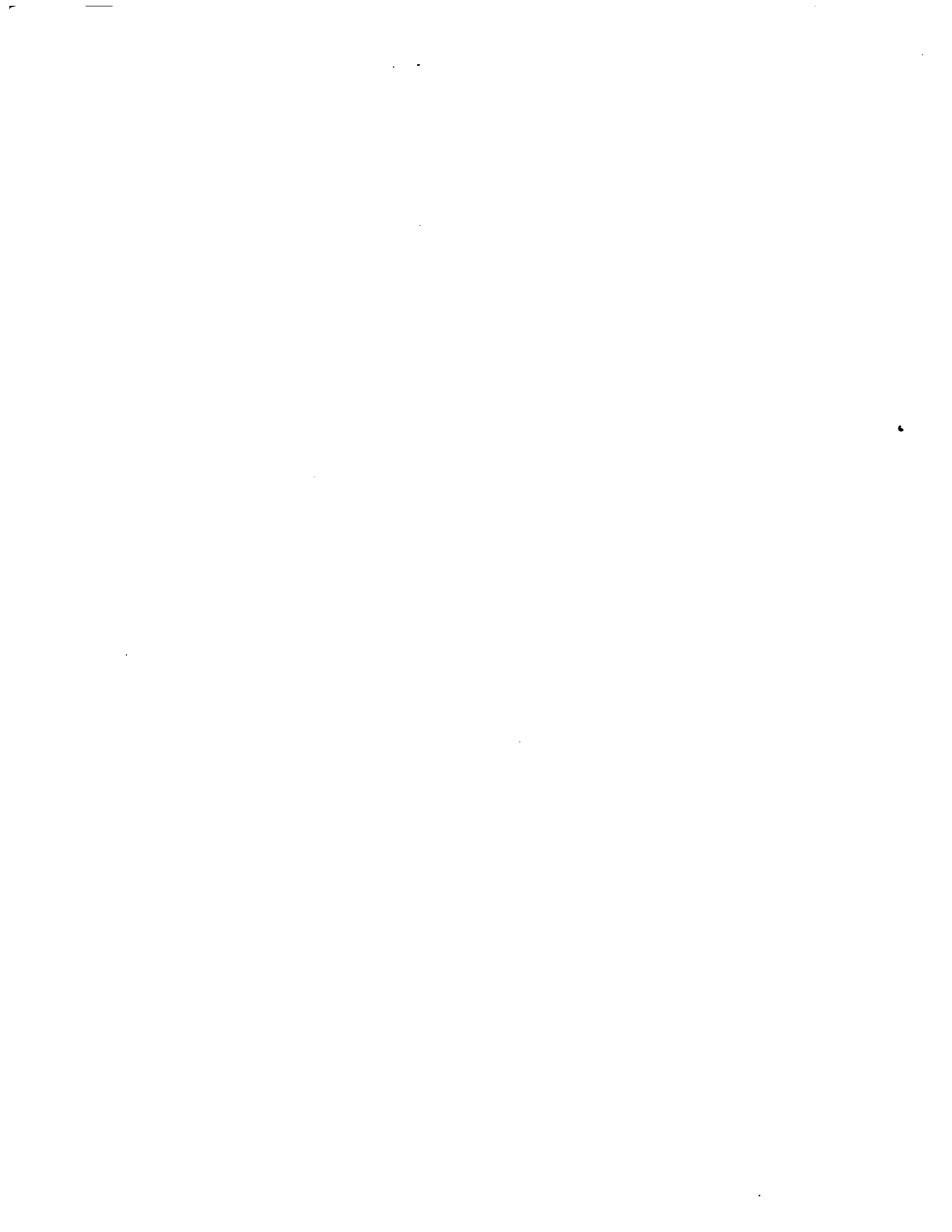


**Identificación de posibilidades de
acondicionamiento y transformación de raíces
y tubérculos autóctonos: Arracacha (*Arracacia
xanthorrhiza*), ñame (*Dioscorea sp.*) ulluco
(*Ullucus tuberosus*), ibia (*Oxalis tuberosa*) y
cubio (*Tropaeolum tuberosum*).**

