifying the farmer's intercropping system. The trials were mounted in Cordoba, Sucre, Atlantico, and Magdalena Departments. In Cordoba and Sucre the farmer's system consisted of planting cassava in a 1.40 x 1.40 meter arrangement (5,100 plants/ha) and the maize in a 2.80 x 2.80 meter pattern with four plants per hill (10,200 plants/ha). In Atlantico and Magdalena the farmers' system consisted of a 1 x 1 meter cassava arrangement (10,000 plants/ha) and a 2 x 1 meter maize pattern with four plants per hill (20,000 plants/ha). The farmers' system was then compared with a more intensive system where the cassava was planted at a distance of 1.6 x 0.6 meters (10,200 plants/ha) and the maize at 1.6 x 0.3 meters with two plants per hill (41,667 plants/ha). In effect, the only changes were in spatial arrangement and planting density.

The results were somewhat variable (Table 6). In all cases there was an increase in maize yields. In Betulia and Momil maize yields more than doubled, while in Pivijay and Sabanalarga they only increased by a third. However, this came at a trade-off in cassava yields. Where maize yields increased most dramatically, cassava yields declined most markedly, especially in Betulia. In Carranzo, Pivijay and Sabanalarga there was little if any decline in cassava yields, supporting the conclusions of the original research done at CIAT. However, in the Cordoba and Sucre area there was also a significant decline in average root size to the point that a high percentage of roots were not saleable for the fresh market, although they would be for the drying plants.

Changes in spatial arrangement and plant population are not a means of increasing productivity of cassava intercropping systems under all circumstances. The optimum system will depend on relative prices between maize and cassava, quality characteristics in the principal markets, and agro-climatic conditions. Plant type may also play a role since a late branching type such as CM 922-2 showed least variance in yield between the two systems. Adaptive research is required in each micro-region to define the most profitable system.

Soil fertility and crop rotation Farmer demand for new technology and therefore higher yield levels depends critically on assured access to markets (see next section). With the creation of a more expansive market such as that for composite flour, the expectation is that farmers will begin to intensify their production of cassava. A primary concern in such a process is the maintenance of soil fertility. To understand the changes in the cropping system that might be required both to increase cassava yields and to maintain soil fertility, on-farm trials were planted to evaluate the relative role of fertilizer and crop rotation with cereal and legume crops on cassava yield. The trials will require three years to complete and are only in their second year. Preliminary results are thus left till the next report.

TABLE 6 A Comparison of Cassava and Maize Yields in Farmer's Intercropping System and Intensive System.

System	Cassava Variety	Cassava Yield		Maize Yield	Cassava Yield		Maize Yield	Cassava Yield		Maize Yield
		t/ha	%D M	t/ha	t/ha	%D M	t/ha	t/ha	%D M.	t/ha
		<u>Albania, Sucre</u>			<u>Betulia, Sucre</u>			<u>Carranzo, Cordoba</u>		
Farmer's System	Venezolana	9.9	37.3	0.46	11.9	36.3	0.97	7.2	35.1	0.56
	CM 681-2	10.4	35.5	0.46	11.1	35.3	0.81	3.3	33.2	0.40
	CM 922-2	8.6	35.8	0.33	10.8	36.1	0.86	3.1	35.9	0.51
	Average	9.6	36.2	0.42	11.3	35.9	0.88	4.5	34.7	0.49
Intensive System	Venezolana	9.0	37.0	0.76	6.1	35.2	2.38	5.1	37.0	0.94
	CM 681-2	8.7	34.3	0.78	6.0	36.1	2.43	4.7	34.7	0.78
	CM 922-2	7.2	35.7	0.97	8.4	34.1	2.22	3.9	34.8	0.97
	Average	8.3	35.7	0.84	6.8	35.1	2.34	4.6	35.5	0.90
		<u>Momil, Cordoba</u>			<u>Pivijay, Magdalena</u>			<u>Sabanalarga, Atlantico</u>		
Farmer's System	Venezolana	9.8	35.7	0.45	15.9	28.9	1.0	8.4	32.0	1.3
	Various <sup>1</sup>	7.4	32.0	0.46	12.0	30.7	1.3	18.9	28.4	1.0
	Various <sup>2</sup>	10.6	35.2	0.50	11.9	29.8	1.3	13.7	29.4	1.3
	Average	9.3	34.3	0.48	13.3	29.8	1.2	11.5	29.9	1.2
Intensive System	Venezolana	7.7	35.2	0.90	13.6	32.9	1.5	8.6	29.4	1.5
	Various <sup>1</sup>	6.9	35.1	1.31	16.1	28.9	1.8	15.3	27.3	1.5
	Various <sup>2</sup>	9.1	34.8	1.59	9.9	29.9	1.6	15.7	32.3	2.1
	Average	7.9	35.0	1.27	13.2	30.5	1.6	12.3	29.8	1.6

<sup>1</sup> Momil, CM 681-2, Pivijay, CM 981-8, Sabanalarga, M Col 22

<sup>2</sup> Momil, CM 922-2, Pivijay, M Col 2216, Sabanalarga, M Ven 25

4 El impacto de la agroindustria a escala pequeña sobre la oferta de yuca en la Costa Atlántica

Uno de los problemas más frecuentemente nombrados por los pequeños agricultores productores de yuca, es la comercialización (Cuadro 7). Debido a dificultades en el mercadeo o por precios desfavorables, muchos agricultores dejan de sembrar más yuca, aún cuando están conscientes de que la yuca podría ser una fuente de ingresos de mayor importancia para ellos. El establecimiento de la industria a escala pequeña para la producción de harina panificable o de yuca seca para alimentos balanceados podría abrir considerablemente el mercado para la yuca y así contribuir a que los campesinos perciban mayores ingresos.

En la Costa Atlántica, tres aspectos determinan en gran parte la atractividad para el productor de sembrar yuca: 1) El acceso al mercado, que determina la facilidad para el agricultor de encontrar compradores para su producto, 2) El precio promedio de venta que determina el potencial de ingreso, y 3) La variación en los precios que influye sobre la estabilidad en los ingresos que percibe el agricultor por concepto de la venta de su yuca.

Acceso al mercado

Para investigar los factores relacionados con el acceso al mercado, se dividió la Costa Atlántica entre aquellas áreas que tienen mal acceso y aquellas áreas que tienen buen acceso al mercado fresco y se estudió la producción y la comercialización de la yuca para ambas áreas. Como se puede apreciar en el Cuadro 8, tanto los rendimientos como la proporción de la producción comercializada son mucho menores para el área con mal acceso al mercado.

CUADRO 7 Razones para no sembrar más yuca en cuatro departamentos de la Costa Atlántica (porcentajes de la respuesta total)

	Atlántico	Bolívar	Sucre	Córdoba	Total
Falta de tierra	43	31	35	41	38
Falta de crédito	15	8	9	11	11
Falta de mano de obra	2	15	-	-	4
Problemas de venta	-	36	40	13	21
Precios desfavorables	23	10	14	33	21
Otras razones	17	-	-	2	5

Fuente: Economía de Yuca, CIAT. Encuesta sobre mercadeo de yuca.

CUADRO 8 Producción de yuca y maíz en áreas con buen y mal acceso al mercado de yuca fresca, 1983

	Buen acceso	Mal acceso	Diferencia
<u>Yuca</u>			
Area sembrada (ha)	1 90	1 78	- 6 6%
Rendimiento (t/ha)	4 35*	2 84*	- 35 %
Producción (t)	8 27	5 06	- 39 %
Venta comercial en un último año (t)	5 98	2 23	- 63 %
% de producción comercializada	70	44	- 37 %
<u>Maíz</u>			
Area sembrada (ha)	2 27	3 08	+ 35 %
Rendimiento (t/ha)	0 52*	0 53*	+ 2 %
Producción (t)	1 18	1 63	+ 38 %

\* En el año del estudio los rendimientos fueron muy bajos por razones climáticas

Fuente Economía de Yuca, CIAT Encuesta sobre mercadeo de yuca

Sin embargo, la superficie sembrada en ambas áreas es muy parecida y parece que el mal acceso al mercado no influye tanto sobre la superficie sino sobre la productividad de la yuca sembrada. Los datos demuestran que para maíz, que tiene menores problemas de comercialización, el acceso al mercado no representa un limitante en su producción. Es más, parece que los agricultores con mal acceso al mercado compensan por su situación desventajosa con la siembra de una mayor superficie de maíz. Esto sugiere que el establecimiento de la agroindustria de la yuca en áreas de mal acceso al mercado podría tener un impacto considerable sobre la productividad de la yuca por hectárea y por ende sobre el ingreso de sus cultivadores a causa de la disminución de las dificultades de comercialización.

#### Precios y variación en los precios de venta

El establecimiento de una agroindustria cambia la demanda que enfrenta el agricultor. A la demanda inelástica del mercado fresco se adiciona una demanda elástica, probablemente a precios menores que la demanda del mercado fresco, como se puede apreciar en la Figura 1B. En este caso la fluctuación en los precios, causada por variaciones en la producción, indicada por las líneas interrumpidas, será menor ya que la demanda elástica de la agroindustria absorbe parte de la producción.

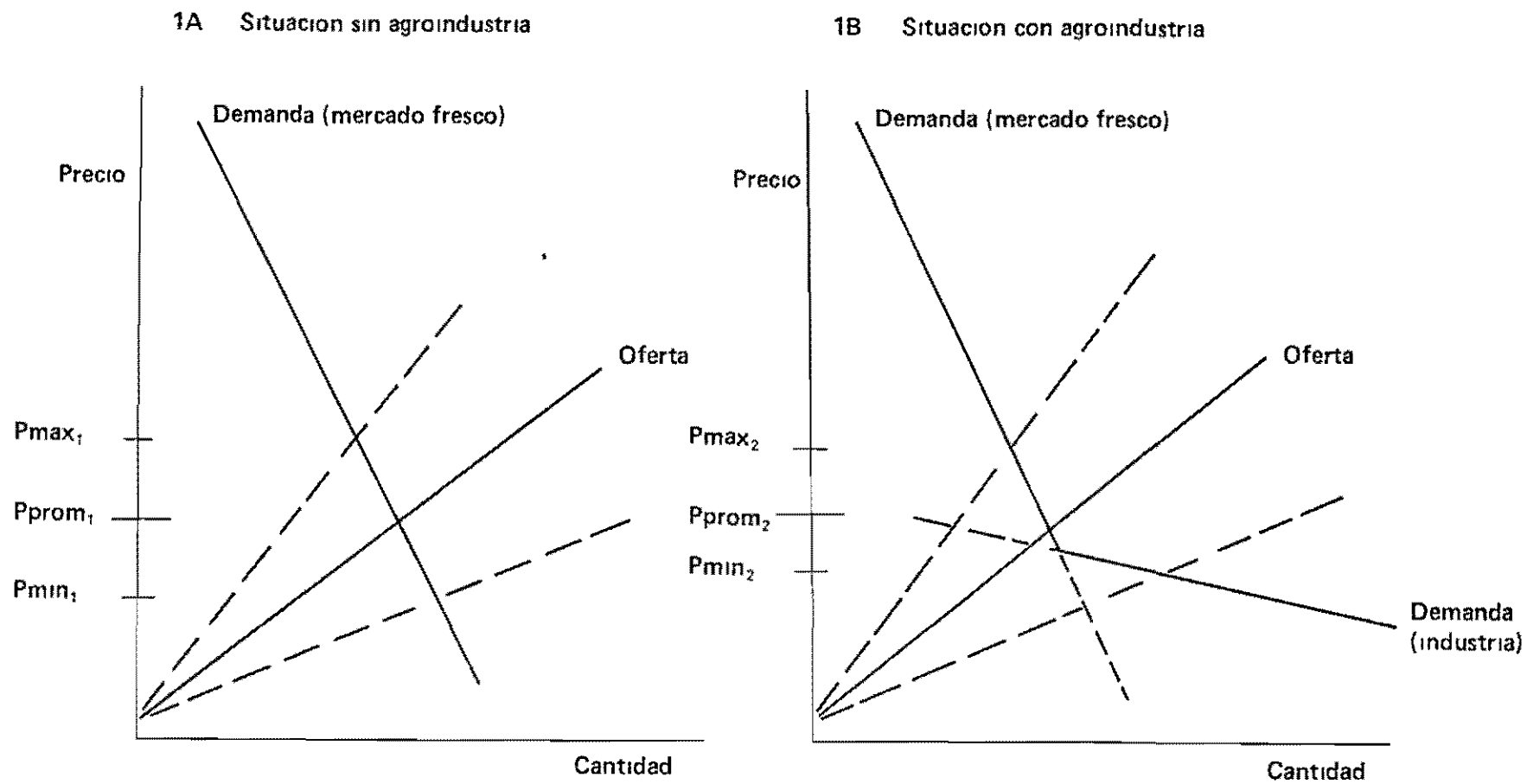


Figura 1 El efecto de una agroindustria de yuca sobre la variacion en los precios y sobre el precio promedio de venta

$$P_{max_1} = P_{max_2} \quad P_{min_1} < P_{min_2} \quad P_{prom_1} < P_{prom_2}$$

(compare Figura 1B y 1A). Adicionalmente, el precio promedio para el productor tiende a subir, ya que los precios muy bajos se eliminan

Con el fin de estudiar el efecto del establecimiento de una agroindustria de yuca a pequeña escala sobre los precios y sobre el riesgo de comercialización, se tomaron los datos provenientes de dos estudios<sup>1/</sup> realizados en la Costa Atlántica para analizarlos por medio de un modelo de programación cuadrática y por un sistema de regresiones lineales.

El modelo de programación cuadrática permite estudiar en forma normativa como los precios y su variación influyen sobre el plan de trabajo del agricultor. El sistema de regresiones lineales que analiza las respuestas de agricultores a preguntas sobre su actitud frente al riesgo y la fluctuación en los precios promedios, da la reacción de los agricultores en forma positiva. La comparación de los dos métodos es útil porque permite verificar la consistencia de los resultados obtenidos.

Los resultados de los dos métodos de análisis, presentados en el Cuadro 9, indican que el establecimiento de una agroindustria de yuca tendría un efecto considerable sobre el área sembrada en yuca. Para las fincas de tamaño intermedio (8 ha) y grande (15 ha) la superficie sembrada aumentaría en más de 30%. En las fincas pequeñas (3 ha) la expansión sería menor básicamente por falta de tierra. El aumento mayor en la superficie sembrada que se proyecta por el modelo de programación cuadrática, comparado con el del sistema de regresiones lineales, se explica por el hecho que en el modelo se usaron datos de una zona (Betulia, Sucre) donde actualmente se siembra una mayor área en yuca por finca que el promedio de la Costa Atlántica.

