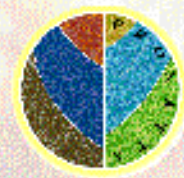




Corpoica

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Subdirección de Investigación e Innovación Tecnológica
Programa Nacional de Procesos Agroindustriales

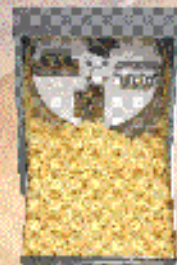


Programa Nacional de Transferencia
De Tecnología Agropecuaria

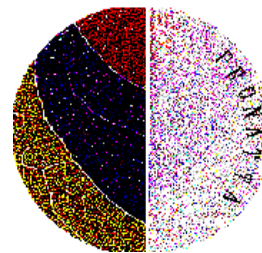
LA HARINA DE ARRACACHA

(Arracacia xanthorrhiza)

Manual técnico Para su elaboración



Gonzalo A. Rodríguez Borray
Hugo Reinel García Berra
Jesús H. Camacho Tamayo
Freddy Leonardo Arias G.
Juan José Rivera Varón
Felipe de la Torre Duque



CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA
Subdirección de Investigación e Innovación Tecnológica
Programa Nacional de Procesos Agroindustriales

Con la cofinanciación de:
Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA

La Harina de Arracacha
(*Arracacia xanthorrhiza*)

Manual Técnico para su Elaboración

Gonzalo A. Rodríguez Borray
Hugo R. García Bernal
Jesús H. Camacho Tamayo
Freddy L. Arias Guerrero
Juan José Rivera Varón
Felipe de la Torre Duque

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	I
PRESENTACIÓN	1
1. GENERALIDADES	2
2. LA ARRACACHA EN COLOMBIA	3
3. EL CULTIVO DE LA ARRACACHA	4
3.1 CLASIFICACION BOTÁNICA Y NOMBRES COMUNES	4
3.3. CONDICIONES ECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO.....	5
3.4. CULTIVARES	6
5. EL PROCESAMIENTO DE LA HARINA INTEGRAL DE ARRACACHA	9
5.1 ANTECEDENTES DEL PROCESAMIENTO.....	9
5.2. OPERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE LA HARINA	10
5.2.1. COSECHA Y SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA	12
5.2.2. LAVADO DEL MATERIAL.....	12
5.2.3. TROZADO DEL MATERIAL.....	14
5.2.4. SECADO DE LOS TROZOS.....	14
5.2.5 MOLIENDA DE LOS TROZOS	16
5.2.6. CLASIFICACIÓN DE LA HARINA	17
5.2.7. EMPAQUE DE LA HARINA	17
6. DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE ARRACACHA A PEQUEÑA ESCALA	19
BIBLIOGRAFÍA	23

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Superficie cultivada, producción y rendimiento de arracacha en Colombia,</i>	4
<i>Tabla 2. Composición de las raíces y las cepas de arracacha (contenido en 100 gramos de parte comestible)</i>	8
<i>Tabla 3. Composición química de los rizomas de arracacha durante el flujo de procesamiento en harina.</i>	10
<i>Tabla 4. Inversión requerida para el establecimiento de una Planta de elaboración de harina de arracacha con capacidad de 1 tonelada de raíces por día.</i>	21
<i>Tabla 5.. Costo estimado de elaboración de una tonelada de harina integral de arracacha.</i>	22

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación de los departamentos productores de arracacha.</i>	3
<i>Figura 2. Cultivo de arracacha (Izquierda) y sus raíces (Derecha)</i>	5
<i>Figura 3. Tipos de cultivares de arracacha</i>	6
<i>Figura 4 Estacionalidad de la producción de arracacha en Colombia.</i>	7
<i>Figura 5. Flujo del proceso de elaboración de la harina integral de arracacha</i>	11
<i>Figura 6. Cosecha de la arracacha</i>	12
<i>Figura 7.. Equipo para lavado de las raíces (izquierda) y su esquema (derecha).</i>	13
<i>Figura 8. Equipo para el trozado de raíces.</i>	14
<i>Figura 9. Estructura del secador solar tipo invernadero.</i>	15
<i>Figura 10. . Mesones (izquierda) y bandejas para el secado de los trozos de arracacha</i>	15
<i>Figura 11. Molino de martillos CORPOICA para obtención de harina de arracacha.</i>	16
<i>Figura 12. Presentación de la harina de arracacha para el consumidor.</i>	17
<i>Figura 13 Balance de masa del proceso de harina de arracacha, basado en 1000 Kg de rizomas (T=masa total del flujo, A= agua, S= almidón, N= compuestos amiláceos)</i>	18
<i>Figura 14. Áreas requeridas para el proceso de fabricación de harina de arracacha.</i>	20

PRESENTACIