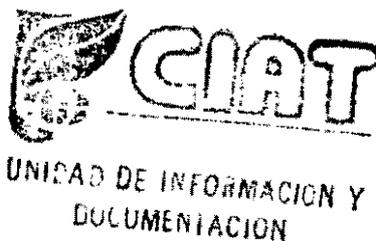


INFORME DE LA PRIMERA REUNION DE LA MESA DE CONSULTA  
DEL PROYECTO CIAT - IIT - UNIVALLE - CIID  
SOBRE PRODUCCION Y USO DE HARINA DE YUCA  
PARA CONSUMO HUMANO



20 DE MARZO DE 1986

103343

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS  
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO

JULIO, 1986

INFORME DE LA PRIMERA REUNION DE LA MESA DE CONSULTA  
SOBRE PRODUCCION DE HARINA DE YUCA PARA CONSUMO HUMANO

1. Fecha: Marzo 20 de 1986
2. Ciudad: Bogotá, D.E. Colombia
3. Lugar: Instituto de Investigaciones Tecnológicas
4. Participantes:

a.

Invitados y Asistentes como Grupo Consultivo

Enrique Sin Clavijo, Director General del DRI

Germán Gómez, DRI

Hernando Jaramillo, CIID

Luis Cuervo, ASODEPAN

Jaime Román, ADEPAN

Hugo Valdéz, Director de Divers. FEDECAFE

Jaime Aguilar, Decano Fac. Ingeniería Univalle

Gabriel Simón Angulo, Productor de Yuca

Roberto García, Productor de Yuca - YUCALES LTDA.

Horacio Lince C., COFIAGRO

Elizabeth de Ramírez, COFIAGRO

Alfonso López C., FEDEGAN

Adalia Forero B., FEDEGAN

Héctor G. Rodríguez, Particular

b.

Periodistas en representación de los medios de Opinión Pública

Hugo Aldana, Todelar

Juan Carlos Gómez, Caracol en la Tierra

Julius Sefken D, Editor Revista Alimentaria

Rosalba Diaferia, Coordinadora de Edición de la Revista Alimentaria

Jorge Mendez C., Periódico El Campesino

Giovana Giliotti, FENALCE

Marlen Bernal

c.

Grupo Técnico Económico del Proyecto

Dr. Rupert Best, Líder del Proyecto, CIAT

Dr. John K. Lynam, CIAT

Ing. Lisímaco Alonso, CIAT

Ing. Miguel Angel Viera, CIAT

Econ. Diego Izquierdo, CIAT

Dr. Armando Civetta, IIT

Econ. Carlos Trujillo, IIT

Quim. Jorge Cabrera, IIT

Ing. Alejandro Fernández Q. Representante del Grupo Tec. Univalle

5. Orden del día

- a. Instalación y presentación general, a cargo del Dr. Armando Civetta Coordinador del Proyecto por parte del IIT.
- b. Apertura oficial, a cargo del Dr. Enrique Sin Clavijo, Director del DRI.
- c. Presentación del Proyecto, Dr. Rupert Best, Líder del Proyecto.
- d. Debate.

6. Desarrollo de la reunión

6.1 Instalación y presentación general:

El Dr. Armando Civetta pronunció las siguientes palabras: "Quiero dar mis agradecimientos por poderlos tener aquí reunidos, y los invitamos para que se sientan, en esta entidad, ahora y en el futuro, como en su propia casa.

Esta Mesa de Consulta es para el proyecto un foro, para que todos y cada uno de los que están aquí, como voceros y delegatarios de las entidades y de los sectores que representan, puedan expresar, libremente y con toda la autoridad que los asiste, su parecer, intereses, objeciones y dudas, y de esta forma convirtamos el foro en un punto de reunión para hacer una crítica externa al proyecto, y también se convierta en un foro que permita orientar los futuros, importantes y necesarios desarrollos que tienen que seguirse a partir de las reuniones que estamos celebrando.

La Mesa de Consulta, entonces, es un centro de información e intercambio de ideas, y esperamos que la participación de todos ustedes sea directa, franca y abierta, puesto que el proyecto tal como ha sido concebido, ejecutado y desarrollado, dentro de las técnicas más modernas, con los sistemas más actualizados y con el rigor científico y metodológico con que las tres entidades participantes, o sea, la Universidad del Valle, el Centro Internacional de Agricultura Tropical y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, acostumbrados al rigor de la ciencia, lo hemos tratado de conducir dentro de esos parámetros y por eso somos conscientes de que habrá unos puntos que aún no han sido plenamente definidos, que aún requieren posteriores estudios, o cuya maduración está en manos de la operación práctica a nivel nacional, y lo más importante, esperamos que Uds. nos indiquen hasta donde debemos llegar.

La Mesa de Consulta va a tener dentro de la vigencia de este proyecto por lo menos tres sesiones, ésta es la primera, y nos honra que sea el Dr. Enrique Sin Clavijo el Presidente de ella, por lo que queremos invitarlos, desde ahora, a que pensemos que las otras reuniones tienen que ser también igualmente activas y participativas."

## 6.2 Apertura oficial

El Dr. Enrique Sin Clavijo habló en los siguientes términos:

"Yo quisiera, en nombre del Fondo, agradecer a los gestores de este proyecto de investigación la participación que se nos da en esta Mesa de Consulta.

Dentro de los planes DRI, la yuca, en particular, tiene una importancia muy significativa; para nosotros es un renglón de producción que nos puede ayudar a resolver una serie de problemas económicos y sociales de muchas regiones del país, particularmente la Costa Atlántica, y algunas otras regiones que se caracterizan por condiciones de falta de agua. Nosotros con el apoyo del CIAT, precisamente, hemos venido desarrollando un proyecto de secado natural de yuca, que ha permitido estimular el cultivo de la yuca en los seis departamentos de la Costa Atlántica.

El proyecto para nosotros, entonces, tiene una connotación de importancia, y nos interesa sobremanera todos los proyectos que tengan que ver con la utilización futura de la yuca. Estamos convencidos, en el DRI, de que en el país se han cometido errores de estrategias, errores de política gigantescos. No hemos nunca aprovechado nuestra condición de país tropical para poder hacer una oferta abundante de renglones que sean característicos de la agricultura tropical y que ofrezcan ventajas comparativas en el contexto del mundo. Hemos decidido competir con los cereales, cuando no tenemos tecnologías adecuadas, o cuando nuestro clima por razones de la continuidad de la energía solar, presenta ausencia de ventajas comparativas. Somos productores de cereales siendo dos y tres veces más intensivos en insumos, sobre todo en plaguicidas, que los países templados, puesto que no tenemos estación de adormecimiento, tenemos 365 días al año de luz solar, de energía solar, que en condiciones ambientales adecuadas permite un incremento explosivo de las plagas; no tenemos acotamiento inferior, realmente. Eso hace que seamos más intensivos en el uso de plaguicidas, plaguicidas de patente, plaguicidas desarrollados a través de química de patente, que son sumamente costosos para nosotros. Esto ha hecho que no seamos competitivos en el marco mundial con cereales, ni que nunca lo podamos ser.

Por eso tenemos que desarrollar otros cultivos, menos intensivos, o más tradicionales, o más adaptables a nuestro medio, que nos permitan proyecciones futuras. El Sureste Asiático nos lo está demostrando, con una tecnología igual a la que tenemos nosotros desarrolladas en el país en secado natural de yuca. Un solo país vende al mercado común europeo

alrededor de 1200 millones de dólares al año en yuca seca-peletizada. Son cantidades significativas para países más pequeños que nosotros, posiblemente con áreas similares a las nuestras, con climas comparables, que han resuelto un poco los problemas de su balanza cambiaria, vía la venta de productos característicos de las zonas tropicales. De allí que sea muy importante para nosotros todo lo que tenga que ver con el uso adecuado de raíces, y en particular la yuca que tiene una tecnología para su uso industrial, y aquí en este proyecto se abre una perspectiva gigantesca para uso semejante. El hecho de que podamos substituir al menos un 15% de importaciones de trigo en el futuro, es muy significativo desde el punto de vista de posición nuestra como importadores netos de trigo que somos. Yo no creo, estoy convencido, de que no habrá una tasa positiva en el crecimiento en la producción de trigo interno, y como dudo mucho que la haya en cebada, entonces tenemos que aliviar, vía substitución, los costos que tenemos para traer el trigo.

Muchas gracias."

### 6.3 Presentación del Proyecto

A continuación, el Dr. Rupert Best presentó la justificación y los aspectos de viabilidad técnica, económica de un proyecto para el desarrollo de un proceso para la obtención de materia prima para la producción de harina de yuca y de utilidad en la substitución parcial de harina de trigo en la elaboración de productos de panadería (ver Anexo ).

Finalmente, anunció que en una segunda fase se montará una planta piloto en la Costa Atlántica con el objeto de lograr tres aspectos: primero, conseguir datos confiables sobre costos de operación y de inversión requeridos para montar plantas de este tipo, segundo, elaborar suficiente producto para promover su uso a una mayor escala entre algunos consumidores, y tercero, esta planta piloto puede ser utilizada como una planta de demostración, para ir expandiendo este tipo de tecnología en otras regiones tanto de la Costa Atlántica como en otras áreas de Colombia.

#### 6.4 Desarrollo del debate

Finalizada la intervención del Dr. Rupert Best, y considerando que había bastante información y elementos de juicio, se invitó a los asistentes a entablar una especie de debate, con preguntas y ampliación de la información.

Esta fase de la reunión se dedicó básicamente a dar respuesta a preguntas e inquietudes, y a la ampliación de la información entre los asistentes. A continuación se resumen los aspectos más relevantes:

En relación con la materia prima, o sea la yuca fresca, hubo inquietudes acerca de si todas las variedades eran apropiadas para transformarlas en harina y usarlas en panificación, preguntas sobre edad de cosecha, rendimientos por hectárea y costos de producción en la zona de influencia del proyecto. Las respuestas se resumieron así:

De acuerdo a las experiencias en este proyecto, parece que no todas las variedades son aptas para usarlas como harina, o por lo menos no se logrará el máximo nivel de substitución de harina de trigo, o sea un 15% que es el alcanzado al usar la variedad M Col 22. Además, el problema de la variedad también tiene que ver con el contenido de cianuro, el cual incide sobre la calidad del pan. Es así como, en los ensayos de panificación adelantados hasta el momento, la utilización de harinas compuestas, que incluyen yuca de alto contenido de cianuro han producido un pan de sabor amargo. En realidad, no es que este producto horneado sea peligroso para la salud, pues se han hecho determinaciones del contenido de cianuro de estos panes, y han estado por debajo de los límites permisibles. Parece que el sabor amargo está también asociado con una determinada cantidad de celulosa presente en algunas variedades. Puesto que el sabor amargo puede causar un rechazo del producto por parte del potencial consumidor, el estudio se ha dirigido a detectar cuáles son las variedades que tienen sabor amargo, para rechazarlas como materia prima.

Para completar la información sobre la materia prima, se resumió que para este proyecto se han tenido en cuenta las siguientes cifras que son de actualidad en las zonas de producción de yuca en la Costa Atlántica: Edad de cosecha 7 a 12 meses, rendimientos de 8 a 14 toneladas por hectárea, de acuerdo al nivel de tecnología empleado, costos de producción de \$35,000 por hectárea y precio de venta para la agroindustria de yuca seca de \$8 por kilogramo.

En otro aparte de la reunión se retomó el ejemplo mencionado previamente sobre exportación de yuca seca en sureste asiático, y uno de los asistentes consideró pertinente aclarar que en Tailandia el mercado de la yuca fresca para consumo humano no existe, y que por lo tanto no hay ninguna competencia con el de yuca seca que se exporta al mercado común europeo. Por el contrario, en Colombia existe una demanda muy significativa en yuca fresca, que debe considerarse al planear un proyecto de agroindustrialización. Entonces, hay que identificar aquellas zonas donde el problema de competencia sea menor, y se reconoció que la zona donde está localizado este proyecto ofrece ventajas de mercado con respecto a otras zonas productoras de yuca, como el Quindío por ejemplo.

A continuación se consultó sobre la existencia de problemas fitosanitarios con los trozos de yuca seca. Uno de los productores y procesadores de yuca manifiesta que de acuerdo a experiencias en plantas de secado de yuca en la Costa, no ha existido, aparentemente, ataques de insectos en yuca deshidratada que ha estado almacenada por 6 meses.

Dado que en los momentos actuales el proceso de producción de yuca seca en la Costa Atlántica carece de una operación de lavado de la yuca fresca, se requirió información sobre incremento de costos al introducir el lavado. El incremento de los costos de producción por kilogramos de yuca es despreciable. Aunque en la Costa Atlántica hay problemas de disponibilidad de agua, en este proyecto existe el convencimiento de que es posible obtenerla del subsuelo, extrayéndola con molinos de viento, por ejemplo como los desarrollados en el Centro de Gaviotas. A nivel de planta piloto, los resultados sobre consumo de agua en el lavado por tandas han sido considerados bajos, alrededor de  $0.3 \text{ m}^3$  por tonelada de

yuca fresca. Además este consumo se podría reducir puesto que el agua se puede recircular por lo menos una vez.

Lo que más incide en el costo del proceso es el consumo de combustible cuando el secado se realiza en sistemas artificiales, y cuando aumenta el uso de mano de obra.

En relación con la agroindustria de secado de yuca, actualmente establecida en la Costa Atlántica, se expusieron aspectos concernientes con la rentabilidad de la empresa, mercadeo del producto y mecanismos de financiación en el establecimiento de las plantas de secado: Las plantas de secado producen trozos deshidratados de yuca con un contenido de agua de 12 a 14%, el cual es un producto que tiene, en estos momentos, un mercado asegurado con los productores de alimentos para animales, especialmente aquellos localizados en la Costa. Debido a los incentivos para el establecimiento de plantas de secado y la rentabilidad del negocio, el número de plantas de operación alcanza a las 36, y el mercadeo de la yuca deshidratada ha llegado hasta el interior del país, especialmente en Medellín.

El Programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI) tiene para el establecimiento de las plantas de secado unos créditos "blandos" así: el 50% de la inversión se financia al 7% y a 7 años, el otro 50% al 12% durante 5 años. Con estos niveles de subsidio se ha estimulado entonces el establecimiento de las plantas y se ha consolidado como agroindustria debido a la rentabilidad del negocio de producir yuca seca.

Talvez, uno de los aspectos más importantes de hacer notar en lo que se refiere a las plantas de secado de yuca de la Costa Atlántica, son los enormes beneficios sociales que se han logrado. El productor de yuca, tradicionalmente competía en el mercado de yuca fresca, con un producto altamente perecedero que no le permitía manejar adecuadamente una situación de oferta y demanda. Adicionalmente, una vez terminaba la cosecha de yuca, en la época de verano, los agricultores permanecían desocupados por períodos hasta de 3 meses. Pero actualmente, al ser los

productores de yuca los mismos dueños de las plantas de secado, el aspecto ocupacional ha mejorado sensiblemente.

El modelo de financiación de las plantas de secado y las zonas de producción de yuca en la Costa Atlántica, son elementos apropiados para el establecimiento de una agroindustria alterna de producción de yuca deshidratada de altísima calidad sanitaria, que posteriormente puede transformarse en harina para substituir parte de la harina de trigo en la preparación de productos de panadería. Indudablemente, la consolidación de esta agroindustria dependería de la apertura de un mercado permanente, que se garantizaría con la existencia de una ley gubernamental que reglamente el uso de harina de yuca en la industria molinera de trigo, y a su vez exista una política de reducción de compra de trigo en el mercado externo.

Al comparar los precios de yuca deshidratada, útil como materia prima para la producción de harina, con los del trigo importado existe una ventaja favorable para los compradores con el producto de yuca. Se ha estimado a nivel de planta piloto que el precio de trocitos de yuca seca puestos en la planta de secado es de \$36/kg, en cambio el trigo importado puesto en Buenaventura vale \$43/kg (en marzo de 1986).

Finalmente, se planteó el interrogante de que en lugar de fomentar el uso de harina de yuca en la industria molinera de trigo, por qué no se busca substituir importaciones de trigo incrementando la producción de trigo nacional.

Indudablemente sería lo ideal, pues al fin y al cabo las cualidades panaderas del trigo son irremplazables por la harina de yuca. Sin embargo, en este momento se ve bastante difícil una expansión del área cultivada de trigo, por la existencia de otros cultivos con mejores posibilidades. Por ejemplo, algunos años atrás, la cebada tuvo una expansión en su área cultivada al existir por parte de la industria cervecera, incentivos de cultivo, con créditos y precios de sustentación garantizados. En los últimos 10 años, los cultivos tecnificados de hortalizas y flores para exportación han valorizado muchas tierras

propicias para el cultivo de trigo, hasta el punto que el costo de la tierra sería demasiado costoso en un programa de expansión del cultivo del trigo.

Siendo las 7:30 p.m., el Coordinador General de la Reunión invitó a los asistentes a participar de un coctel, y a continuar de una forma más informal la búsqueda de respuesta a las inquietudes de los participantes.

## ANEXO

## LA PRODUCCION Y USO DE HARINA DE YUCA PARÁ CONSUMO HUMANO

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 Brazil, 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 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

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

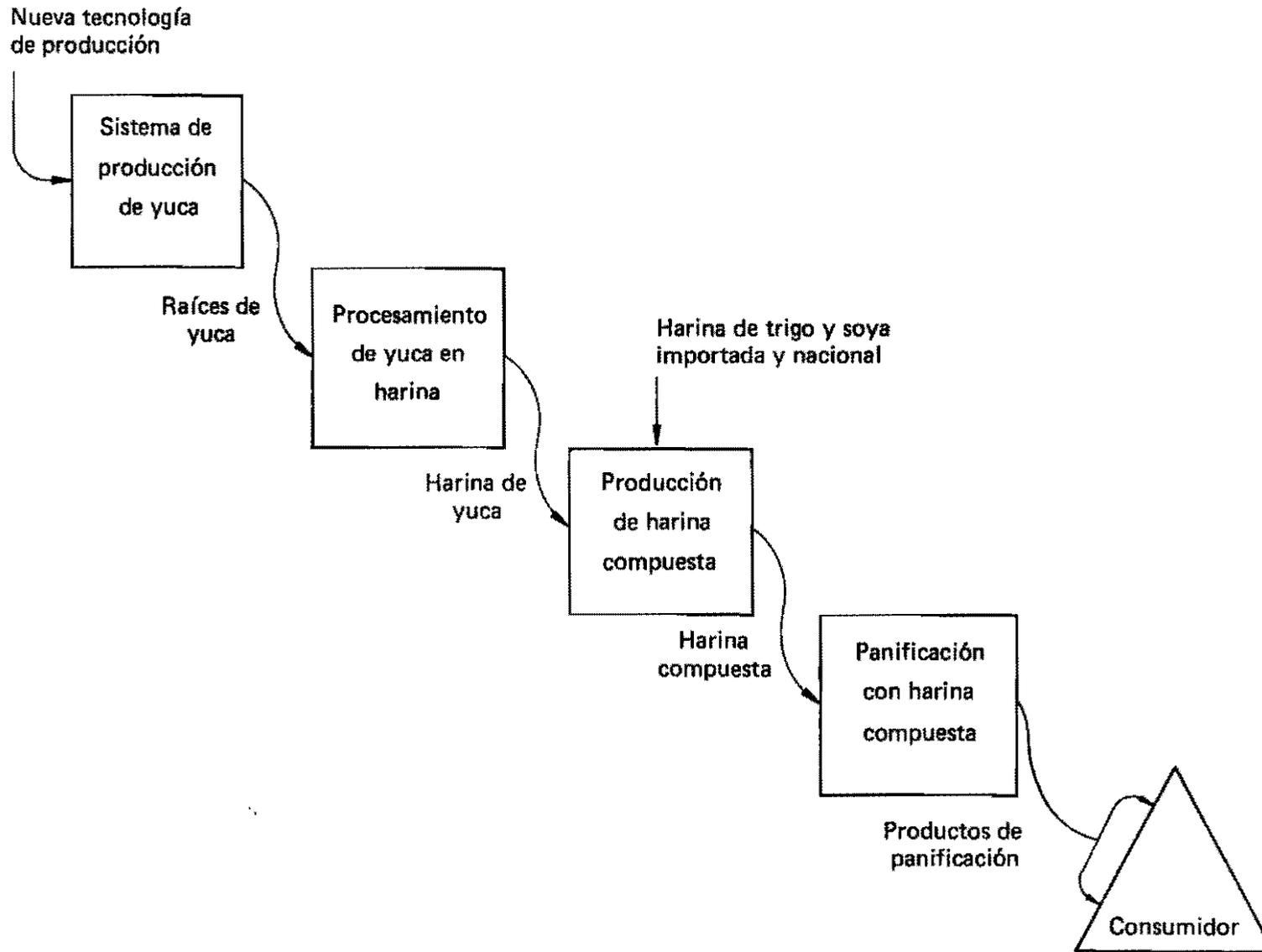
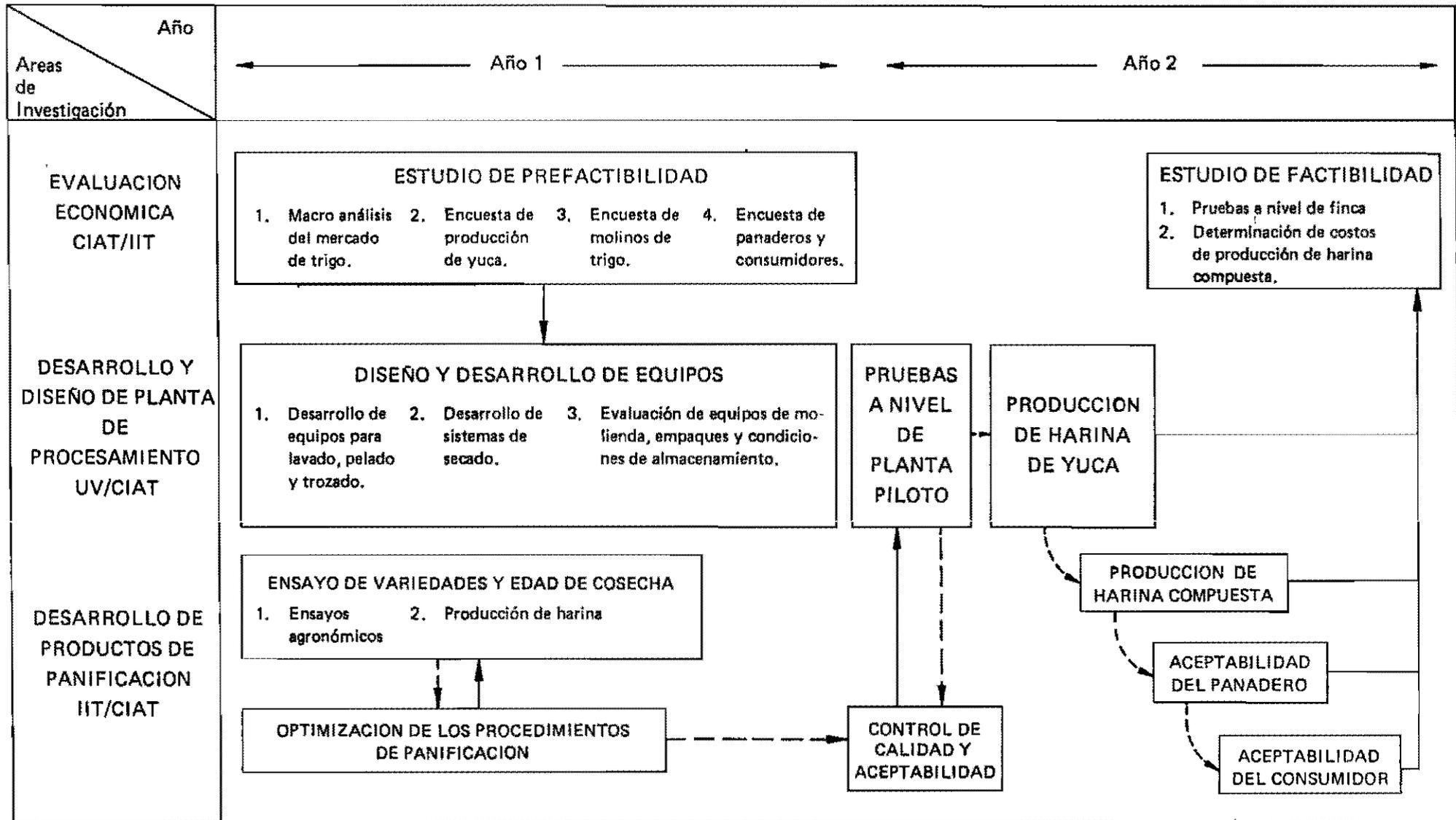


FIGURA 2. ACTIVIDADES PRINCIPALES EN EL PROYECTO DE PRODUCCION DE HARINA DE YUCA PANIFICABLE



—————> Flujo de información  
 - - - - -> Flujo de material

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.

### 2.1 Estudios económicos

Esta área 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.

El análisis de demanda anual 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 diariamente 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 agro-climáticas. 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 agro-climáticas. 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 adaptiva en cada micro-región para definir el sistema más rentable.

## 2.2 Diseño y desarrollo de planta de procesamiento

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 agrío 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 descascarado 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 necesitará 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

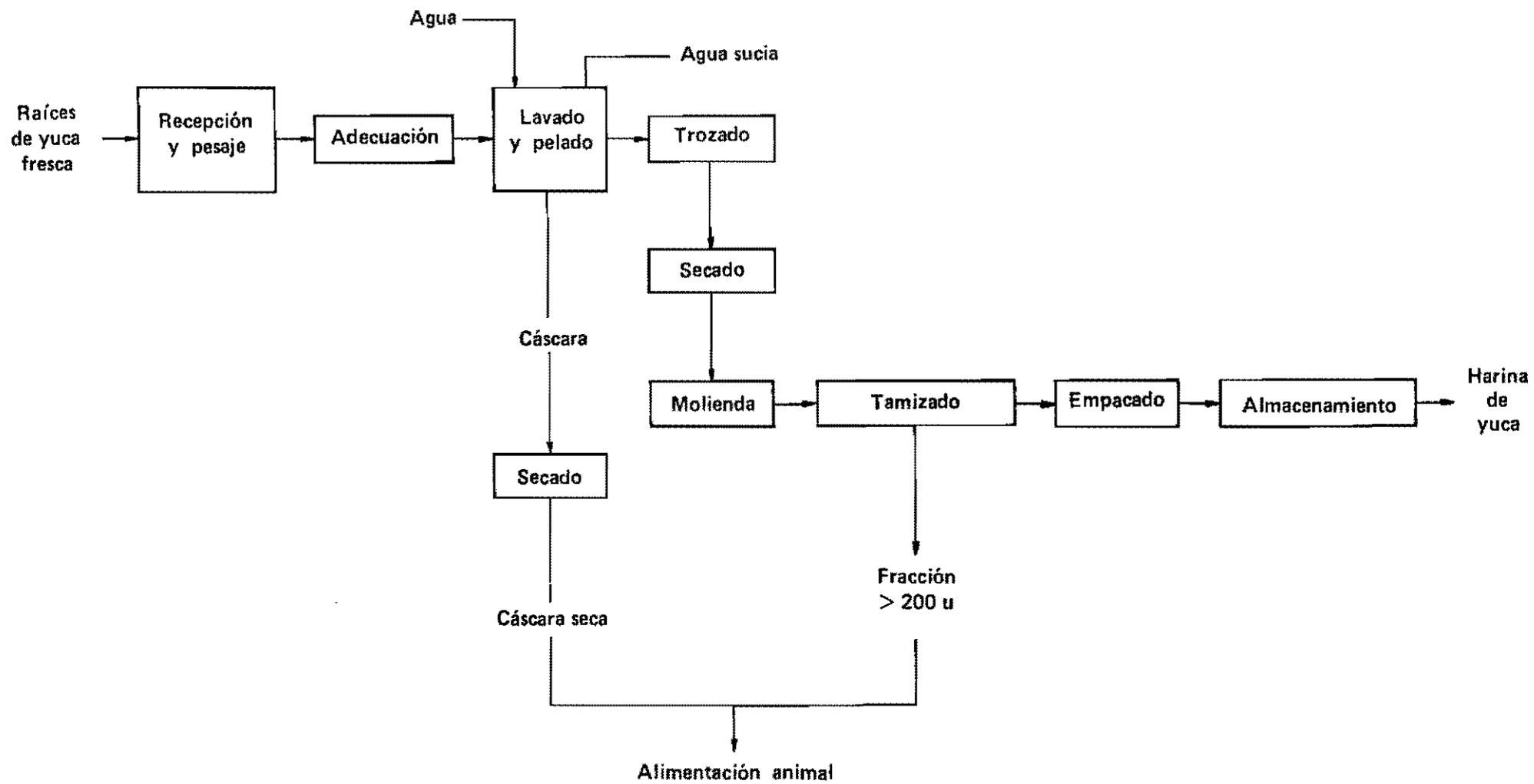


FIGURA 3. Diagrama de flujo de una planta procesadora de harina de yuca.

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 alto (más que  $0.5 \text{ m}^3/\text{t}$  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 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%; 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  $350 \text{ m}^3/\text{min}$ . 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 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 ésto 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 utiliza-

dos 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, ésto 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

La investigación realizada en esta área durante el primer año del proyecto ha sido orientada hacia el estudio de la influencia que tiene

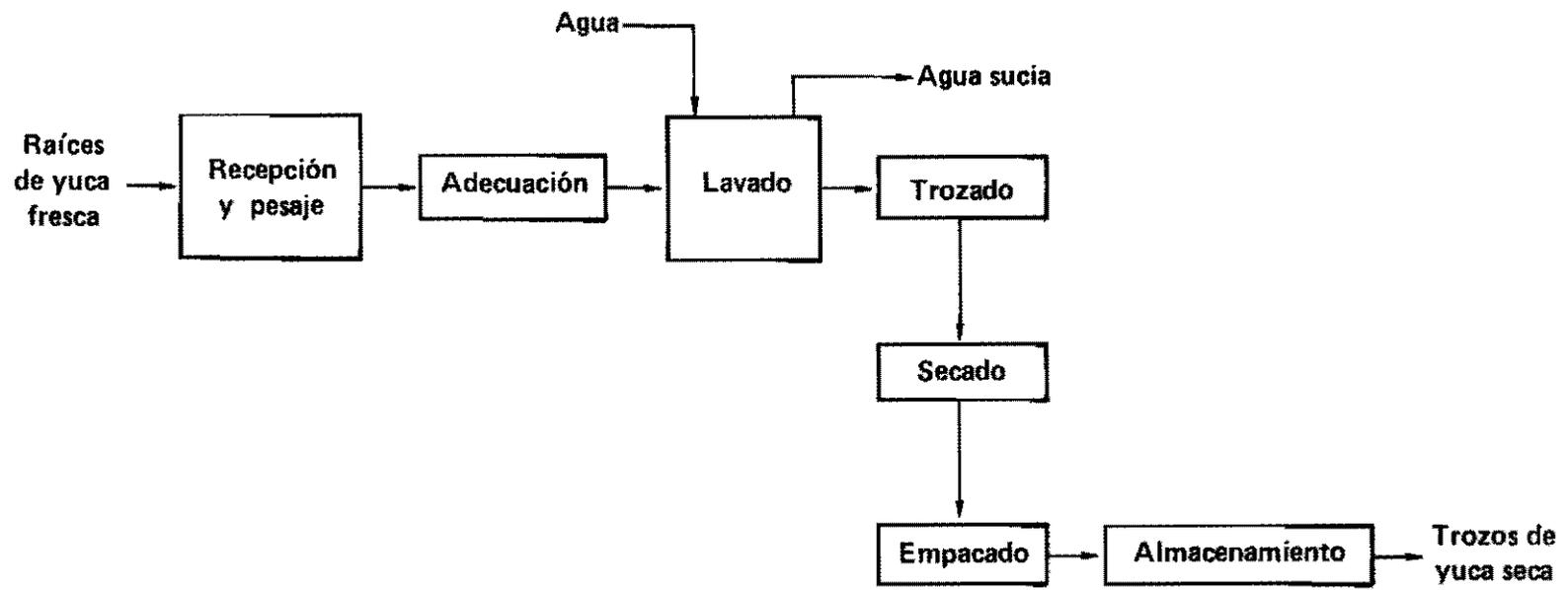


FIGURA 4. Diagrama de flujo de una planta procesadora de trozos secos de yuca.

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 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 horneado). 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.