El modelo de programación cuadrática, en adición de estimar el aumento en la superficie sembrada, permite proyectar los cambios en la producción total de yuca de la finca. Cambios en los sistemas tradicionales de cultivo (e.g. yuca/maíz/ñame) por sistemas en los cuales la yuca toma más importancia (yuca/maíz o yuca sola) hace que la producción total de yuca se incremente entre 27% para las fincas pequeñas y 90% para las fincas grandes.

Como se puede apreciar en la parte derecha del Cuadro 9, para los pequeños agricultores el aumento en el precio promedio de venta es de importancia comparable a la disminución en el riesgo de comercialización como explicación del crecimiento de la producción. Para los agricultores de 8 y 15 hectáreas, la disminución en el riesgo influye más sobre la decisión de incrementar su producción que el incremento en el precio.

---

<sup>1/</sup> Economía de Yuca, CIAT 1983. Encuesta sobre producción y mercadeo de yuca en los Departamentos de Atlántico, Bolívar, Córdoba y Sucre.

Boering, S. y Janssen, W. 1984. La competencia por la tierra entre la agricultura y la ganadería en el minifundio costeño. En Proyecto Cooperativo DRI-CIAT. Tercer Informe. Junio 1983 - Junio 1984. CIAT. pp 51-57.



CUADRO 9 El impacto de una agroindustria de yuca sobre la oferta de yuca, impacto medido por medio de regresiones lineales (RL) y programaciones cuadráticas (PC)

	Actual	Con agro- industria de yuca	Diferencia	Explicado por aumen- to en pre- cio de venta	Explicado por disminución en el riesgo
<u>Finca pequeña (3 ha)</u>					
RL Area sembrada	1 54	1 96	27%	18%	9%
PC Area sembrada	1.76	1 93	10%	4%	6%
PC Producción (kg)	11,314	14,353	27%	12%	15%
<u>Finca intermedia (8 ha)</u>					
RL Area sembrada	1 90	3 09	56%	17%	39%
PC Area sembrada	2 84	3 97	40%	11%	20%
PC Producción (kg)	19,189	34,428	79%	22%	57%
<u>Finca grande (15 ha)</u>					
RL Area sembrada	2 23	3 83	72%	11%	61%
PC Area sembrada	3 08	4 25	38%	12%	26%
PC Producción (kg)	22,353	42,459	90%	35%	65%

En el Cuadro 10, se puede apreciar en detalle cómo, según la programación cuadrática, cambiaría la organización de la finca de ocho hectáreas. El sistema de yuca/maíz/ñame perdería importancia frente a los sistemas de yuca/maíz y yuca sola. Se sembraría menos tierra en pastos, se utilizaría más mano de obra arrendada y algo menos de mano de obra propia. El ingreso de la finca aumentaría en un 20%. Estos estimativos no toman en cuenta la posible introducción de mejoras tecnológicas en la producción que resulte en aumentos en los rendimientos del cultivo. A aumentar la productividad los beneficios a los agricultores serían aún mayores. En conclusión se puede decir que la pequeña agroindustria basada en yuca causaría un crecimiento considerable en la oferta de yuca y aumentaría significativamente el ingreso que percibe el agricultor de su producción agrícola.

## 5 Análisis económico de la industria de panificación

### 5.1 Introducción

Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) Revisión 2, el sector dedicado a la fabricación de productos de panadería agrupa cinco actividades básicas que son

- a) Fabricación de pan (pan de trigo, pan de maíz y similares)
- b) Fabricación de pasteles, bizcochos y tortas
- c) Fabricación de galletas.
- d) Fabricación de pastas alimenticias
- e) Fabricación de productos secos de panadería (conos, barquillos, obleas).

Esta gran diversidad de productos hace difícil cualquier tipo de análisis, obligando a agruparlos en dos grandes sectores: producción de pan y producción de pastas alimenticias, por ser los más representativos de esta actividad. Dentro de las cifras de producción de pastas alimenticias se incluyen las correspondientes a la producción de bizcochos y galletas.

La clasificación anterior permitirá en una forma más precisa estimar el consumo de harina en pan y derivar de ello el impacto económico que una sustitución de harina de trigo por otro tipo de harina traería para la economía nacional.

### 5.2 La industria de panificación según las estadísticas oficiales

En el Cuadro 11 se detallan las principales variables económicas que identifican la industria de panificación en el período 1976-1983. Las variables hasta "Valor Agregado" corresponden a todo el sector incluyendo producción de pan, galletas, bizcochos y pastas alimenticias.

Como se puede apreciar por las cifras del Cuadro 11, la industria de panificación en conjunto, ha tenido un leve crecimiento en el período analizado. La producción bruta a precios constantes de 1976 creció a la tasa anual de 3.6% entre 1976 y 1983. Por su parte la producción de pan de trigo, creció a la tasa anual de 1.6%, ligeramente inferior a la tasa de crecimiento de la población. En relación al consumo per capita de

CUADRO 10. Cambios en una finca de 8 ha a establecerse una agroindustria de yuca

	Situación presente	Situación con existencia de agroindustria de pequeña escala	Diferencia
<u>Area sembrada en (ha)</u>			
Yuca/maíz/ñame	2 77	1 25	(-55%)
Yuca/maíz	0.07	1 68	n a
Yuca	-	1 06	n a
Pastos	5 16	4 01	(-22%)
<u>Empleo (jornales)</u>			
Mano de obra propia	359 6	354 8	(-1 4%)
Mano de obra arrendada	92 1	113 5	(+23%)
<u>Ingreso de la finca, \$</u>	315,368	379,647	(+20%)

Fuente Modelo de Programación Cuadrática  
Departamento de Economía de Yuca, CIAT

CUADRO 11. Fabricación de productos de panadería - Resumen de las principales variables

Años	Número de establecimientos	Personal ocupado	Salarios y prestaciones pagados <u>1/</u>	Producción bruta <u>1/</u>	Consumo intermedio <u>1/</u>	Valor agregado <u>1/</u>	Producción de pan de T M	Consumo per capita kg/año
1976	404	12,969	659 5	4,148 6	2,813 3	1,335 3	37,263	1 56
1977	414	13,064	808 9	5,510 2	3,551 6	1,958 6	41,018	1 68
1978	397	14,095	1,250 9	6,930 0	4,379 8	2,550 2	42,302	1 44
1979	397	14,758	1,751 9	9,496 0	5,852 9	3,643 7	41,108	1 62
1980	387	13,887	2,240 1	12,140 1	7,624 1	4,516 0	37,394	1 44
1981	391	14,287	2,900 6	15,042 8	8,880 2	6,162 6	41 799	1 58
1982	406	14,352	3,707 5	18,861 4	11,090 5	7,770 9	43,444	1 61
1983	403	13,630	4,499 0	22,572 1	12,932 4	9,639 7	41,633	1 51
Tasa de crecimiento anual	-0.04%	0 71%	31 6%	27 4%	24 4%	32.6%	1 6%	

Fuente DANE

1/ Millones de pesos corrientes

pan, las cifras indican que en 1976 ascendía a 1 6 kg/año y en 1983 a 1.5 kg/año con una tasa de disminución anual de 0 9%

### 5.3 Producción de pan de acuerdo con la harina de trigo utilizada

Teniendo en cuenta que las estadísticas oficiales no reflejan la realidad sobre la industria de panificación, y específicamente sobre la producción de pan de trigo, por cuanto la encuesta anual manufacturera solamente registra estadísticas de establecimientos con diez trabajadores y más, dejando por fuera muchos establecimientos de tipo pequeño, se intenta en este aparte calcular la producción y el consumo de pan por la vía de la harina de trigo utilizada para este fin. La metodología utilizada para este cálculo fue la siguiente

- a) Se tomaron las importaciones de trigo de acuerdo con las cifras del DANE y se descontó el trigo que se utiliza para la producción de pastas alimenticias

De acuerdo con las cifras de producción de pastas alimenticias en el período analizado, dadas por la encuesta anual manufacturera del DANE, el trigo empleado para estos productos representa en promedio, el 20% del trigo importado. Descontada esta participación, se calculó el trigo importado utilizado realmente en panificación, y con un porcentaje de extracción del 78% se lo transformó en harina

- b) Se tomó luego la producción nacional de trigo y con un porcentaje de extracción del 75% se calculó la harina generada por esta producción
- c) La suma de los ítems anteriores constituyó lo que llamamos "total de harina disponible"
- d) Del total de harina disponible se descontó la harina aplicada en otros usos para establecer la harina utilizada específicamente en la producción de pan

Para este cálculo se utilizaron parcialmente las cifras de producción y consumo de materias primas dadas por el DANE para productos tales como galletas y bizcochos. Del análisis se desprende que en promedio, el 85% de la harina disponible se utiliza para la producción de pan, quedando el 15% restante para la producción de galletas, bizcochos y otros productos. Es importante anotar el gran impulso que en la pasada década tomó el sub-sector de pastas alimenticias

- e) Calculada la harina utilizada exclusivamente en la fabricación de pan, se calculó la producción de este producto sobre la base de una relación de harina a pan de 1 a 1 5 <sup>1/</sup>
- f) Se asumió que todo el pan producido se consumía y en esas condiciones se calculó el consumo per-capita de pan utilizando estima-

1/ Estimativo del IIT.

tivos de población dados por el Departamento Nacional de Planeación

Los cálculos anteriores aparecen detallados en el Cuadro 12 y Figura 2 para el período 1976-1983

De las cifras utilizadas para los cálculos anteriores las correspondientes a la importación de trigo presentan bruscas variaciones anuales en el período estudiado, como se puede apreciar en el Cuadro 11. Dichas variaciones pueden obedecer a reales importaciones anuales por esas magnitudes, ó a contabilización de registros de importación de productos no entrados realmente al país en los años computados. Como se tiene el indicio de que esta última situación es la probable, se modificó la serie anual utilizando el sistema de promedios móviles de dos años

De acuerdo con esta nueva forma de contabilizar las importaciones de trigo, se calcula la producción y consumo de pan correspondiente, detalle que aparece en el Cuadro 13 y Figura 2

Como se puede apreciar en la Figura 2, la mejor curva de ajuste en la tendencia de la producción o consumo de pan calculada con las cifras de importación de trigo dadas por el DANE, corresponde a una línea recta con un incremento anual de 39, 492 t. Por el contrario, al calcular la mejor curva de ajuste en la tendencia, calculada utilizando los promedios móviles de dos años en la importación de trigo, se obtiene una curva de tipo exponencial de la misma forma que la del crecimiento de población. Este hecho indica que el análisis de la producción y consumo de pan, utilizando promedios móviles en la importación de trigo es más real, por cuanto dichos consumos globales necesariamente deben crecer en la misma forma que crece la población

Según las cifras del Cuadro 13, la producción y consumo de pan han crecido a la tasa geométrica anual del 12.4% en el período promedio de 1976-1977 y 1982-1983, igual a la tasa de crecimiento de las importaciones de trigo, e igual también a la tasa de crecimiento de la producción nacional de trigo.

#### 5.4 Consumo per-capita de pan

En los Cuadros 12 y 13 en la Figura 3 se especifica el consumo per capita de pan de acuerdo con los dos sistemas de cálculo utilizados para estimar la producción de pan.

Las tendencias calculadas y que aparecen en la Figura 3 indican una tendencia lineal con incrementos de 1.2 kg por persona año y una tendencia de la forma potencial que indica una desaceleración en el incremento del consumo, con la alternativa de estabilización en el mediano plazo. Esta última tendencia parece ser la más razonable, por cuanto la cantidad de consumo de pan que insinúa, se acerca y parece que iguala a los requerimientos, de acuerdo con datos del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Esta entidad afirma que el consumo requerido de trigo

CUADRO 12. Producción de pan según las importaciones y producción nacional de trigo

Años	Importación	Trigo impor- tado para	Trigo impor- tado para	Producción	Harina de	Harina de	Total	Consumo de	Producción	Consumo	
	trigo	pastas	panificación	nacional	trigo	trigo	harina	de harina	de pan	Población	per capita
	T.M. <u>1/</u>	T.M. <u>2/</u>	T.M. <u>3/</u>	T.M. <u>4/</u>	T.M. <u>5/</u>	T.M. <u>6/</u>	T.M.	T.M. <u>7/</u>	<u>8/</u>	<u>9/</u>	<u>10/</u>
1976	397,423	79,485	317,938	45,300	247,992	33,975	281,967	239,672	355,008	23.9	14.8
1977	214,421	42,884	171,537	38,500	133,799	28,875	162,674	138,273	207,410	24.4	8.5
1978	474,927	94,985	379,942	37,700	296,355	28,275	324,630	275,936	413,904	24.9	16.6
1979	336,032	67,206	268,826	42,000	209,684	31,500	241,184	205,006	307,509	25.4	12.1
1980	639,823	127,965	511,858	45,700	399,249	34,275	433,524	368,495	552,743	25.9	21.3
1981	334,268	66,854	267,414	62,300	208,583	46,725	255,308	217,012	325,518	26.4	12.3
1982	534,026	106,805	427,221	70,700	333,232	53,025	386,257	328,319	492,479	26.9	18.3
1983	695,891	139,178	556,713	77,900	434,236	58,245	492,661	418,762	628,143	27.5	22.8

1/ Fuente DANE

2/ Se estima que el 20% del trigo importado se destina a semola para pastas alimenticias

3/ 80% del trigo importado

4/ Fuente OPSA

5/ Se estimó un 78% de extracción

6/ Se estimó un 75% de extracción.

7/ Se estimó que el consumo de harina en pan es el 85% de la harina disponible

8/ Se utilizó una relación de harina a pan de 1.5

9/ Millones de habitantes Estimativo de Planeación Nacional

10/ Kg por persona/año Se asumió que todo el pan producido se consume

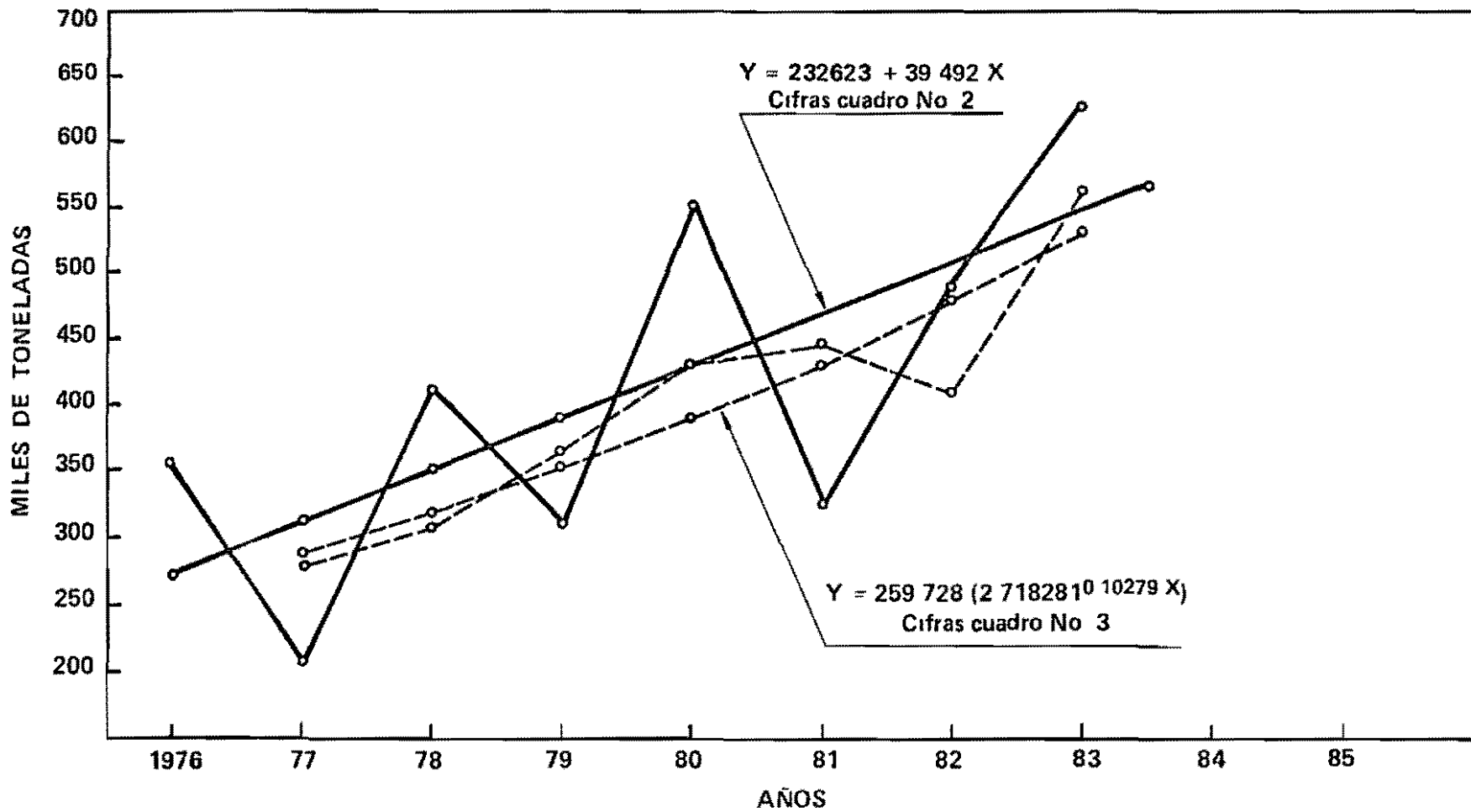


FIGURA 2 PRODUCCION DE PAN

Linea continua segun cifras estadisticas de importacion de trigo

Linea punteada con promedio móvil de dos años en las importaciones de trigo

8  
45



CUADRO 13. Producción de pan según las importaciones de trigo (promedio móvil de dos años) y la producción nacional de cereal

Años	Promedio		Harina de trigo importado T.M <u>3/</u>	Harina de trigo nacional T.M. <u>4/</u>	Total harina disponible T M.	Consumo de harina en pan T M <u>5/</u>	Producción de pan <u>6/</u>	Población colombiana millones HA <u>7/</u>	Consumo de pan per capita kg/año <u>8/</u>
	Trigo importado para panificación T M <u>1/</u>	Producción nacional de trigo T M. <u>2/</u>							
	1976-77	244,738							
1977-78	275,740	37,700	215,077	28,275	243,352	206,849	310,273	24 9	12 5
1978-79	324,384	42,000	253,019	31,500	284,519	241,841	362,762	25 4	14 3
1979-80	390,342	45,700	304,467	34,275	338,742	287,931	431,897	25 9	16 7
1980-81	389,636	62,300	303,916	46,725	350,641	298,045	447,068	26 4	16 9
1981-82	347,318	70,700	270,908	53,025	323,933	275,343	413,015	26 9	15 4
1982-83	491,967	77,900	383,734	58,245	442,159	375,835	563,753	27 5	20 5

59  
46

- 1/ Cálculo IIT sobre fuente DANE
- 2/ Fuente OPISA
- 3/ Se estimó un 78% de extracción
- 4/ Se estimó un 75% de extracción
- 5/ Se estimó que el consumo de harina en pan es el 85% de la harina disponible
- 6/ Se utilizó una relación de harina a pan de 1 5
- 7/ Estimativo de Planeación Nacional
- 8/ Se asumió que todo el pan producido se consume

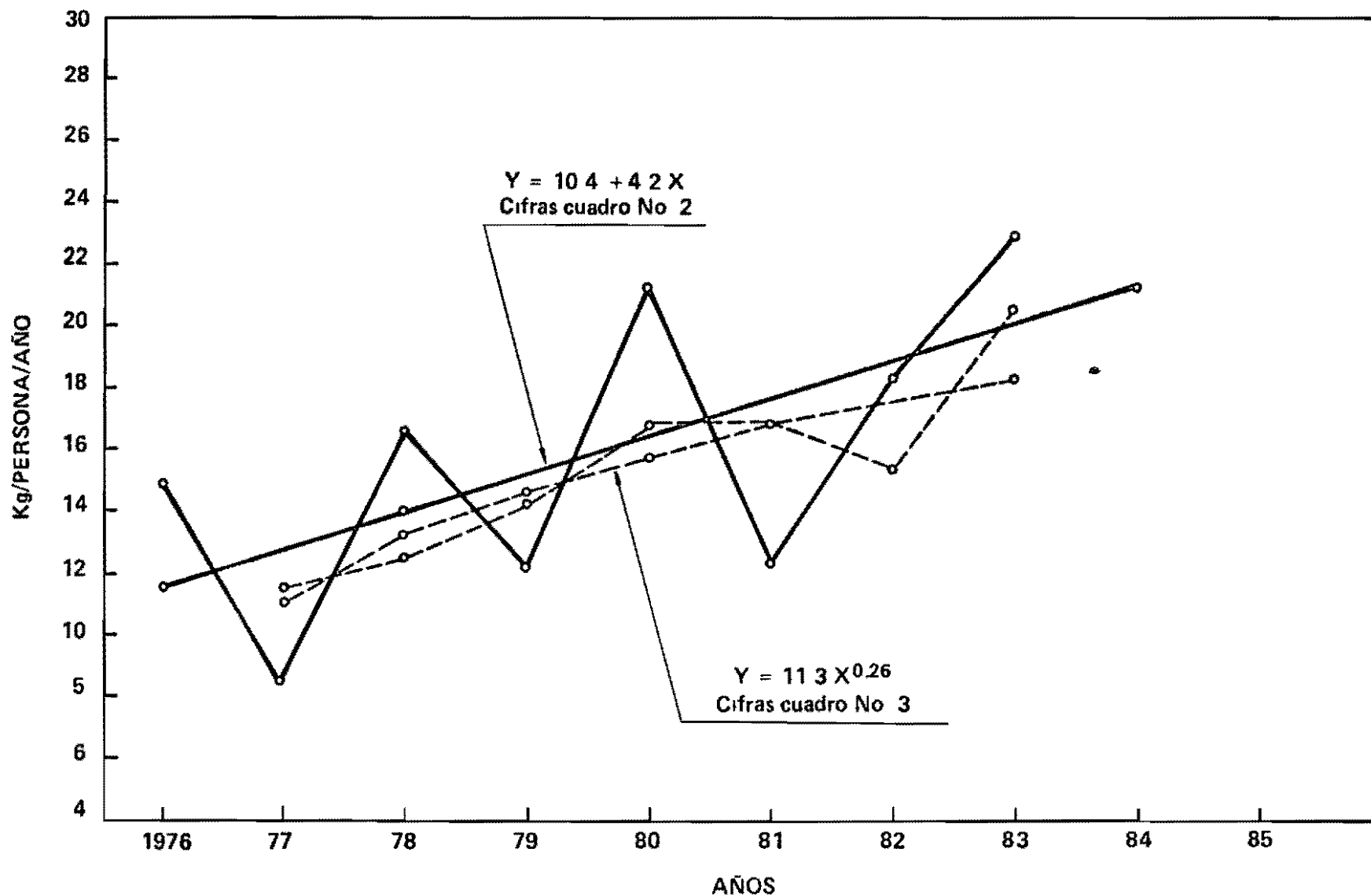


FIGURA 3 CONSUMO PER-CAPITA DE PAN

Línea continua según cifras estadísticas de importación de trigo

Línea punteada con promedio móvil de dos años en la importación de trigo

debe ser de 16 kg/persona/año, que convertido a pan representa aproximadamente 20 kg/persona/año.

### 5.5 Participación del consumo familiar de pan y relación con el consumo de otros alimentos

Las cifras que se analizan en este aparte corresponden a los resultados de la Encuesta Nacional de Hogares, realizada por el DANE en 1970, 1978 y 1981

#### a. Consumo total de alimento

Según las estadísticas consultadas, en 1981 las familias dedicaban el siguiente porcentaje de su ingreso para el consumo de alimentos

a)	Promedio nacional	48 7%
b)	Costa Atlántica	55 2%
c)	Región Pacífica	47 9%
d)	Bogotá	36 9%

En forma similar, la estructura porcentual del consumo de alimentos con relación al consumo total de las familias tuvo el siguiente comportamiento en 1970 y 1978 en unidades monetarias

	1970	1978
Bogotá	38 72%	44 287
Barranquilla	53 32%	50 017
Cali	51 05%	47 697
Medellín	48 42%	46 46%

Como se puede apreciar por las cifras anteriores, las familias bogotanas son las que menos gastan de su ingreso para el consumo de alimentos, por debajo del promedio nacional en 24 2%, y las que dentro de la estructura total de consumos, el correspondiente a alimentos es también el más bajo con relación a otras ciudades. En esta última relación se aprecia, cómo en la totalidad de las ciudades analizadas, se modificó la estructura familiar del consumo de alimentos entre 1970 y 1978, con la diferencia que en Bogotá se incrementó y en las demás ciudades disminuyó

#### b. Estructuras del consumo de algunos alimentos

Las mismas fuentes consultadas indican la siguiente participación porcentual del gasto de algunos alimentos a nivel nacional

a)	Carnes, huevos y pescado	21 5%
b)	Lácteos	10 0%
c)	Yuca	2 0%
d)	Pan	3 2%
e)	Plátano	4 9%
f)	Maíz	2 6%
g)	Arroz	6 1%

A nivel de ciudades, la participación en el consumo presenta la siguiente estructura porcentual

	<u>Bogotá</u>	<u>Barranquilla</u>	<u>Cali</u>	<u>Medellín</u>
a) Carnes	8 89	14 17	11 91	12 93
b) Lácteos	7 04	6 75	6 07	7.32
c) Yuca	0 45	0 77	0 73	0 49
d) Papa	3 28	0 93	1 72	1 64
e) Pan	2 70	2 26	2 74	0 85
f) Maíz	0 56	0 42	0 40	2 36
g) Arroz	2.59	4 43	3 38	2 86

Por las cifras anteriores se aprecia que en todas las ciudades analizadas, con excepción de Medellín, el pan representa algo más del 2 5%, en cambio en esta ciudad no llega al 1 0%. Por su parte el consumo de maíz en esta ciudad está cercano al 2 5% y en el resto de ciudades no alcanza al 0 5%. Es importante igualmente destacar cómo, la suma de los consumos de pan y maíz es similar en todas las ciudades analizadas, existiendo un equilibrio en estos consumos.

A nivel nacional el pan ocupa una posición baja en el consumo de alimentos, siendo Pasto la ciudad donde más se consume pan en términos relativos con el 4 22% del consumo.

#### c) Aporte de calorías y proteínas de algunos alimentos

Según la misma Encuesta Nacional de Hogares, la participación porcentual en el aporte al total de calorías de algunos alimentos es la siguiente a nivel nacional:

a) Azúcares	18 8%
b) Arroz	14 5%
c) Aceites y mantecas	9 4%
d) Plátano	7 4%
e) Papa	6 5%
f) Maíz	6 3%
g) Leche	6 0%
h) Carne, huevos, pescado	5 9%
i) Pan	4 0%
j) Yuca	4 1%

En forma similar la participación porcentual en el aporte de proteínas es la siguiente:

a) Carnes, huevos, pescado	27 9%
b) Leche y derivados	13 9%
c) Arroz	12 7%
d) Maíz	6 0%
e) Papa	6 0%
f) Fríjol	5 6%
g) Pan	4 4%

## 5 6 Características especiales de la industria de panificación

### a) Metodología

El análisis específico de la industria de panificación se realizó a través de una encuesta directa a una muestra de 60 establecimientos.

tomados al azar, de los cuales solamente permitió tabulación 31 encuestas distribuidas geográficamente, así

Bogotá	19 encuestas	61 3%
Bucaramanga	4 encuestas	12 9%
Calí	4 encuestas	12 9%
Medellín	3 encuestas	9 7%
Barranquilla	1 encuesta	3 2%

b. Resultados globales de la encuesta

La encuesta realizada arrojó los siguientes resultados globales

<u>Informaciones</u>	<u>Respuestas</u>	
	<u>Positivas</u>	<u>Negativas</u>
1. Sobre productos que elaboran	83 9%	16 1%
2. Sobre tipos de pan	90 3%	9 7%
3. Sobre materias primas consumidas	96 8%	3 2%
4. Sobre ventas	74 2%	25 8%
5. Sobre costos de producción	35 5%	64 5%
6. Sobre procesos	71 0%	29 0%
7. Sobre equipos	87 1%	12 9%

Simultáneamente la encuesta reveló que el 83 9% de los establecimientos visitados no conocen la harina de yuca y el 16 1% restante sí. En forma similar el 96.8% de las panaderías no usan la harina de yuca y el 3 2% restante la usan parcialmente.

Finalmente, el 67 7% de las panaderías visitadas estarían dispuestas a prestarse para ensayos de panificación con harinas de yuca y el 32.3% restante no se mostraron interesadas.

En cuanto a opiniones sobre la harina de yuca cerca del 20% de los establecimientos encuestados categóricamente afirmaron que no sirve para el proceso de panificación.

En cuanto a interpretación de los resultados de la encuesta, es importante advertir que si bien, en términos estadísticos la encuesta no es representativa, los resultados que ella arroja se pueden considerar válidos, por cuanto la encuesta cubrió panaderías de tipo pequeño, mediano y grande y el esquema operativo, productivo y comercial es similar y es el que opera en la casi totalidad de los establecimientos de esta naturaleza.

c. Características globales del sector

Número de establecimiento Es realmente difícil determinar el número de panaderías que existen en el país. No obstante sobre la base de la producción anual de pan (cerca de 600,000 t) y el promedio de la producción del pan dado en la encuesta (70 t/año por establecimiento) se estima que en el país pueden existir aproximadamente 9,000 panaderías. El DANE reporta alrededor de 400 panaderías. Según una firma productora de insumos para estos establecimientos, en el país existen alrededor de 15,000 panaderías.

Tamaño de los establecimientos En su gran mayoría los establecimientos dedicados a esta actividad son de tamaño pequeño, con cinco (5) trabajadores en promedio. Existen no obstante panaderías de tamaño mediano y grande pero constituyen la excepción

Estructura de organización Con excepción de las panaderías de tamaño mediano y grande que tienen formas definidas de producción y comercialización, las demás se constituyen como empresas personales, normalmente de tipo familiar, con rudimentarios principios contables. Muchas de ellas pertenecen al llamado sector informal de la economía

Estructura operativa Una característica especial de las panaderías es que normalmente operan asociadas a otra actividad, tal como la venta de otros productos alimenticios, la fabricación de otros productos de panadería (galletas, bizcochos, ponqués) y no pocas operan como cafeterías.

Distribución geográfica. La panadería es talvez la actividad económica de mayor cobertura geográfica en el país, por cuanto no hay municipio colombiano que no reporte varias panaderías en su estructura económica.

d. Resultados técnicos y económicos de la encuesta

Productos que se elaboran La totalidad de los establecimientos encuestados elaboran otros productos diferentes de pan, como ponqués, bizcochos y galletas. En promedio, la elaboración de pan representa entre el 80 y el 90% de la producción total de los establecimientos

Tipos de pan que producen La encuesta reveló que el pan denominado "Blandito" es el de mayor frecuencia de producción. La composición en la producción de pan fue la siguiente

Pan francés	18%
Pan blandito	56%
Pan aliñado	20%
Otros tipos de pan	6%

Materias primas consumidas La principal materia prima consumida es la harina de trigo, cuyo consumo fluctúa entre el 60 y 75% del costo de las materias primas utilizadas. La estructura promedio en el consumo de materias primas en término de costo es la siguiente

Harina de trigo	66.7%
Grasa	9.5%
Sal	1.6%
Levadura	3.8%
Huevos	7.6%
Otros	4.2%
Azúcar	6.6%

En general, las materias primas las adquieren las panaderías a los distribuidores, salvo el caso de la harina que según el volumen es comprada en fábrica. El distribuidor entrega las materias primas en la puerta de las panaderías.

Ventas promedio La encuesta reveló que salvo dos panaderías, Carulla una de ellas, las ventas promedio diarias se localizan en \$26,000, lo que arroja ventas mensuales de \$780,000. Esta cifra es interesante de analizar por cuanto según los teóricos del sector microempresarial la categoría de este tipo de empresas está definida, en uno de sus parámetros cuantitativos, con ventas de hasta 60 salarios mínimos al mes, lo que arroja en promedio \$810,000. Al comparar las cifras de ventas promedio mensuales de las panaderías encuestadas, con las establecidas para las microempresas, una vez más se comprueba que el sector de la panificación en general, pertenece a la categoría de microindustrias.

Estimativo de costas de producción A pesar de que fueron pocas las empresas que suministraron información sobre este aspecto, pues la gran mayoría conceptuó que era información de tipo "confidencial", se pudo establecer la siguiente estructura promedio de costos de producción:

Materias primas	60%
Mano de obra	10%
Servicios	7%
Empaques	2%
Administración	8%
Otros	13%

Es importante advertir que en la medida en que se incrementa el tamaño de las panaderías, el peso relativo de las materias primas disminuyen, incrementándose el de administración, depreciación y mantenimiento.

#### Aspectos técnicos del proceso de producción

##### i) Tipo de moje

En este aspecto la encuesta reveló la siguiente estructura:

<u>Método</u>	
Directo	70%
Esponja	30%
Dos formas	17%

##### ii) Tiempos utilizados

La encuesta reveló tiempos de proceso muy variables, con un promedio para el total del proceso de 2 horas y 45 minutos.

##### iii) Fórmulas básicas

Para la elaboración de los diferentes tipos de pan, los industriales entrevistados afirmaron utilizar en promedio la siguiente fórmula expresada en porcentaje:

<u>Productos</u>	<u>Tipos de pan</u>		
	<u>Francés</u>	<u>Blandito</u>	<u>Aliñado</u>
Harina	100	100	100
Agua	35	44	34
Huevos	-	6	9
Mantequilla	-	6	8
Azúcar	3	8	10
Sal	3	2	2
Levadura	5	3	3
Margarina	2	12	12
TOTAL	<u>148</u>	<u>181</u>	<u>178</u>

iv) Otros factores de orden técnico

La casi totalidad de panaderías visitadas cuentan con equipos apropiados, aunque se encontró que las más pequeñas hacen la operación manual en el amasado, moldeado y cortado. Todas cuentan con hornos y algunas poseen cuartos de fermentación.

En general, trabajan un turno de 8 horas al día y las más grandes en dos y tres turnos.



## ANEXO B Diseño y desarrollo de planta de procesamiento

### 1. Introducción

En Colombia la yuca en su mayor parte es sembrada por pequeños y medianos agricultores. Es un cultivo altamente perecedero y debido a su voluminosidad, los costos de transporte a los centros de consumo son altos. Tomando en cuenta estos factores, el desarrollo de los equipos y planta de procesamiento se está basando en un diseño modular por tandas o un proceso semi-continuo. Cada módulo tendría una capacidad de producir aproximadamente una tonelada de producto por día. En esta escala de operación, la tecnología de procesamiento debería ser adecuada para que su manejo esté en manos de cooperativas de agricultores o pequeños agro-empresarios, con las plantas de procesamiento estando ubicadas cerca a las áreas de producción de la yuca.

Se presentan en el diagrama de flujo, Figura 1, las principales operaciones que conforman la transformación de las raíces de yuca a harina. Durante el primer año del proyecto se ha concentrado el trabajo de diseño de planta en las siguientes áreas: 1 el diseño y prueba de una máquina lavadora/peladora, 2 la evaluación de tres modelos de máquina picadora, 3 el desarrollo de sistemas naturales y artificiales de secado y 4 la selección y prueba de equipos de molienda. A continuación se describen los avances en cada una de estas áreas.

### 2. Desarrollo de una máquina lavadora/peladora

#### 2.1 Metodología

A partir de un análisis de los antecedentes que incluyeron los prototipos existentes en CIAT y en las plantas de extracción de almidón de yuca del Departamento del Cauca, así como las visitadas en Costa Rica y Guatemala, se procedió a definir una alternativa entre las que inicialmente habían sido planteadas. De esa manera se adoptaron las siguientes características:

- a) Proceso continuo
- b) Concéntrica, tipo tubular con cuerpo rotatorio
- c) Superficie exterior de malla expandida
- d) Uso de paletas deflectoras
- e) Accionamiento del lado de descarga

Cabe anotar que el revestimiento de malla puede ser substituido por otro fácilmente en caso de requerirse el uso como lavadora únicamente.

Para evaluar el modelo planteado se modificó el prototipo excéntrico existente en el CIAT,<sup>1/</sup> buscando la caracterización de las siguientes variables:

<sup>1/</sup> Odigboh, E U 1978 Mechanical devices for peeling cassava roots. In Plucknett, D E ed, Workshop on small scale processing and storage of tropical root crops. Honolulu, Hawaii, 1978 Westview Press Boulder, Colorado pp 309-325

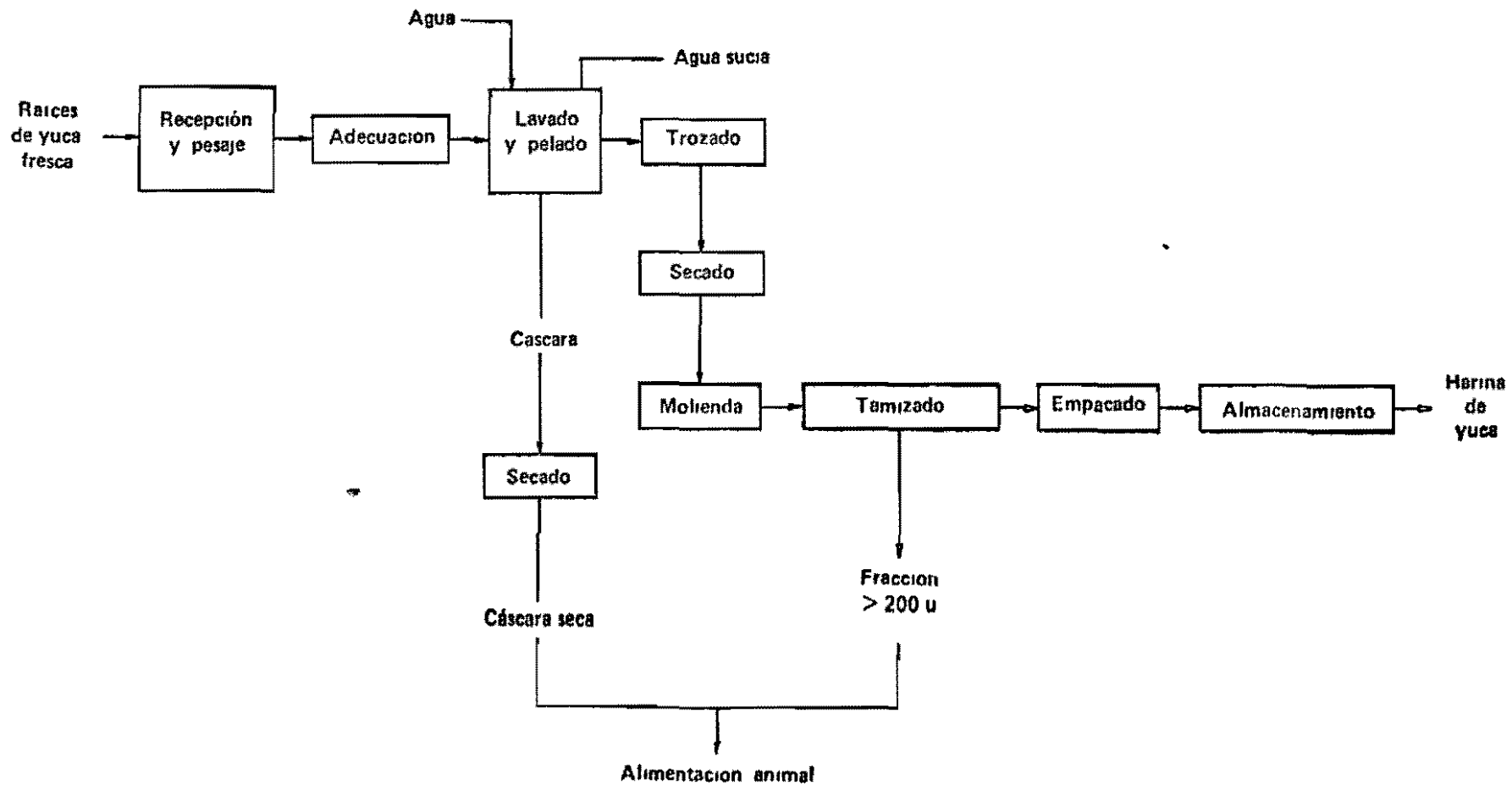


FIGURA 1. Diagrama de flujo de una planta procesadora de harina de yuca

- a) Velocidad lineal de la malla. Con el tambor existente se emplearon 36 y 60 rpm.
- b) Longitud del cilindro Se fijó de acuerdo al modelo existente.
- c) Inclinación del cilindro, necesaria para posibilitar el flujo. Se evaluaron 0, 1 5° y 2 5°
- d) Número de planos de paletas
- e) Disposición de las paletas Con la variable anterior se obtuvieron 32 combinaciones más la configuración de tornillo sin fin
- f) Tipo de malla, se evaluaron 2 calibres y aperturas
- g) Variedades, se evaluaron las HMC-1, M VEN-218, M VEN 25, CM 976-15

Se midió el tiempo de permanencia de 1, 2, 3, 13 raíces  
El porcentaje de pelado se midió por apreciación visual

## 2 2 Resultados

Los mejores resultados en términos de % de pelado (aproximadamente 75% de cascarilla) se alcanzaron con

- n 36 rpm
- Inclinación 1 5°
- Espaciamento de paletas 200 mm entre c/fila
- Disposición 3 paletas a 90° del eje de rotación cubriendo 3/4 partes del área transversal
- Malla calibre 12 # 60
- Variedad no significativa
- Edad no se evaluó (pendiente)
- Consumo de agua (pendiente de evaluar)
- Longitud máxima del producto 200 250 mm
- Diámetro mínimo de raíces 3"

## 2 3 Fases siguientes Evaluación completa de la máquina

## 3 Evaluación de tres máquinas picadoras de yuca

Para el picado de yuca se encuentran disponibles unos pocos modelos de máquinas picadoras con capacidad suficiente para plantas pequeñas de procesamiento de yuca y económicamente asequibles al pequeño agroempresario Hay tres modelos de máquinas que se evaluaron y posteriormente se rediseñaron parcialmente Los modelos estudiados son llamados Brasil, Tailandia y Malasia de acuerdo a su país de procedencia y se encuentra en las instalaciones del CIAT

### 3 1 Los modelos de picadora

Modelo Brasil La máquina picadora de yuca Modelo Brasil funciona con un rotor de 3 paletas abierto donde las raíces por fuerza centrífuga se proyectan hacia el exterior donde una cuchilla estacionaria realiza el primer corte. Cortes octogonales al inicial son realizados por un conjunto de cuchillas circulares rotatorias igualmente espaciadas

Este modelo ha dado resultados satisfactorios desde sus primeras pruebas en cuanto a exigencias de tamaño de trozos y en cuanto a capacidad de producción En busca de un mejor funcionamiento se recomendaron y realizaron las siguientes operaciones

- Adicionar la tolva de alimentación para mejorar la capacidad de producción
- Adicionar un canal de descarga de los trozos, que permite que éstos sean recogidos en bandejas o carretas con lo cual se reduce el trabajo de recolección.
- Utilizar correas hexagonales para el accionamiento de las cuchillas circulares
- Utilizar motor eléctrico de 4HP o motor de gasolina de 5HP
- Adicionar un guarda correas para mayor protección del operario durante la operación

Modelo Tailandia En este modelo un rotor con elementos cortantes integrales (o formando parte de cuchillas intercambiables) corta la yuca que es alimentada en la tolva de la máquina

Debido a que esta máquina ha sido trabajada por algunos grupos comunitarios en el norte de Colombia se ha tenido en cuenta su experiencia y se construyó un nuevo modelo con las siguientes características

- Estructura más fuerte, utilizando ángulos de 2" x 2" x 1/4"
- Poleas de fundición de hierro gris y no de aluminio
- Motor de gasolina de 8 ó 10 HP a 3600 rpm y no de 5HP debido a las condiciones a plena carga que se presentan
- En caso de usar motor de gasolina, se debe hacerle una base separada del marco de la máquina para evitar efecto de vibraciones
- Polea de 3"2 canales tipo B hierro fundido
- Polea de 20" 2 canales tipo B hierro fundido
- Correa en V B84
- Eje de 1 1/4" en acero C 1045 bonificado
- Tolva de descarga que permite el uso de carretas o bandejas para la recolección
- La estructura del disco es reutilizada, se cambia solamente la lámina del disco o se pueden utilizar cuchillas intercambiables las cuales van atornilladas sobre el disco de lámina que a su vez está soldado a la estructura del volante

Modelo Malasia. El aspecto que específicamente se desarrolló en este modelo fue el de la tecnología para la construcción de las cuchillas intercambiables utilizadas en esta máquina ya que los otros elementos tanto de la parte estructural como de la transmisión de potencia son básicamente los mismos que los utilizados en la máquina modelo Tailandia. Se encontró un proceso para la fabricación de las cuchillas con la ayuda de la prensa troqueladora pero se debe cambiar el punzón usado que es de forma trapezoidal por uno en forma de U para obtener una réplica de la cuchilla importada de Malasia con lo que se han obtenido los mejores resultados en cuanto a geometría del trozo y rendimiento de la máquina.

### 3 3 Selección del modelo apropiado

#### a. Capacidad

Respecto a capacidad, los tres modelos son semejantes, cualquier máquina sirve para el caso de una planta piloto de 3 toneladas diarias de raíces.

Modelo	Capacidad
Brasil	3 9
Tailandia	4 8
Malasia	5 0

b. Geometría del corte

Respecto a la geometría del corte, considerando el trozo de sección transversal de 1 cm por 0.5 cm y longitud variada como el ideal se obtuvo lo siguiente

Modelo	Trozo ideal (%)	Otros trozos (%)	Ripio (%)
Brasil	45 0	33 3	20 7
Tailandia	42 0	34 0	23 8
Malasia	34 9	29 0	36 1

c. Facilidad de secado

Respecto al tiempo necesario para el secado, este es menor para los trozos obtenidos de las picadoras Brasil y Malasia en tres tipos de secado: bandejas, patio y secado artificial (ver siguiente sección)

d. Consumo de potencia

La Tabla siguiente resume el consumo de potencia

Modelo	HP
Brasil	3 26
Tailandia	3 12
Malasia	2 82

e. Duración de las cuchillas

La cuchilla de la picadora Brasil soporta el doble de tiempo sin reafilarse que la de los otros dos modelos

f. Construcción de la máquina y mantenimiento

La máquina del Brasil requiere 480 horas-hombre. Requiere personal calificado y taller con máquinas-herramientas. Los otros modelos requieren 240 horas y son de tecnología más sencilla que la anterior. Requieren también un menor mantenimiento que la picadora Brasil.

g. Costos

El modelo Brasil se cotizó en \$200,000 mientras que cualquiera de los otros dos modelos se cotizaron en \$100,000

#### h. Selección final

En caso de lograr la fabricación de las cuchillas como las importadas para la máquina Malasia, ésta sería la ideal por capacidad, durabilidad y geometría del trozo obtenido. La Tailandia es aceptable y además es la solución si no se puede producir económicamente las cuchillas de la máquina Malasia. La tipo Brasil es muy costosa y no se debe considerar como opción para la planta final (Fase II)

#### 4 Desarrollo de sistemas de secado

Si se tiene en cuenta que el proceso de secado lo deben llevar a cabo pequeños y medianos agroempresarios y personas con escasa preparación técnica, la recomendación de aplicar un sistema debe estar sujeta a las siguientes condiciones

- 1) Reducida capacidad de procesamiento 2 a 4 ton de producto fresco por día
- 2) Bajo capital de inversión y reducidos costos de operación
- 3) Simplicidad y versatilidad
- 4) Condiciones de operación que garanticen un producto seco de buena calidad

Para llegar a la respuesta que satisfaga las condiciones anteriores, es necesario trabajar sobre cuatro aspectos de importancia que resultan de la relación entre el producto y el sistema de secado

- 1) Preparación del producto, objeto de la deshidratación.
- 2) Consideración de todas las fuentes energéticas disponibles y caracterización de sus unidades de transferencia de energía
- 3) Método de secado o manera de emplear cada uno de los elementos del sistema y,
- 4) Manejo y operación de todas las variables y parámetros que gobiernan el proceso

Las raíces frescas de yuca deben ser trozadas para que el secado se realice rápidamente. En la actualidad se cuenta con tres máquinas picadoras o trozadoras que permiten producir tres diferentes tipos de trozos: barras rectangulares, tajadas irregulares y tiras finas. Cada uno de estos trozos responde al secado en forma diferente en términos de tiempo de secado.

Con relación a la fuente energética disponible, la misma radiación solar y entalpía del aire ambiental pueden emplearse en sistemas naturales y en algunos artificiales que forzan aire a través del producto húmedo. Bajo condiciones climáticas adversas, es necesario calentar el aire, utilizando combustibles como ACPM, gas propano, butano, carbón mineral, coke, que lógicamente incrementan los costos de procesamiento.

En el Cuadro 1 se muestran varios sistemas y métodos de secado que son adecuados para la deshidratación de trozos frescos de yuca. El secado natural, donde se aprovecha la radiación solar y la entalpía del aire ambiente, es el sistema tradicional más sencillo y asimilable fácilmente por personas de bajo nivel técnico. El proceso natural en bandejas horizontales o inclinadas permite un secado más rápido y más

CUADRO 1 Sistemas y métodos de secado adecuados para trozos frescos de yuca

Sistema	Método	Operación y Manejo	Observaciones
Natural	Pisos de cemento	Volteo o mezclado periódico sobre la superficie	No es recomendable en producción de yuca seca para consumo humano
	Bandejas inclinadas	Volteo escaso, necesario solo para cargas altas	Garantiza un producto de buena calidad a menos que las condiciones ambientales sean adversas o la región presente una contaminación ambiental significativa
Artificial por tandas	Capa fija	Flujo en un solo sentido con mezclado manual	Estas modalidades se pueden llevar a cabo con caudales y temperaturas controlados. Los procesos se hacen más eficientes cuando se introducen cambios en períodos críticos del proceso
		Flujo reversible que evita el volteo manual. Períodos de reposo	
	Bandejas con flujo transversal	El flujo de aire caliente atraviesa las bandejas de abajo hacia arriba dentro de la cámara de secado	Las bandejas que contienen los trozos que han alcanzado el contenido de humedad deseado se pueden eliminar del secador.
Artificial continuo	Bandejas con flujo transversal	(Ver alternativa del artificial por tandas)	En este método, el producto fresco se suministra periódicamente y los trozos secos deben eliminarse del sistema cuando han alcanzado el contenido de humedad deseado
	Bandejas flujo paralelo	El flujo de aire caliente pasa por encima y debajo de las bandejas apiladas en pequeños carros o plataformas que recorren un túnel de un extremo a otro	Las pilas de bandejas entran y salen a medida que nuevo material es producido en la picadora y los trozos secos han alcanzado un nivel de humedad adecuado.

higiénico que el secado que se lleva a cabo en pisos de concreto. Obviamente el método de bandejas no es aconsejable para zonas con alta contaminación ambiental.

En el secado artificial, se controlan las condiciones de temperatura y humedad del aire forzado a través del producto lo que hace aconsejable su utilización en las épocas de condiciones ambientales adversas. En el caso que se pueda disponer rápidamente de toda la cantidad de trozos frescos de yuca (peladora y picadoras de alta capacidad) el sistema artificial por tandas o baches se puede considerar en dos modalidades: capa fija y bandejas. En la primera, los trozos se colocan sobre una lámina perforada soportada por una estructura que conforma la cámara de secado. El aire de secado atraviesa la malla perforada y la capa de trozos lográndose de esta forma la realización del proceso. En la de bandejas, el producto se deposita sobre bandejas con fondo perforado, en pequeñas densidades de carga y el aire de secado las atraviesa en unos casos o las recorre paralelamente a lo largo de la cámara en otros. El secado en capa fija exige volteo frecuente del producto. Esto se evita en el secado con bandejas. En general, la eficiencia global del secado artificial por tandas es baja. Incrementos en la eficiencia pueden lograrse con cambios en los flujos de aire y temperatura de éstos de acuerdo con la etapa que atraviere el proceso. Aún pueden introducirse períodos de reposo, pero todas estas modificaciones en el manejo del secado deben tenerse en cuenta cuando se conozca perfectamente el comportamiento de algunas variables que gobiernan el proceso sencillo. El secado mixto o combinado, donde el producto se somete primero a secado natural y luego a un proceso artificial mejora notablemente la eficiencia, disminuye costos de operación y aumenta la capacidad de los equipos.

Si la capacidad del pelado-picado es baja, no es conveniente esperar a que todo el producto sea trozado para iniciar la deshidratación porque se perdería la calidad por deterioración. En este caso, el sistema de secado debe ser tal que permita iniciar el proceso casi simultáneamente con la etapa de pelado-picado. En este caso, el secado sería cuasi-continuo, y el producto debe suministrarse periódicamente (cada 1 ó 2 horas) en pequeñas cantidades. Dentro de este sistema de secado artificial cuasi-continuo podemos estimar 2 modalidades: bandejas con flujo transversal y bandejas con flujo paralelo. La disposición de la primera es la misma que se planteó en el secado artificial por tandas, pero en esta modalidad, las bandejas entran y salen de la cámara de acuerdo con el flujo de trozos húmedos y secos. En la modalidad de flujo paralelo las bandejas apiladas en carros o plataformas con rodachines entran en contacto con el aire por arriba y por debajo, mientras recorren el túnel de un extremo a otro. En términos generales el secado con bandejas es de fácil manejo, moderado costo de inversión y permite realizar el proceso con temperaturas moderadas (50-60°C) acomodándose fácilmente a una alimentación periódica. Es un sistema de baja capacidad comparado con los de banda y rotatorio, sistemas que consiguen altos rendimientos a costa de altas temperaturas que exigen un perfecto control sobre el proceso.

El planteamiento inicial general y todas las consideraciones hechas sobre el mismo sirvieron de base al plan de ensayos que se ha ejecutado.



hasta el momento con el objeto de caracterizar y seleccionar las mejores alternativas de secado que pueden ser recomendadas cuando se quiera deshidratar trozos de yuca

Con esto en mente se presenta a continuación el resumen de los resultados obtenidos en todas las pruebas y evaluaciones llevadas a cabo y las conclusiones que permiten reajustar el futuro programa de investigación.

#### 4.1 Caracterización de la forma y tamaños de los trozos de yuca frescos producidos por las máquinas picadoras tipo Brasil, Malasia y Tailandia

De acuerdo con los dispositivos de corte, cada máquina trozadora genera un "trozo típico" En el Cuadro 2 se aprecia la forma y el tamaño de los trozos producidos por cada picadora

CUADRO 2 Forma y tamaño de trozos típicos producidos por algunas máquinas picadoras

Máquina	Forma trozo típico	Dimensiones <sup>1/</sup> de la sección transversal
Tipo Brasil	Barra rectangular	10 mm x 5 mm
Tipo Tailandia	Tajadas gruesas	10 mm x 7 mm
Tipo Malasia	Tiras finas	8 mm x 3 mm

<sup>1/</sup> Las longitudes de los trozos varían entre 1.5 a 4 cm

Muestreos repetidos llevadas a cabo en varias pruebas de secado permitieron clasificar y cuantificar el tipo de material que generaba cada máquina después de una labor de trozado. El Cuadro 3 muestra los resultados promedios obtenidos. Cada máquina produce simultáneamente 3 tipos de partículas: el trozo típico, trozos partidos con forma típica pero con espesor menor y ripio o partículas finas producidas por el impacto del corte. La porción de trozos típicos no alcanza un 50% en ninguna de las tres trozadoras. La mayor porción se alcanza con las máquinas tipo Brasil y Tailandia. La porción de trozos delgados y ripio representan un 60% aproximadamente y este hecho explica algunos de los resultados obtenidos en los ensayos de secado porque el tamaño de estas partículas afecta notablemente el proceso de deshidratación en unos casos y dificulta el manejo del material en otros.

#### 4.2 Estudio de algunos sistemas de secado y comportamiento de los tres tipos de trozo disponibles.

Con el fin de comparar la respuesta de los tres tipos de trozos en términos de tiempo de secado cuando se someten a las mismas condiciones, se decidió realizar el estudio con dos sistemas de secado. El natural con las modalidades de piso de concreto y bandejas inclinadas y el sistema artificial de capa fija cuando se fuerza aire caliente a 60°C. El

CUADRO 3. Caracterización de la forma y tamaño de los trozos producidos por tres picadoras de yuca

Tipo	Trozo típico (%)	Trozo partido y/o delgado	Ripio (%)
Brasil	45	35	20
Tailandia	42	34	24
Malasia	35	29	36

estudio permitió profundizar sobre el manejo de estos sistemas, conocer el comportamiento de varias densidades de carga, estimar requerimientos de mano de obra y cuantificar el consumo de combustible

Los Cuadros 4 y 5 presentan los resultados logrados en las pruebas con los sistemas natural y artificial

El análisis estadístico permitió concluir que los tres trozos de yuca (barras rectangulares, tajadas y tiras finas) se comportan de igual manera cuando se les somete a secado sobre pisos de concreto, en cambio, en el sistema bandejas inclinadas, no hubo diferencia entre los trozos Brasil y Malasia (barras y tiras delgadas, respectivamente) pero los tiempos de secado de los trozos Tailandia (tajadas gruesas) fueron significativamente mucho más largos. Con el sistema artificial de capa fija que forzó aire a 60°C (Cuadro 5), se presentó la misma situación del secado sobre pisos de concreto. A pesar que la diferencia en términos de tiempos de secado no fue significativa, el trozo Tailandia presentó tiempos un poco más largos.

La aplicación de un caudal de  $19 \text{ m}^3/\text{min m}^2$  y la variación de la densidad de la carga en el secador (50, 100, 150 y  $200 \text{ kg/m}^2$ ) permitió aplicar flujos de aire de 380, 190, 127 y  $95 \text{ m}^3$  por minuto por cada tonelada de producto fresco. Este mecanismo permitió detectar los problemas de asentamiento y compactación especialmente con el trozo Malasia en cargas mayores a 25 cm de espesor ( $150 \text{ kg/m}^2$  en adelante). El material fino favorece esta compactación, taponando los espacios libres entre los trozos y dificultan el paso del aire, retrasando de esta manera el proceso de secado. Esta situación explica el mayor tiempo de secado obtenido con el trozo Malasia cuando se aplicó un caudal de  $95 \text{ m}^3/\text{min}$  a una carga de  $200 \text{ kg/m}^2$  (30 cm de espesor).

El sistema de secado natural en bandejas inclinadas es una alternativa económica para obtener yuca seca para alimentación humana. La selección de la densidad de carga adecuada se hace en base a la mayor rata de producción de yuca seca y la calidad final de los trozos secos. Con la idea de comparar las características finales de color y olor de los trozos Brasil y Malasia se llevó a cabo un ensayo que constó de 5 repeticiones en el tiempo. Los trozos se sometieron a secado en bandejas inclinadas en densidades de carga de 8 a  $22 \text{ kg/m}^2$ . El Cuadro 6 muestra los resultados obtenidos.

De acuerdo con el análisis estadístico, si hubo diferencias significativas entre los trozos. El tipo Malasia secó más rápido en las

CUADRO 4. Tiempo neto <sup>1/</sup> de secado (horas) de trozos de yuca sometidos a secado natural en bandejas inclinadas y sobre pisos de concreto

Sistema bandejas inclinadas

Densidad (kg/m <sup>2</sup> )	Ensayo I		Ensayo II	
	Trozo Brasil	Trozo Tailandia	Trozo Brasil	Trozo Malasia
10	13.5	16 0	13 5	12 5
12	14.5	17 5	14 5	14 5
14	15.0	19 0	15 5	15 5
16	17.0	21 0	17 0	17 0
18	18.5	22 5	19 0	18 0
20	20.0	22 5	20 0	20 0

Sistema pisos de concreto

10	17.5	18 0	17 5	16 5
12	19.5	20 5	19 0	18 0
14	22.0	22 0	20 0	20 5

Condiciones generales del ensayo

Contenido de humedad inicial trozos	60% b h
Contenido de humedad final trozos	12 3% b h
Temperatura ambiente	24-27°C
Humedad relativa.	55-65%
Velocidad viento:	0 9 - 1 2 m/seg
Número de repeticiones	6

<sup>1/</sup> El tiempo neto solo incluye el tiempo de exposición de los trozos a la radiación solar.

CUADRO 5. Tiempos netos de secado (horas) de trozos de yuca sometidos a secado artificial de capa fija a 60°C

Caudal aplicado $\text{m}^3/\text{min.t} \frac{1/}{}$	Tipo de trozo		
	Brasil	Malasia	Tailandia
380	2 9	2 9	3 4
190	4 1	4 0	5 0
127	5 2	6 0	6 6
95	8 4	9 6	9 1
Contenido humedad inicial trozos		58% b h	
Contenido humedad final trozos		12% b h	
Caudal por $\text{m}^2$ de secador		19 $\text{m}^3/\text{min}$	

$\frac{1/}{}$  Caudal aplicado por tonelada de producto fresco

cargas comprendidas entre 8-16  $\text{kg}/\text{m}^2$  Este resultado difiere del resultado obtenido en yuca con cáscara. Una de las razones que puede explicar las diferencias es la presencia de cáscara, aunque por otro lado, las condiciones climáticas no fueron tan buenas. Por lo tanto, es necesario la realización de varias pruebas adicionales con el objeto de establecer muy bien el efecto de la cáscara, independiente de otros variables tales como las condiciones ambientales, variedad de yuca, etc.

En términos de olor y colores extraños, no hubo diferencias fácilmente detectables entre las densidades de 8, 10, 12, 14 y 16  $\text{kg}/\text{m}^2$ . Un color pardo-amarillento y un olor desagradable bien definidos presentaron las densidades de 20 y 22  $\text{kg}/\text{m}^2$ .

#### 4 3 Comparación de consumos y costos de algunos combustibles disponibles

A pesar de que es posible estimar con alguna precisión el consumo de un combustible asumiendo la eficiencia global del sistema y el poder calorífico del mismo combustible, es preferible llevar a cabo pruebas de secado que permitan encontrar las diferencias de consumo de los combustibles evaluados dadas ciertas condiciones de operación del sistema de secado seleccionado. Los resultados prácticos conjugan el efecto de factores tales como características propias de la unidad de transferencia de calor y anejo por parte del operario, calidad del combustible, control de las condiciones del aire de secado y características del propio producto objeto de la deshidratación.

CUADRO 6 Tiempos netos de secado obtenidos con trozos de yuca sin cáscara tipo Brasil y Malasia cuando se procesaron en bandejas inclinadas, y evaluación organoléptica

Densidad (kg/m <sup>2</sup> )	Tiempo de secado, h		Evaluación organoléptica	
	Trozo	Trozo	ambos trozos	
	Brasil	Malasia	Color	Olor
8	15 0	12 5	B	SO
10	15 5	13 0	B	SO
12	16 5	14 5	B	SO
14	18 0	16 0	B	SO
16	20 0	19 0	B	SO
18	20.5	20 5	PP	POF
20	21 0	21 0	PA	OF
22	21 0	22 0	PA	OF

B Color blanco, PP Color un poco pardo, PA Color pardo-amarillento, SO Sin olor desagradable, POF Poco olor a fermentación, OF Olor a fermentación.

El Cuadro 7 muestra los resultados obtenidos cuando los trozos de yuca frescos se secaron con un sistema de capa fija forzando aire a 50°C. Definitivamente el carbón mineral es la fuente energética más barata. El costo por carbón es la mitad del costo generado por gas propano y sólo un 30% del costo cuando se utiliza A C P M. En el proceso de producción de yuca seca para consumo humano es necesario evitar la contaminación con hollín que ocurre cuando la toma del aire del ventilador permite la entrada de algunos gases de combustión, debido a la cercanía del extremo de la chimenea.

#### 4.4 Valores de algunos parámetros de diseño

El Cuadro 8 sintetiza los resultados obtenidos en el estudio de algunos de los sistemas de secado recomendados para trozos frescos de yuca. Estos resultados son los valores de algunos parámetros que permiten diseñar el sistema de secado elegido en base a la capacidad de procesamiento definida de antemano. Los costos de inversión y operación necesarios para procesar 18 toneladas de yuca fresca por semana aparecen

CUADRO 7 Consumos de tres combustibles utilizados en un proceso de secado artificial de capa fija que forzó aire caliente a 50°C

Caudal aplicado (m <sup>3</sup> /min t)	Tiempo secado (hr)	Consumo y costo por tonelada yuca seca					
		carbón		A C P M		Propano	
		kg	\$	gl	\$	kg	\$
130	10	248	1116	52	4940	104	2496
190	8	384	1728	55	5225	123	2952

detallados en el Cuadro 9 para cada uno de los sistemas de secado evaluados hasta el momento.

La estimación de los costos que aparecen en este cuadro permiten considerar lo siguiente

- a) Los sistemas naturales son las alternativas menos costosas. El sistema de bandejas inclinadas requiere una inversión un poco más alta que la necesaria para piso de concreto y además la duración estimada de las bandejas es solo 4 años aproximadamente, mientras que un piso de concreto puede durar fácilmente 20 años.
- b) La combinación de un proceso natural con uno artificial en la parte final de un proceso de secado permite reducir los costos de inversión y operación en un buen porcentaje.
- c) El aprovechamiento de la energía solar por medio de un colector solar conectado a una cámara de secado es costoso. Para nuestro caso, la inversión en la infraestructura es una de las más altas y los costos de operación debidos al requerimiento de mano de obra y consumo de energía eléctrica son apreciables.
- d) El costo de secar trozos de yuca en condiciones climáticas adversas (época lluviosa) es alto. El secado en capa fija que utiliza aire calentado previamente por un quemador de carbón mineral requiere la mayor inversión inicial. Sus requerimientos de mano de obra y consumo de energía eléctrica son relativamente bajos, pero se necesita aproximadamente 450 kg de carbón para obtener una tonelada de trozos secos (14% b s).

CUADRO 8. Valores de los parámetros más importantes para el diseño de algunos sistemas de secado

A. Métodos de secado natural

Método	Densidad (kg/m <sup>2</sup> )	Tiempo neto de secado (h)	Producción yuca seca (kg/m <sup>2</sup> día)
Piso cemento	10	31 5	2 3
Bandejas inclinadas	16	31 5	3 8

B Métodos de secado artificial en capa fija

Sistema	Caudal aplicado m <sup>3</sup> /min t <sup>1/</sup>	Temperatura aire secado (°C)	Tiempo neto secado (hr)	Producción yuca seca (kg/m <sup>2</sup> día)	Consumo electricidad kwh/TYS <sup>2/</sup>	Consumo carbón kg/TYS	Unidad de intercam- bio ener- gía
Artificial	195	24	30	0 56	54	-	Aire ambiente
de							
capa fija	115	28	32	1 03	29	-	Colector solar
	380	60	4 0	5.3	54	570	Quemador carbón
	190	60	6 0	6 8	40	403	"
	125	60	8 5	7 2	39	362	"
	95	60	11.5	6 8	4	357	"

<sup>1/</sup> Tonelada de producto fresco

<sup>2/</sup> Tonelada de yuca seca (14% b s.)

CUADRO 9 Costos de inversión y operación de algunos sistemas de secado con capacidad para procesar 18 toneladas de yuca fresca por semana (Sept 85)

Sistema de secado	Costo de inversión (\$)	Requerimiento de mano obra h hombre/tYS	Consumo carbón kg/tYS	Consumo energía eléctrica kwh/tYS
Piso concreto	390,000	20 0	-	-
Bandejas inclinadas	485,000	18 4	-	-
Capa fija y colector solar	810,000	22 0	-	161
* Mixto A	460,000	20 5	-	31
Capa fija quemador carbón	920,000	12 8	400	70
* Mixto B	540,000	15 0	250	6

\* Mixto A Combinación de secado natural en bandejas inclinadas en la primera fase y secado en capa fija utilizando un colector solar para calentar el aire en la fase final

\* Mixto B La primera fase se llevó a cabo como en el Mixto A pero en la segunda se emplea un secador artificial acoplado a un quemador de carbón mineral

## 5 Estudios de molinería

El estudio de molinería tiene como objetivo general investigar y seleccionar un método de producción de harina, a partir de la reducción de tamaño de yuca seca picada (contenido de humedad entre 10 y 14%, b h )

### 5 1 Selección de molino

Inicialmente se hicieron pruebas exploratorias para analizar la distribución granulométrica en a) harinas obtenidas con tres métodos de trituración impacto con un molino de martillos, fricción en un molino de discos, y fricción y corte en un molino de cuchillas, b) harinas obtenidas en molinos de martillos que operaban con diferentes energías de impacto, y c) harinas obtenidas a partir de yuca seca picada con y sin epidermis También se observó, a partir del análisis de algunas muestras, la distribución de la fibra dentro de las diferentes fracciones granulométricas de la harina obtenida

Cuando se alimentó yuca seca picada o trozada (tamaño promedio de 10 x 10 x 30 mm , contenido de agua de 14% (base húmeda) a un molino de martillos que operaba a 3750 revoluciones/minuto, y se ensayó con dos



tamaños de criba, la menor de éstas (tamaño de los orificios de 3 16 mm) produjo el mayor rendimiento en harina <sup>1/</sup>, aproximadamente 54%

Al procesar muestras de trozos secos de yuca en un molino de discos de capacidad industrial (capacidad media de 150 kg/min) se obtuvo un rendimiento máximo de harina de cerca del 48%, cuando la separación entre los discos fue la mínima posible. Sin embargo, el producto así obtenido presentó un incremento de temperatura (no medida pero sí apreciado al tacto)

En un pequeño molino de cuchillas (capacidad aproximada de 200 g/min con criba de 0 793 mm) se obtuvo un rendimiento en harina de cerca de 91%

Al comparar los resultados anteriores con los del análisis granulométrico de una muestra de harina de trigo, se observó que los rendimientos de harina obtenidos en los molinos de martillos y de discos fueron bajos. Las muestras de harinas de trigo cumplían con la norma ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas) sobre especificaciones de la finura de la harina, es decir el 98% de la muestra pasó el tamiz de 200 micrómetros.

La variación de la energía de impacto entre los molinos de martillos ensayados tuvo efecto en el rendimiento de harina. Se analizaron los productos obtenidos en tres molinos de martillos de diferentes tamaños y operados a distintas velocidades de rotación de los martillos. Es decir, entre los molinos, la energía cinética en el extremo de los martillos era diferente. El mejor rendimiento de harina, aproximadamente 98%, se obtuvo en un pequeño molino de laboratorio que operaba a 7000 revoluciones/minuto y tenía una criba de 1 27 mm. Sin embargo el 80% de dicha harina tenía granulometría inferior a 56 micrómetros. Posiblemente dentro de esa harina muy fina el nivel de gránulos de almidón con daño mecánico era alto. En otro molino de tamaño o capacidad industrial (1.5 toneladas/hora) operado a 3450 revoluciones/minuto y equipado con una criba de 4 76 mm, se obtuvo un rendimiento en harina cercano al 72%. Entonces, es posible con un molino de martillos, operado bajo ciertas condiciones, obtener un buen rendimiento en harina a partir de trozos de yuca seca.

La distribución granulométrica en los productos obtenidos a partir de trozos con y sin epidermis, varió inconsistentemente cuando se analizaron las muestras obtenidas en un molino de martillos equipado con cribas de 4 76 y 3.17 mm. Al retirar la epidermis de los trozos se obtuvo una ligera reducción en el rendimiento de harina (aproximadamente del 3%) cuando se usó la criba de 3 17 mm. El efecto contrario se obtuvo cuando se usó la criba de 4 76 mm, es decir se presentó un ligero incremento (aproximadamente del 5%).

La fibra total se distribuyó diferentemente a través de las fracciones granulométricas de que componían los productos obtenidos. El

---

<sup>1/</sup> En este informe, el término harina se refiere a un producto con granulometría inferior a 200 micrómetros

análisis de las muestras tomadas del producto obtenido de un molino de martillos (equipado con una criba con aberturas de 3 17 mm) mostraron que cerca del 65% de la fibra total estaba contenida en la fracción granulométrica mayor de 200 micrómetros. Aproximadamente el 29% de la fibra estaba contenida en la fracción granulométrica inferior a 200 micrómetros pero mayor de 56 micrómetros. Lo anterior indica que es factible eliminar gran parte de la fibra mediante operaciones secundarias de clasificación de la harina.

De estas pruebas preliminares, en general se puede concluir que el molino de martillos (producido en el país), si se opera bajo ciertas condiciones y se combina con equipo para clasificación de harinas, puede ser un mecanismo apropiado de reducción de tamaño de trozos de yuca para producción de harinas.

## 5.2 Evaluación de un molino de martillos y de rodillos

El siguiente es el informe de los resultados más importantes de un estudio minucioso de reducción de tamaño de trozos secos de yuca en un molino de martillos experimental, y los resultados preliminares obtenidos en un molino de rodillos de laboratorio.

Se quería establecer la factibilidad de producción de harina en cada uno de los sistemas especificados arriba, con el objeto de identificar alternativas técnicas y posibles productores de la harina de yuca. Es decir, existe la posibilidad que el procesador de la yuca fresca para la producción de trozo seco, transforme éstos (con un molino de martillos) en harina lista para mezclarse con harina de trigo. Pero también, se considera la alternativa que el mismo molino de trigo procese el trozo seco de yuca con la maquinaria disponible en esta industria (molinos de rodillos). Algunos aspectos técnicos y observaciones de ambas alternativas serán tratadas a continuación.

### Estudio del desempeño de un molino de martillos durante la reducción de trozos secos de yuca.

La selección del molino de martillos para este estudio obedeció a que esta máquina es bastante popular en nuestro medio para molinería de cereales y materias primas para producción de alimentos concentrados para animales.

El estudio se llevó a cabo con un molino de martillos diseñado para una capacidad de procesamiento en operaciones industriales de 900 a 1300 kg/h de cereales. Estaba equipado con un rotor que tenía 24 martillos oscilantes espaciados a 7 cm. El sistema de alimentación consistía de una tolva que permitía el flujo por gravedad, la tasa de alimentación se controlaba con una compuerta deslizable. En este estudio el material se alimentó con la compuerta completamente abierta. Por debajo del rotor y los martillos se podía instalar láminas perforadas (cribas) que eran fácilmente intercambiables. La unidad de potencia era un motor eléctrico Siemens con capacidad de 12 HP.

Con el fin de analizar el desempeño de la máquina, el molino descrito se acondicionó para operarse a velocidad variable. Además, el

sistema de descarga se modificó con el fin de poder coleccionar el producto directamente a la salida del molino. Finalmente, se instaló un medidor de consumo de energía en la línea de alimentación eléctrica al motor.

El plan experimental se elaboró para evaluar el efecto de la variación en la operación del molino y la condición del trozo de yuca sobre el consumo neto de energía eléctrica en la reducción de tamaño y finura del producto final. Se experimentó con 4 velocidades periféricas en los martillos, 5 tamaños de las aberturas en las cribas y dos condiciones de los trozos de yuca con respecto a la presencia o no de cáscara. Se midió la capacidad de molienda de la maquinaria, la demanda de potencia para la reducción de tamaño, y se tomaron muestras para análisis de tamaño de partículas en los productos obtenidos. Todo el experimento se llevó a cabo siguiendo un esquema para análisis estadístico de los resultados en bloques completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento.

Los datos obtenidos de capacidad de molienda y demanda de potencia fueron procesados y convertidos a consumo de energía específica en términos de kilowatio-hora por tonelada de yuca procesada. Las muestras de los productos obtenidos en cada tratamiento, se tamizaron y los resultados de los pesos del material retenido en cada tamiz se procesaron mediante un programa de computador escrito para determinar el diámetro medio geométrico de partícula en la muestra, la desviación estándar de la media geométrica del diámetro y la distribución de los tamaños de las partículas en las muestras de harina. De esta distribución se obtuvo la proporción de producto con partículas menores de 200 micrómetros y con los resultados de la energía específica se definió y determinó la eficiencia de la molienda en términos de toneladas de harina producida con gránulos menores de 200 micrómetros por cada kilowatio-hora consumido.

Los resultados fueron analizados estadísticamente para detectar efectos significativos de las variables involucradas. Aquí se usó el análisis de varianza, conjuntamente con la prueba de rango múltiple de Duncan.

Los análisis estadísticos dieron como resultado que las condiciones de operación del molino (velocidad y tamaño de criba) significativamente afectaron el consumo de energía específica, el diámetro medio de las partículas en las harinas, y el rendimiento de harina. En el Cuadro 10 se observa por ejemplo, que la energía específica casi se dobló al incrementar la velocidad periférica de los martillos desde 37.7 hasta 66.0 m/s, cuando se había instalado la criba de 12.70 mm.

El análisis también mostró que los efectos de variación de la velocidad y de las cribas fueron independientes, que la finura media de la harina, expresada en base al diámetro promedio de partícula, se redujo significativamente al incrementar la velocidad o reducir el tamaño de las aberturas de las cribas. También, se observó que la proporción de harina con partículas menores de 200 micrómetros se incrementó significativamente al aumentar la velocidad o reducir el tamaño de las aberturas de la criba.

Como se observa en el Cuadro 10, el cual contiene los resultados para las condiciones extremas de operación del molino, la variación del tipo de trozo también tuvo su efecto sobre la energía específica. Al procesar trozos con cáscara hubo un incremento significativo del consumo de energía sobre el registrado cuando el trozo estaba sin la cáscara. Aunque no mostrado en el Cuadro, la proporción de harina muy fina (gránulos menores de 63 micras) se incrementó cuando los trozos presentaban la cáscara. Esto parece significar que el impacto de los martillos afectan significativamente el tamaño final de la cáscara y cascarilla.

Como se mencionó, se definió la eficiencia como una medida que combina la producción de harina con gránulos menores de 200 micras y la energía global consumida. De acuerdo a los resultados de eficiencia presentados en el Cuadro 10, el cambio en la velocidad de operación desde 37.7 a 66.0 m/s redujo sensiblemente la eficiencia. También se observa que fue más eficiente la operación con la criba de aberturas de mayor diámetro y cuando se procesó yuca sin cáscara.

#### Pruebas exploratorias sobre la reducción de tamaño de trozos secos de yuca con un molino de rodillos

Ya que es necesario determinar si las industrias molineras de trigo, con sus equipos, pueden producir la harina de yuca, los siguientes son algunos resultados de pruebas preliminares realizadas en un molino de rodillos.

El molino de rodillos era de tipo laboratorio y estaba disponible en uno de los molinos de trigo de la localidad. Algunas especificaciones de esta máquina eran: capacidad de molienda 125 t/hr (medido con maíz), rodillos de superficie estriada, que giran en direcciones opuestas y de separación regulable entre las superficies de trituración. El producto que salía de los rodillos era clasificado en dos fracciones, menor y mayor de 219 micrómetros.

No se realizó un plan experimental para posteriores análisis estadísticos, simplemente se hicieron pruebas de reducción de tamaño con trozos de yuca seca con y sin cáscara, los cuales se alimentaron inicialmente con los rodillos separados 1 mm. Las fracciones que pasaron el clasificador con mallas de 219 micrómetros se realimentaron a los rodillos separados esta vez a 0.15 mm. Finalmente, la separación fue reducida hasta 0.03 mm y se pasó a través de los rodillos la fracción gruesa resultante de la última trituración.

Se observó que más del 90% de los trozos alimentados a los rodillos separados 1 mm fueron convertidos en gránulos ("grits") comparables en tamaño a los granos de trigo. Una vez estos gránulos se alimentaron a los rodillos con una separación de 0.15 mm, cerca del 60% se trituró a harina con granulometría menor de 219 micrómetros. La fracción gruesa de la reducción anterior, se alimentó a los rodillos separados a 0.03 mm y se obtuvo un incremento del rendimiento global de harina cercano a 10%. El rendimiento global de harina en las tres operaciones de reducción no fue inferior a 90%. Adicionalmente, se observó que al pasar la fracción gruesa, obtenida en la última reducción, a través de un molino

CUADRO 10 Resultados principales del desempeño de un molino de martillos cuando procesa trozos secos de yuca con (C.C) y sin cáscara (S C)

Velocidad periférica m/s	Tipo de trozo	Criba de 12 70 mm							Criba de 3 47 mm						
		Energía Específ		Diámetro <sup>1/</sup>		Rendimiento		Eficien- cia <sup>3/</sup>	Energía		Diámetro <sup>1/</sup>		Rendimiento		Eficien- cia <sup>3/</sup>
		KW-h/t		micrómetros		de harina <sup>2/</sup>			específica		micrómetros		de harina <sup>2/</sup>		
X	CV	X	CV	X	CV	X	X	CV	X	CV	X	CV	X		
37.7	C.C	0.52	14.9	474.4	8.8	21.9	12.5	0.42	1.19	9.5	259.8	4.9	41.1	6.1	0.35
	S.C	0.48	11.9	429.7	13.1	25.5	16.7	0.53	0.91	22.1	261.1	18.5	42.2	14.7	0.46
66.0	C.C	1.04	4.9	304.5	24.6	37.3	24.9	0.36	1.75	4.9	158.1	9.2	58.4	6.6	0.33
	S.C.	0.91	3.8	315.8	10.2	35.2	8.4	0.38	1.46	10.7	191.4	8.8	53.2	2.5	0.36

- <sup>1/</sup> Diámetro promedio geométrico de partículas en el producto  
<sup>2/</sup> Harina producto con granulometría menor de 200 micrómetros  
<sup>3/</sup> Basada en toneladas de producto con granulometría menor de 200 micrómetros  
X Promedios aritméticos de 3 replicaciones  
CV Coeficiente de variación, %

con rodillos lisos y separados a 0.01 mm se produjo una compresión del material fibroso hasta formar pequeñas hojaldras ("flakes")

Cuando los trozos procesados contenían cáscara, se observó que la cáscara no se trituraba extensamente y más bien permanecía conformando las fracciones gruesas de los productos obtenidos en las tres trituraciones

### 5.3 Conclusiones

Hasta el momento se puede deducir que, con el molino de martillos experimentado los mejores rendimientos en harina (53 - 58%) se obtienen usando una velocidad periférica en los martillos de 66.0 m/s y una criba con diámetro de las aberturas de 3.47 mm. Sin embargo, bajo estas condiciones el consumo de energía es casi el doble del consumido cuando las condiciones de operación del molino dieron los rendimientos de harina más bajos.

Dentro del rango de velocidades experimentado la operación de molienda fue menos eficiente al incrementarse la velocidad. Aparentemente este molino tiene una velocidad inferior a 37.7 m/s, en la cual la eficiencia es máxima. La eficiencia fue también mejor con la criba de aberturas de diámetro mayor.

La presencia de la cáscara en los trozos secos tiene su efecto significativo, principalmente en el consumo global de energía y en el incremento de fracciones muy finas en el producto final, se sospecha que el molino de martillos desintegra intensamente la cutícula o cáscara presente.

Es necesario analizar más profundamente las muestras que aún se conservan, con el fin de cuantificar la distribución de las cenizas y fibras, dentro de las fracciones granulométricas de las harinas producidas en los diferentes "tratamientos".

Mediante reducciones sucesivas en molinos de rodillos de un banco de molienda de trigo, aparentemente es factible obtener hasta un 90% de harina debidamente clasificada. También se puede afirmar que los molinos estriados no trituran la cáscara o cascarilla y que más bien la van segregando para separarse finalmente en una clasificación. Finalmente, se concluye de las observaciones hechas sobre el producto obtenido en el molino de rodillos lisos, que la fibra de la yuca también es difícilmente reducida con los molinos estriados, y que por lo tanto puede removerse mediante clasificación por tamaño una vez sean comprimidas por los rodillos lisos.

Es necesario, de inmediato realizar un estudio detallado sobre alternativas de procesamiento de trozos de yuca seca en un banco de molienda de trigo. Para el efecto, las pruebas se llevarán a cabo en el molino de rodillos del Laboratorio de Pruebas de Panadería del IIT.

## ANEXO C Pruebas de panificación

### 1. La yuca para el consumo humano el efecto de la variedad y la edad de planta sobre la composición química de la harina de parénquima

El presente ensayo tenía como objetivo evaluar el efecto de la variedad y edad de planta sobre la composición química, incluyendo el análisis proximal, el contenido de cianuro y el contenido de azúcares y almidón, del parénquima de cuatro cultivares de yuca en cuatro edades de cosecha

#### 1.1 Materiales y Métodos

El suelo del lote experimental (1 ha) tenía un pH en el rango 7.0-7.5 y un nivel de fósforo disponible de aproximadamente 52 mg/kg. La temperatura media ambiental durante el período del ensayo (Mayo 1983-Julio 1984) fue 23.5 °C y la precipitación total 958 mm. En la Figura 1 se presenta una comparación de la distribución de la precipitación, promedio de seis años (1979-1984), frente a la distribución de la precipitación durante el período del ensayo.

Antes de la siembra, se trataron las estacas de yuca con una mezcla de fungicidas e insecticidas para asegurar una buena germinación (1). El lote se mantuvo libre de malezas y se hicieron tres aplicaciones de insecticida para el control de aceros y el gusano cachón.

Se sembraron los cuatro cultivares de yuca a 1 x 1 m. El diseño experimental fue de parcelas divididas, donde la parcela principal era las edades de cosecha (8, 10, 12 y 14 meses) y las subparcelas las variedades (M Col 22, CM 976-15, M Col 1684 y M Ven 25). Se sembraron 6 repeticiones por variedad y edad de cosecha. Cada repetición consistía de 64 plantas.

A intervalos de dos meses, iniciando en Enero 1984 (8 meses de edad de planta) y terminando en Julio de 1984 (14 meses de edad de planta) se cosecharon 36 plantas de cada cultivar. A cada cosecha, se cosechó un cultivar por día en un período de cuatro días. Las raíces de cada repetición fueron empacadas en costales de fique y transportadas al laboratorio donde fueron pesadas. Se realizó la preparación de las muestras el mismo día de la cosecha.

Una muestra de 3 kg de raíces de cada replicación se separó para la determinación de la materia seca de la raíz entera por medio del método de gravedad específica (2). Otra muestra de aproximadamente 25 kg se peló a mano eliminando la cascarilla, la cáscara, las raicillas fibrosas y el tocón. Posteriormente se pesaron las raíces peladas para calcular la cantidad de parénquima como porcentaje de la raíz entera. Las raíces peladas se mantuvieron bajo agua hasta picarlas en una máquina picadora tipo Brasil (3). Esta máquina produce barras rectangulares, con dimensiones de 5 x 10 x 50 mm.