I.A. M.Sc. GONZALO ALFREDO RODRÍGUEZ BORRAY
Centro de Investigación Tibaitatá



RESUMEN

Este trabajo de carácter exploratorio permitió, a través de pruebas de ensayo a nivel de laboratorio y de planta piloto, identificar algunas de las posibilidades para valorizar la producción de especies de raíces y tubérculos autóctonos, que tradicionalmente no han sido tenidos en cuenta en los programas de investigación y desarrollo agropecuario del país. Para comprender el sistema productivo y vislumbrar desde este ángulo las posibilidades de valorización, la investigación se desarrolló con un enfoque de cadena producción-consumo, analizando en primera instancia la tecnología actual de producción de las especies en las regiones donde su cultivo se halla concentrado. En segundo término se realizó un estudio de seguimiento físico de la estructura de comercialización y distribución, identificando puntos neurálgicos e ineficiencias en los procesos de formación de precios y de colocación de los productos en el mercado. Posteriormente se realizó un análisis de las características bromatológicas de los productos y una determinación de las propiedades funcionales de sus almidones con miras a identificar posibles usos como materia prima en la industria. De los anteriores pasos de caracterización se lograron identificar la arracacha y el ñame como las especies más promisorias para la investigación en tecnología de acondicionamiento y transformación, en tanto que para las otras especies es necesario mejorar primero su tecnología de producción agrícola. Las pruebas piloto mostraron buenas posibilidades de la arracacha y el ñame en la producción de harina y almidón, así como buenas características organolépticas y de proceso en la producción de panificados, pastas y frituras.

JUSTIFICACION

Las raíces y tubérculos comprenden una amplia gama de géneros y especies vegetales. Algunos de estos cultivos son considerados como alimento de primera necesidad en muchas regiones del mundo, siendo fuente de la mayor parte de carbohidratos consumidos por la población. Los carbohidratos de las raíces y tubérculos corresponden principalmente a almidón, almacenado en órganos como raíces expandidas, cormos, rizomas o tubérculos. Dentro de las especies de mayor expansión mundial se encuentran la papa (*Solanum tuberosum*), la yuca (*Manihot esculenta*) y la batata (*Ipomoea batata*). Sin embargo, en muchas regiones tropicales y andinas se encuentran otras especies de raíces y tubérculos de importancia en la alimentación de la población local y en las cuales no se ha investigado su potencial para suplir la alimentación de poblaciones urbanas y, menos aún, sobre sus posibilidades de industrialización.

La arracacha, la achira y el ñame son tres especies amiláceas de reconocida importancia económica y social en diversas regiones de economía campesina de las zonas andinas y tropicales de América Latina. A nivel de los países andinos se reconoce de la importancia del ulluco u "olloco", la ibia u "oca" y el cubio o "mashua" en las zonas altas de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y Venezuela; estos tubérculos menores son de gran importancia económica y nutricional para los agricultores andinos de subsistencia, como complemento al sistema productivo de la papa, dada su habilidad de crecer en altitudes elevadas bajo condiciones extremadamente difíciles.

En Colombia la producción anual de arracacha se estima en cerca de 70.000 toneladas, las cuales se producen en 6.400 hectáreas de cultivo, siendo extendido su consumo en las regiones urbanas y rurales del país. La producción de ñame se estima en 130.000 toneladas al año y la superficie de cultivo en 11.000 hectáreas, siendo importante su producción y consumo en la Costa Atlántica, especialmente para grupos poblacionales de ancestro africano. De los tubérculos menores (ulluco, ibia y cubio) no se dispone de estadísticas para el país pero se reconoce su importancia para múltiples productores del alto-andino en los departamentos de Nariño, Cauca, Cundinamarca y Boyacá. En el caso de estos tubérculos se conoce que algunos consumidores urbanos acostumbran a consumir el ulluco como un sustituto de la papa, especialmente en las ciudades de Pasto, Cali, Popayán, Tunja y Bogotá.

A pesar de su importancia en la generación de ingresos para productores campesinos y en la dieta alimenticia de diversos grupos sociales, la producción de estas especies en la mayoría de los países andinos se encuentra estancada debido, entre otras razones, al cambio en los hábitos de consumo de la población y a la falta de tecnologías orientadas hacia la diversificación de sus usos como alimento humano y animal o como materia prima alimentaria e industrial, que permitan la ampliación de su mercado y la valorización de la producción a nivel rural.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar diferentes tecnologías para la identificación de nuevas alternativas de aprovechamiento económico de especies promisorias de raíces y tubérculos en Colombia.

OBJETIVOS GENERALES

- Conocer las condiciones actuales de los sistemas de producción de las especies en estudio, en las principales zonas productoras, identificando

la problemática y la demanda de tecnología con la participación de los productores

- Conocer las condiciones actuales de los sistemas de mercado de las especies estudiadas, en los principales canales de distribución, identificando la problemática de comercialización.
- Identificar usos potenciales de estos productos a través de análisis de composición bromatológica y de caracterización fisicoquímica y microbiológica
- Establecer la factibilidad técnica de métodos y procesos de acondicionamiento y transformación de raíces y tubérculos a través de ensayos piloto.
- Socializar los resultados entre profesionales y técnicos vinculados al sector agroindustrial.

MATERIALES Y METODOS

El proyecto de investigación se desarrolló dentro de un enfoque de cadena agroalimentaria, analizando los eslabones de producción-distribución-consumo, para cada una de las especies consideradas.

Para el análisis de las características socioeconómicas y tecnológicas de la producción se recurrió a encuestas a productores y visitas a fincas en las principales regiones de producción así: en el caso de arracacha se seleccionó la región productora de Cajamarca, la cual contribuye con cerca del 50% a la producción nacional de arracacha; en el caso del ñame se seleccionaron productores en los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba, como principal región productora de la raíz. En el caso de los tubérculos menores, ulluco, ibia y cubio, se investigó la región productora en el departamento de Naríño. De este análisis se obtuvieron características agroecológicas y socioeconómicas de las zonas de producción, tecnologías de cultivo predominantes, estructura de costos de producción y problemática del cultivo y la postcosecha.

Para el análisis de la estructura de distribución y comercialización se recurrió a la entrevista de diferentes agentes comercializadores a nivel de mercados de acopio, plazas mayoristas, supermercados y distribuidores minoristas en los principales centros de consumo. Para cada especie se identificaron los principales canales de distribución y se estimaron los márgenes de comercialización, se establecieron los principales problemas de mercado y del proceso de formación del precio. A través de información secundaria, tomada de los principales mercados mayoristas, se establecieron las variaciones cíclicas y estacionales de los precios para la arracacha, el ñame y el ulluco.

En la segunda fase del estudio se realizaron análisis de laboratorio para caracterizar la composición bromatológica e identificar las potencialidades de uso de las especies en estudio, haciendo especial énfasis en la determinación de los contenidos y rendimientos de materia seca y almidón. Posteriormente se realizó el análisis de las características reológicas y funcionales de los almidones, para profundizar en el conocimiento de las especies y en la identificación de los usos potenciales.

Una vez identificados los limitantes y potencialidades en las fases de producción y mercado e identificadas las características físico-químicas y funcionales de las materias primas, en la tercera fase del estudio se diseñó y desarrolló un plan de ensayos piloto para valorar diferentes posibilidades de acondicionamiento y transformación de las especies. Los ensayos incluyeron:

- La prueba de cinco métodos de conservación de arracacha que incluyeron refrigeración, prefreido, encerado, enlatado y empaque al vacío, evaluando las operaciones unitarias en cada uno de los procesos y determinando las mejores condiciones para la conservación del producto.
- La evaluación a nivel de plantas piloto del rendimiento y condiciones de operación para la obtención de harinas y la extracción de almidón a partir de tres variedades de arracacha (amarilla, blanca y morada) y de dos especies de ñame, *Dioscorea alata* (*Ñame criollo*) y *Dioscorea rotundata* (*Ñame espino*).
- La realización de pruebas de panificación para la elaboración de pan, galletas y bizcochos con queso, a partir de la mezcla, en cada caso, de proporciones variables de harina de trigo con purés obtenidos de las especies analizadas.
- La realización de pruebas para la elaboración de pastas alimenticias a partir de mezclas, en proporciones variables de sémola de trigo con purés obtenidos de las especies en estudio.
- La realización de pruebas para la elaboración de frituras a partir de las especies en estudio, variando las condiciones de proceso relacionadas especialmente con temperatura y tiempo de freído.
- La producción de adhesivos a partir de almidones nativos y modificados de las especies consideradas, evaluando sus condiciones de adhesividad sobre tres tipos de materiales: papel-papel, cartón-cartón y papel-vidrio.

ACTIVIDADES REALIZADAS

- Caracterización de los sistemas de producción de las especies,
- Análisis de la estructura de distribución y comercialización,

- Determinación de las características reológicas y propiedades funcionales de los almidones,
- Pruebas experimentales en conservación de arracacha, producción de harina y almidón de arracacha y ñame, panificación, pastificación, frituras y adhesivos.
- Seminario taller para la discusión de resultados
- Publicación de resultados (actualmente en edición)

PRODUCTOS OBTENIDOS

- Tres estudios de caracterización de la producción de las especies consideradas: uno de arracacha en Cajamarca (Tolima), uno de ñame en los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba y otro de tubérculos andinos en el departamento de Nariño.
- Un estudio de análisis de la estructura de comercialización de las especies consideradas en sus principales canales de distribución.
- Caracterización fisico-química de las especies en estudio.
- Análisis reológico y características funcionales de los almidones obtenidos a partir de las especies en estudio.
- Evaluación de cinco métodos de conservación de arracacha (refrigeración, enlatado, prefreido, encerado y empaque al vacío).
- Evaluación técnica y económica de la producción de harina y almidón de arracacha.
- Evaluación técnica y económica de la producción de harina y almidón de ñame.
- Evaluación técnica de uso de arracacha, ñame, ulluco, ibia y cubio en la elaboración de productos panificados: pan, galletas y bizcochos.
- Evaluación técnica de uso de arracacha, ñame, ulluco, ibia y cubio en la elaboración de pastas alimenticias.
- Evaluación técnica de utilización de arracacha, ñame y ulluco en la elaboración de frituras.
- Evaluación técnica de utilización de almidones nativos y modificados de arracacha, ñame, ulluco y cubio en la preparación de adhesivos.
- Treinta y cinco profesionales actualizados en el tema.
- Propuesta de conformación de un Centro de Investigación en Raíces y Tubérculos Promisorios.

RESULTADOS

Caracterización de los sistemas de producción

A través de las encuestas y visitas a fincas se identificaron las características tecnológicas y económicas de los sistemas de producción y la problemática en torno al cultivo de las especies consideradas. Se observó muy poco desarrollo tecnológico para estas especies y la aplicación de paquetes tecnológicos diseñados para otras especies, principalmente para papa y yuca. Es necesario desarrollar recomendaciones específicas para la siembra, el control de problemas sanitarios y la cosecha. Se estimaron pérdidas poscosecha que fluctúan entre 20 y 40%.

Los principales problemas de producción del ñame son: la incidencia de la antracnosis, los altos costos de siembra, control de malezas y cosecha, la estacionalidad de las cosechas y la ausencia de variedades criollas resistentes a la antracnosis. Las pérdidas por deshidratación del tubérculo, el enraizamiento y el control de plagas en almacenamiento es una de las prioridades de investigación en la fase de postcosecha.

El principal problema del cultivo de la arracacha es el ataque de las "chisas", insectos coleópteros que llegan a disminuir la producción hasta en el 40%. Ante la alta incidencia de esta plaga los agricultores han recurrido al uso de insecticidas químicos que causan desequilibrios ecológicos y posibles efectos residuales en el producto. Otro de los principales problemas es la alta perecibilidad del rizoma el cual luego de las 48 horas de cosechado comienza a deteriorar-se por la fermentación; esto obliga a que el período de comercialización sea muy corto y que se produzcan pérdidas hasta del 30% por deterioro del producto. En la actualidad el programa agrícola de la Regional Seis de CORPOICA investiga el control biológico de la chisa mediante la utilización de hongos parasitoides. En postcosecha, se hace necesaria la investigación en sistemas de conservación para alargar la vida del producto.

El principal problema que afronta la producción de ulluco son los altos costos de producción, ya que no se cuenta con un paquete tecnológico específico para este cultivo. Se observa que hay una alta utilización de pesticidas de grado toxicológico I, comúnmente aplicados al cultivo de la papa. Ante los altos costos de producción, los agricultores prefieren sembrar otros cultivos menos costosos como el haba y los pastos para ganadería de leche. Esta situación está provocando que la producción de Nariño sea desplazada por la de otras regiones como Cundinamarca, Valle y Cauca. En postcosecha se presenta el problema del rápido deterioro de los tubérculos por verdeamiento y deshidratación. Aunque el productor trata de manejar

los precios demorando un poco la cosecha, una vez cosechado el ulluco tiene que comercializarse de inmediato, lo cual le hace perder poder de negociación a los productores.

La ibia no se produce en mayor escala porque no hay una demanda regular por el producto; La ibia se caracteriza por ser una especie bastante rústica, resistente a las heladas y a muchas de las plagas que se presentan en los ecosistemas donde se le cultiva. Constituye una buena opción para promocionarlo como un producto exótico en los mercados urbanos del país, pero esto requiere un mayor esfuerzo de parte de los distribuidores.

Para el cultivo del cubio no existen recomendaciones tecnológicas específicas. A pesar de sus componentes y características terapéuticas no se le ha aprovechado industrialmente. Al igual que en el caso de la ibia, los distribuidores deberían realizar un mayor esfuerzo para promocionar su consumo. Es necesario el desarrollo de alternativas tecnológicas que contribuyan a su valorización.

En la tabla 1 se resumen algunas de las características agroeco-lógicas requeridas para el cultivo de las especies estudiadas.

Tabla 1. Requerimientos agroecológicos de diferentes raíces y tubérculos.

Característica	AYU CASHA	ULLUCO	IBIA	CUBIO	
Periodo vegetativo (meses)	12-14	10-12	8-10	6-8	6-8
Rendimiento fresco (t/ha)	11,0	12,0	14,0	13,0	20,0
Temperatura media (°C)	15-20	25-30	12-14	12-14	12-15
Altitud (msnm)	1500 a 2500	0 a 500	2800 a 3500	2800 a 3500	2600 a 3500
Precipitación (mm/año)	600 a 800	1100 a 1500	600 a 1200	600 a 1200	600 a 1200
pH óptimo del suelo	5,0 a 5,5	5,0 a 6,0			

Análisis de la estructura de distribución y comercialización.

Desde el punto de vista del mercado, se observan grandes ineficiencias en la comercialización ya que del valor final al consumidor, más de las tres cuartas partes se quedan en la intermediación. En el proceso de formación del precio el productor tiene poca influencia. Los precios son muy variables y dependen de factores cíclicos y estacionales, generalmente asociados a

problemas de rentabilidad, la concentración de las temporadas de siembra y cosecha y la falta de alternativas de conservación y proceso. Se observa además una progresiva erosión del consumo, especialmente en los casos de ulluco, íbia y cubio, debido en gran parte a la urbanización y cambios en los hábitos alimenticios hacia productos procesados y de rápida preparación.

En la tabla 2 se presenta el cálculo de los márgenes de comercialización en los canales de distribución más característicos de las especies en estudio.

Tabla 2. Precios de venta de las raíces y tubérculos en las etapas de intermediación y cálculo del margen total de comercialización en los canales más característicos. 1996. (\$/kg).

Producto	Productor	Acopiador	Mayorista	Minorista	Margen total	Canal de comercialización
Ñame	120	130	163	260	117%	San Juan - Nepeño - Barranquilla.
Arracacha	380	645	822	1400	268%	Cajamarca - Bogotá
Ulluco	140	296	452	511	265%	Ipiales - Cali
Íbia	100		160	333	233%	Ipiales - Pasto
Cubio	80	100	300	433	441%	Chocoma - Tunja

Se puede observar, que en el proceso de formación del precio el productor tiene una baja participación, en tanto que las transacciones a nivel de mayorista y distribuidor minorista contribuyen significativamente en la conformación del precio final al consumidor. A excepción del caso del cubio, se observa que entre mayor es el grado de perecibilidad del producto mayor es el margen total de comercialización.

El estudio permitió establecer que de las especies analizadas la arracacha es la de mayor expansión comercial en el territorio nacional, tanto por sus volúmenes como por su amplio flujo geográfico; sin embargo, su consumo se liga a personas mayores, generalmente de origen rural, mientras que los jóvenes ciudadanos normalmente no la consumen por su sabor característico. El mercado del ñame es relativamente grande en volumen, pero su consumo interno está concentrado en los departamentos de la Costa Atlántica, donde se le considera un componente importante de la dieta alimenticia; es el único de los tubérculos con mercado de exportación y para esto cuenta con empresas comercializadoras de alguna tradición. El ulluco tiene un mercado mucho más limitado en volumen y su consumo está ligado a las

zonas productoras y a las poblaciones urbanas originarias de estas regiones. El cubio es un cultivo secundario, con volúmenes de oferta muy limitados y consumo localizado en las regiones frías de Cundinamarca y Boyacá; aunque su mercado es muy pequeño, se observa un esfuerzo de los distribuidores institucionales por promocionarlo a nivel urbano. La íbia es un producto que se le puede considerar en extinción comercial, pues su producción se destina prácticamente al autoconsumo campesino y a la comercialización en los pequeños mercados de las zonas productoras; a nivel urbano es muy difícil encontrarlo y en el tiempo del estudio fue imposible conseguir cantidades suficientes y homogéneas para realizar algunas de las pruebas de transformación.

Del estudio se pudo establecer que las dos especies con mayores potencialidades de industrialización son la arracacha y el ñame, debido a la oferta suficiente de producto y que la problemática en torno a la estacionalidad de la producción, en el caso del ñame y a la alta perecibilidad, en el caso de la arracacha, ameritan el desarrollo de tecnologías de acondicionamiento y transformación.

Análisis de composición

En la tabla 3 se muestra el análisis bromatológico de las especies investigadas; se han sombreado los valores más altos para resaltar los aspectos más interesantes de cada especie.

Tabla 3. Contenido bromatológico de los raíces y tubérculos estudiados. (En 100 gramos de parte comestible).

Componente	Ñame	Arracacha	Íbia	Íbia	Cubio
Parte comestible (g)	85	85	95	95	95
Calorías	100	105	58	55	58
Agua (g)	72,8	72,4	84,1	84,6	83,4
Proteína (g)	0,9	2,4	1,5	1,1	1,6
Grasa (g)	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1
Carbohidratos (g)	24,0	24,1	13,3	12,6	13,1
Vitamina A (U.I.)	190	0	0	0	0
Tiamina (mg)	0,06	0,14	0,04	0,04	0,05
Riboflavina (mg)	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04
Niacina (mg)	2,80	0,30	0,40	0,40	0,60
Ácido Ascórbico (mg)	20,00	6,00	20,00	25,00	120,00

Se observa que de los tubérculos analizados los más completos, desde el punto de vista nutricional, son el ñame y la arracacha.

El ñame presenta un contenido significativo de proteínas, comparable con el reportado para papa criolla de 2,5% (ICBF, 1992), un valor relativamente alto de grasa y de tiamina, sin embargo su aporte en otras vitaminas es bajo. La composición de las proteínas es reportada por Montaldo (1991) quien destaca los contenidos de aminoácidos como la leucina y fenilalanina, contenidos medios en lisina treonina y valina, regulares en isoleucina y tirosina y bajos en metionina, triptófano y cistina. Sin embargo, hay necesidad de realizar aminogramas para evaluar el valor de las proteínas en las especies y variedades cultivadas en Colombia. Por otra parte se observa que en el ñame el contenido de materia seca es más alto, lo cual lo hace propicio para la obtención de harinas y/o la extracción de almidón. Los relativos altos contenidos de carbohidratos y grasa, permiten caracterizar al ñame como uno de los tubérculos que brindan mayor aporte calórico, siendo superado tan solo por la yuca y el bore. (ICBF, 1992).

La arracacha amarilla presenta altos contenidos de vitamina A y valores significativos de riboflavina, niacina y ácido ascórbico, sin embargo, su aporte proteínico es muy bajo. Al igual que el ñame, presenta un contenido relativamente alto de materia seca. Por su valor vitamínico y alta perecibilidad es recomendable desarrollar procesos que permitan conservarla.

Los tubérculos menores presentan valores relativamente bajos de materia seca, lo cual implica que por su humedad el rendimiento de producción de harina o almidón sería muy bajo y no factible desde el punto de vista económico. En el caso de los ullucos, ibias y cubios se tiene el reporte de Ecuador y Perú de algunos genotipos que presentan mayores contenidos de materia seca y proteína, pero para lograr su introducción se requiere de un período de selección y adaptación relativamente largo. En nuestro concepto para estos tubérculos se debe trabajar en la identificación de compuestos esenciales de posible utilización industrial o farmacéutica, pero esto se escapa del alcance de esta investigación.

En la tabla 4 se presentan los resultados de las determinaciones de contenido de almidón, azúcares totales y reductores. Se observa que una vez deshidratados la arracacha, la ibia y el cubio son los que presentan el mayor contenido de azúcares y que el cubio y la arracacha presentan los mayores contenidos de azúcares reductores (glucosa y fructosa). El contenido de almidón del material seco es mayor en cubio, sin embargo, desde el punto de vista de productividad o rendimiento con relación a la materia prima los mayores valores los presentan el ñame y la arracacha, en un nivel bajo el ulluco y la ibia y en un nivel muy bajo el cubio. Se aprecia que a medida que aumenta la materia seca aumenta también el rendimiento en la extracción de almidón, siendo el ñame y la arracacha los mejores candidatos para explorar las posibilidades técnicas y económicas para la obtención de almidón y harinas integrales.

Tabla 4. Contenidos de azúcares y almidón y rendimiento en la extracción de almidón de las especies estudiadas.

Producto	Almidón (g/100 g)	Almidón soluble (g/100 g)	Almidón insoluble (g/100 g)	Rendimiento de almidón (g/100 g)	Rendimiento de almidón soluble (g/100 g)
Ñame	30,2	1,7	0,2	61,0	15,3
Arracacha	29,3	12,5	9,0	73,0	13,7
Ulluco	14,6	4,6	3,8	75,0	7,6
Ibia	16,4	12,3	6,9	62,0	6,7
Cubio	11,2	12,0	9,2	66,0	1,9

Características reológicas y funcionales de los almidones*:

En la Tabla 5 se presentan las principales características reológicas de los almidones en estudio.

Tabla 5. Contenido de amilosa, temperatura de gelatinización y viscosidad máxima de los almidones estudiados.

ESPECIE	Contenido de amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Viscosidad máxima (mPa.s)
Arracacha	18,5	58,7	717
Ñame	31,1	83,5	580
Ulluco	27,1	55,0	816
Ibia	24,2	48,1	865
Cubio	28,0		

El cubio no fue considerado por su bajo rendimiento en almidón.

*Trabajo conjunto realizado con CIAT y CIRAD-SAR de Francia.

El almidón nativo de ñame es altamente resistente a la esterilización y su comportamiento es mejor al de los almidones obtenidos a partir de cereales como maíz, trigo, sorgo y arroz. Esta característica lo hace viable en la preparación de alimentos que requieren esterilizarse como es el caso de alimentos infantiles.

Los almidones de arracacha y cubio son más resistentes a la congelación que los almidones de cereales y que los almidones modificados, lo cual los hace viables para utilizarlos en alimentos que requieren refrigerarse para su conservación.

El almidón de ibia se comportó mejor en medio ácido que los almidones nativos de cereales. El almidón de arracacha no presenta sinéresis en medios ácidos y es resistente a un pH de 2,4 por 4 semanas a 4 grados centí-

grados. Estas características permiten utilizar los almidones de arracacha y de íbia en la elaboración de productos alimenticios de carácter ácido.

Conservación de arracacha

Dentro de los métodos probados se encontró que la congelación a -20 grados centígrados, el prefreido y posterior congelación y el enlatado son apropiados para conservar el producto durante 4 semanas, sin afectar sus características nutricionales, microbiológicas y organolépticas.

Producción de harina y almidón de arracacha

Los mejores rendimientos alcanzados en harina son del 16,3% con arracacha amarilla y en almidón de 12,3% con arracacha blanca. Es necesario realizar adaptaciones sobre los sistemas de extracción que permitan elevar los rendimientos para que sean rentables y competitivos con otros productos en el mercado. El almidón de arracacha muestra gran resistencia a la congelación y a la acidez sin presentar retrogradación, lo cual lo hace apto para utilizarse como ingrediente en productos alimenticios que requieran refrigerarse, por ejemplo, embutidos de cárnicos, helados y productos lácteos, o que se conserven con bajos pH como las conservas de cítricos y otros de carácter ácido. Dadas las características funcionales del almidón, el valor nutricional de la harina integral de arracacha y la amplitud de mercado que tiene este tipo de productos, es recomendable continuar ajustando la tecnología para mejorar el rendimiento de los procesos de fabricación de harina y extracción del almidón; esta actividad podría desarrollarse como un proyecto productivo, a nivel de planta semicomercial, con la participación de agricultores en la región de Cajamarca.

Producción de harina y almidón de ñame

Los mejores rendimientos de almidón fueron de 16,6% con el ñame espino y de harina de 24.5% con el ñame espino. Al igual que en arracacha, los sistemas de extracción en planta deben ser mejorados para aumentar rendimientos y disminuir costos. El almidón de ñame presenta buena resistencia a los cambios bruscos de temperatura, lo cual lo hace viable de utilizarse como ingrediente en productos que requieran esterilizarse, principalmente en la línea de alimentos infantiles. Dadas las características del almidón, y el contenido de aminoácidos esenciales en las harinas, es recomendable ajustar la tecnología de proceso para mejorar los rendimientos. Esto se podría realizar a través de un proyecto productivo, a nivel de planta semicomercial en alguno de los municipios productores de la Costa Atlántica, entre ellos Carmen de Bolívar o San Juan Nepomuceno, donde hay una alta concentración de productores de ñame.