El contenido de cianuro total y libre, y el contenido de almidón y azúcares (reductores totales) de una muestra de los trozos frescos se determinaron utilizando el método enzimático de Cooke (4) y por

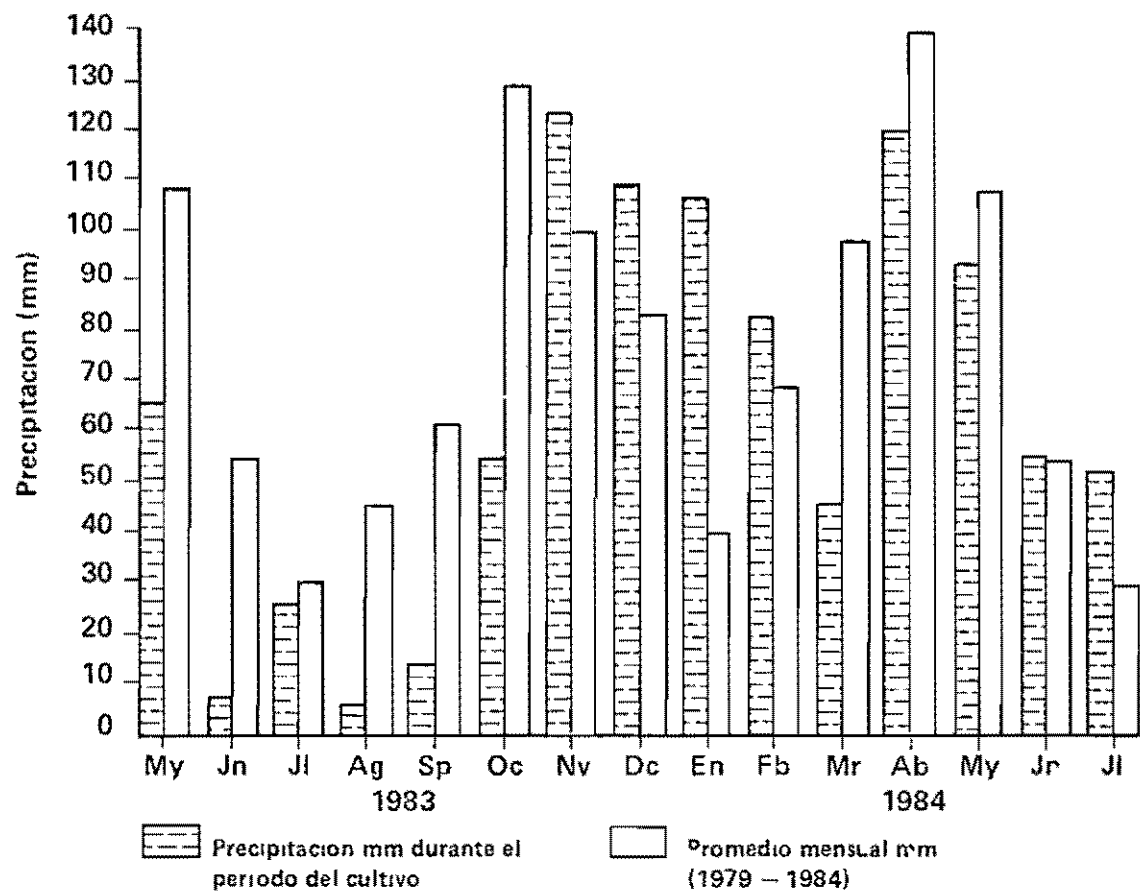


FIGURA 1 Comparacion de precipitacion periodo del cultivo vs promedio



hidrólisis acídico (5 y 6), respectivamente. El contenido de materia seca de los trozos frescos se determinó a través del secado de una cantidad conocida de la muestra hasta llegar a un peso constante a 60°C

Los trozos frescos restantes fueron secados en bandejas en un horno de aire forzado a 60°C por un período de 24 h hasta alcanzar un contenido de humedad de alrededor de 87 (base húmeda). Al finalizar el secado, se muestrearon los trozos secos para analizar por el contenido de materia seca, proteína, extracto etéreo, fibra, ceniza y cianuro (total y libre). Otra muestra de 1 kg de trozos secos se empacaron en bolsas plásticas para enviar al Instituto de Investigaciones Tecnológicas donde se realizaron las pruebas de panificación

El análisis de la información se hizo en base al modelo estadístico correspondiente al diseño experimental de parcelas divididas (7). Los análisis de varianza para cada una de las variables se realizaron independientemente y las decisiones sobre diferencias significativas se tomaron al nivel de 5%. Las comparaciones entre variedades se hicieron por el método de rango múltiple de Duncan al nivel de 5% y de acuerdo al diseño experimental se calcularon las diferencias mínimas significativas para comparar dos variedades en una misma edad de cosecha DMS v(e) y para comparar dos edades de cosecha de una misma variedad, DMS e(v)

## 1.2 Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de campo (rendimiento por hectárea de raíces frescas y de materia seca y el contenido de materia seca de las raíces tal cual cosechadas) y datos sobre el tejido parenquimal fresco (porcentaje y contenido de materia seca, almidón, azúcares y cianuro). En todos los cultivares el rendimiento por hectárea se incrementó durante el período de la cosecha. La variedad M Col 1684 dio el rendimiento promedio de raíces frescas más alto, 25.2 t/ha, seguido por el M Col 22 con 24.2 t/ha. Sin embargo, la M Col 22 superó a la M Col 1684 en producción de materia seca con un promedio de 9.2 t/ha frente a 8.3 t/ha. La variedad M Ven 25 dio los rendimientos promedio de raíces frescas y materia seca más bajos del ensayo con 19.3 t/ha y 6.9 t/ha respectivamente.

La proporción del tejido parenquimal, con respecto a la raíz entera, osciló entre 80 y 87% con valores promedios de 81, 85, 84 y 84% para los cultivares M Col 22, CM 976-15, M Col 1684 y M Ven 25, respectivamente. El contenido de materia seca del parénquima, determinado por el método directo, en términos generales, reflejaba el contenido de materia seca determinado por el método de gravedad específica. En cuanto a los carbohidratos, el parénquima de la variedad M Col 22 tenía el mayor contenido de almidón (94%), la variedad M Col 1684 el mayor contenido de azúcares totales (2.80%) y la variedad M Ven 25 el mayor contenido de azúcares reductores (0.65%). A los diez meses el contenido de almidón bajó en todas las variedades, posiblemente debido a cambios en las condiciones climáticas, ya que a partir del noveno mes se entró a un período de verano con poca precipitación. En la cosecha de los diez meses se nota además las mayores diferencias entre variedades en los contenidos de azúcares.

CUADRO 1 Rendimiento agrícola y el contenido de almidón y azúcares del parénquima fresco de cuatro cultivares de yuca a cuatro edades de cosecha

Cultivar	Edad de planta meses	Rendimiento t/ha	Rendimiento t m s /ha	Materia seca raíces enteras %	Parénquima %	Análisis de parénquima fresca				Cianuro total mg/kg	Cianuro libre mg/kg
						Materia seca %	Almidón % b s	Azúcares totales % b s	Azúcares reductores % b s		
M Col 22	8	16.0	5.9	37	80	39	97	1.85	0.45	135	9
	10	22.2	8.5	38	81	41	90	1.54	0.23	112	11
	12	28.4	11.0	39	80	42	94	1.47	0.45	141	12
	14	30.3	11.2	37	84	43	95	2.42	0.37	148	16
	Promedios	24.2 <sup>ba</sup>	9.2	38 <sup>a</sup>	81 <sup>b</sup>	41	94 <sup>a</sup>	1.82 <sup>c</sup>	0.37 <sup>c</sup>	134 <sup>d</sup>	12 <sup>d</sup>
QM 976-15	8	17.1	6.4	37	85	41	95	1.71	0.35	247	13
	10	19.0	7.0	37	83	41	86	2.17	0.54	265	19
	12	24.6	9.1	37	85	39	91	2.01	0.62	412	33
	14	31.0	12.1	39	87	42	87	1.99	0.45	444	22
	Promedios	23.0 <sup>b</sup>	8.7	38 <sup>a</sup>	85 <sup>a</sup>	41	90 <sup>b</sup>	1.97 <sup>c</sup>	0.49 <sup>b</sup>	342 <sup>c</sup>	22 <sup>c</sup>
M Col 1684	8	13.5	4.4	33	81	35	87	1.19	0.26	852	49
	10	21.6	6.9	33	84	34	80	4.19	0.76	908	77
	12	30.0	9.8	32	85	33	89	2.51	0.66	1053	60
	14	35.8	12.2	34	87	35	90	3.29	0.55	967	107
	Promedios	25.2 <sup>a</sup>	8.3	33 <sup>c</sup>	84 <sup>a</sup>	34	86 <sup>c</sup>	2.80 <sup>a</sup>	0.56 <sup>b</sup>	945 <sup>b</sup>	73 <sup>a</sup>
M Ven 25	8	13.7	4.8	35	84	36	90	2.04	0.52	2011	36
	10	17.4	6.1	35	84	37	86	2.36	0.96	1942	70
	12	19.6	7.0	36	84	37	87	2.59	0.65	2008	57
	14	26.5	9.8	37	84	39	85	1.94	0.50	1913	70
	Promedios	19.3 <sup>c</sup>	6.9	36 <sup>b</sup>	84 <sup>a</sup>	37	87 <sup>c</sup>	2.48 <sup>b</sup>	0.65 <sup>a</sup>	1969 <sup>a</sup>	58 <sup>b</sup>
DMS v(e)	3.0	-	-	3	-	3	0.54	0.17	-	-	
DMS e(v)	12.1	-	-	1	-	1	2.13	0.65	-	-	

Promedios con letras iguales no son significativamente diferentes (P = 0.05)

69

79

El contenido de cianuro del parénquima fresco de los cuatro cultivares corresponde a su designación como dulce o amargo la variedad M Col 22 (134 mg/kg de cianuro total) es una variedad dulce apropiada para el consumo humano, el híbrido CM 976-15 (342 mg/kg de cianuro total) es intermedio y las M Col 1684 y M Ven 25 (945 y 1969 mg/kg, respectivamente) son variedades amargas. El único cultivar que demostró un marcado cambio durante el período de cosecha fue el híbrido CM 976-15 que casi duplicó su contenido de cianuro.

En el Cuadro 2 se presentan el análisis proximal y el contenido de cianuro de las harinas del tejido parenquimal. En general, al revisar los resultados se puede concluir que existe poca diferencia absoluta en los contenidos de extracto libre de nitrógeno, de proteína, de extracto etéreo, de fibra cruda y ceniza entre las variedades. En términos de tendencias, la variedad M Col 22 contiene la mayor cantidad de proteína y la menor cantidad de fibra cruda y ceniza, mientras que las variedades M Ven 25 y M Col 1684 contienen la mayor cantidad de extracto etéreo y fibra cruda. Durante el período de los seis meses de la cosecha, para todos los cultivares el contenido de proteína tendía a bajar y el contenido de extracto etéreo a incrementarse a partir de los 10 meses de edad de planta.

Durante el proceso de trozado y secado de los trozos de yuca se elimina cianuro y los contenidos de cianuro de las harinas de parénquima fueron entre 2 y 3 veces menos que en el tejido de parénquima fresca. Un límite de 50 mg/kg es generalmente aceptado como el nivel máximo de cianuro en alimentos destinados a consumo humano directo. En este caso, las harinas de los cultivares CM 976-15, M Col 1684 y M Ven 25 no serían apropiadas para el consumo humano sin un procesamiento adicional que reduzca aún más los niveles de cianuro.

#### Referencias

1. Lozano, J.C. et al. 1982 Selección y preparación de estacas de yuca para siembra. En Yuca Investigación, Producción y Utilización. Carlos E. Domínguez, comp. Referencia de los cursos de capacitación sobre yuca dictados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical. PNUD/CIAT pp 209-230.
2. Grossman, N., de Freitas, G. A. 1950 Determinação do teor de matéria seca pelo método de peso específico em raízes de mandioca. Revista Agronômica, Porto Alegre, Brazil, 14 75-80.
3. Sincio, R. and Roa, G. 1980 Secador rural de café, cacau, mandioca e outros produtos agropecuários com uso de energia solar. Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem. Serie CENTREINAR No.1 22 p.
4. Cooke, R. D. 1978 An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) tissues during plant development. J. Sci. Food Agric. 29 345-352.

CUADRO 2. Composición química de la harina de yuca de cuatro cultivares de yuca a cuatro edades de cosecha. Todos los valores en base seca

Cultivar	Edad de planta meses	MS %	Extracto libre de nitrógeno* %	Proteína %	Extracto etéreo %	Fibra cruda %	Ceniza %	Cianuro total mg/kg	Cianuro libre mg/kg
M Col 22	8	4.3	90.75	5.64	0.57	1.47	1.57	59	7
	10	10.1	90.24	5.71	0.65	1.66	1.74	39	6
	12	7.6	90.93	5.08	0.64	1.58	1.77	34	7
	14	5.5	90.53	5.15	0.93 <sup>b</sup>	1.51	1.88	48 <sup>d</sup>	9 <sup>c</sup>
	Promedios			90.62	5.39 <sup>a</sup>	0.70 <sup>b</sup>	1.55 <sup>c</sup>	1.74 <sup>c</sup>	45 <sup>d</sup>
CM 976-15	8	4.5	90.80	4.33	0.51	1.98	2.38	92	6
	10	10.3	90.61	4.67	0.51	2.05	2.16	96	7
	12	7.6	91.95	3.61	1.02	1.39	2.03	97	3
	14	5.6	91.58	3.70 <sup>d</sup>	0.81 <sup>b</sup>	1.76 <sup>b</sup>	2.15 <sup>b</sup>	145 <sup>c</sup>	6 <sup>c</sup>
	Promedios			91.24	4.08 <sup>d</sup>	0.71 <sup>b</sup>	1.79 <sup>b</sup>	2.18 <sup>b</sup>	107 <sup>c</sup>
M Col 1684	8	3.1	89.22	4.43	0.70	2.85	2.80	276	17
	10	8.9	89.34	4.77	0.85	2.40	2.64	378	14
	12	7.9	89.65	4.43	0.83	2.27	2.82	358	10
	14	6.1	90.62	4.14	1.03	1.89	2.32	323 <sup>b</sup>	7 <sup>b</sup>
	Promedios			89.72	4.44 <sup>c</sup>	0.85 <sup>a</sup>	2.35 <sup>a</sup>	2.64 <sup>a</sup>	334 <sup>b</sup>
M Ven 25	8	6.7	89.06	5.47	0.88	2.73	1.86	906	37
	10	8.8	90.50	5.15	0.88	1.68	1.79	1110	9
	12	7.4	90.48	4.98	0.78	2.03	1.73	967	16
	14	6.8	90.54	4.69 <sup>b</sup>	0.97	2.07	1.73	719	12
	Promedios			90.14	5.07 <sup>b</sup>	0.88 <sup>a</sup>	2.13 <sup>a</sup>	1.78	925
DMS v(e)			-	-	0.20	0.45	0.28	73	3
DMS e(v)			-	-	0.77	1.76	1.11	285	12

\* Calculado por diferencia

Promedios con letras iguales no son significativamente diferentes (P = 0.05).

- 5 Cronin, D A and Smith, S 1979 A simple and rapid method for the analysis of reducing, total and individual sugars in potatoes Potato Res 22 99-105
- 6 Blake, C J and Coveney, L V 1978 The determination of starch in foods 1 An evaluation of acid and enzymatic hydrolytic methods for native and modified powdered starches Research Report No 293 The British Food Manufacturing Industries Research Association, p 16
- 7 Little, T M and Hills, F J 1978 Agricultural experimentation John Wiley and Sons New York p 350