Productos panificados

Los cubios, ibias y ullucos le brindan un buen volumen a los panes elaborados con harina de trigo y adición de estas especies en forma de puré, destacándose el cubio que le confiere un mayor volumen, por lo cual se le puede considerar como un mejorador natural del gluten. En el caso de panes, las mejores características organolépticas se presentaron cuando se adicionó puré de arracacha al 25%. En el caso de galletas las mejores características sensoriales se presentaron con la adición de ibia al 33%, aunque el ñame presentó buenas características de molde y horneado. En el caso de bizcochos con queso, el mejor comportamiento sensorial y de procesamiento lo presentó la adición de arracacha al 33%. Para mejorar rendimientos se debe probar con almidón y harina integral, con lo cual probablemente se podrán elevar los grados de sustitución de harina de trigo.

Pastas alimenticias

Al probar el comportamiento de los purés de los diferentes tubérculos, adicionándolos a la sémola de trigo para la elaboración de pastas alimenticias frescas, se observó que el mejor comportamiento sensorial lo presentó la arracacha con adición del 17%, sin embargo mayores adiciones pueden ser probadas utilizándola en forma de harina. El ñame presentó el mejor comportamiento en proceso por su mayor elasticidad y cohesión.

Frituras

Los ensayos de preparación de frituras a partir de tubérculos y raíces mostraron un buen comportamiento en el caso de arracacha y ñame, tanto en las condiciones de proceso (consumo de aceite, tiempo de fritura, temperatura de freído) como en las características organolépticas del producto final. Especialmente en el caso de la arracacha se observó una alta potencialidad para su comercialización dado su excelente sabor y el color amarillo intenso del producto freído. En el caso del ñame se deben probar otras especies para mejorar su textura que en la actualidad se presenta quebradiza. Para los tubérculos menores se recomienda probar sistemas de pretratamiento con escaldado o ácido láctico que reduzcan el contenido de azúcares reductores y permitan mejorar la textura y el color de la fritura.

Adhesivos

Al probar los almidones nativos en la fabricación de adhesivos se encontró el mejor comportamiento en ñame y arracacha cuando se le utiliza en pegado de papel, cartón y papel-vidrio, con fuerzas de pegado similares a las que ofrecen los adhesivos de yuca y maíz, utilizados como testigos. En el

caso de almidones modificados mediante la adición de ácido clorhídrico e hidróxido de sodio se observó el mejor comportamiento de la arracacha. Sin embargo, la sustitución comercial de los almidones modificados de maíz es difícil dado el bajo costo de su utilización en la fabricación de adhesivos. Los almidones nativos de arracacha y ñame son una alternativa factible para la producción de pegantes biológicos; para potencializar esta alternativa, se debe buscar la integración con la industria de adhesivos en proyectos de investigación y desarrollo de nuevos productos.

RECOMENDACIONES

Este proyecto fue de carácter exploratorio y, como tal, permitió tener una primera aproximación sobre la identificación de posibilidades de uso de las especies en estudio. Claramente se observa una mayor potencialidad en el caso de la arracacha y el ñame por su amplio mercado y por la diversidad de usos factibles.

En una segunda etapa, se deberán desarrollar nuevas investigaciones o proyectos para evaluar los resultados más promisorios en condiciones comerciales o semicomerciales. Para esto se trabaja en la elaboración de un portafolio de proyectos sobre el tema.

Dentro de las líneas prioritarias de investigación y desarrollo se han identificado las siguientes:

- Desarrollo y adaptación de mecanismos y procesos que permitan mejorar la eficiencia de la obtención de harinas y de la extracción de almidón, especialmente en los casos de arracacha y ñame.
- Evaluación técnica y económica de utilización de harinas integrales en procesos de panificación y pastificación.
- Evaluación de operaciones de extrusión para la elaboración de frituras especialmente a partir de arracacha, ñame y ulluco.
- Análisis fitoquímicos específicos para la identificación de compuestos esenciales de uso industrial y/o farmacéutico.
- Desarrollo y transferencia de prácticas culturales en arracacha y ñame, tendientes a reducir costos de producción y mejorar competitividad de estas especies.
- Desarrollo y transferencia de paquetes agronómicos específicos para los cultivos de ulluco, ibia y cubio, tendientes a recuperar su mercado.
- Estudios de mercado y diseño de estrategias comerciales para el posicionamiento de los productos frescos y sus procesados.

- Consolidación de una Red de investigadores y técnicos en el tema de raíces y tubérculos promisorios.
- Establecimiento de un Centro de Investigación en Tecnología Agrícola y de Procesos para Raíces y Tubérculos Promisorios.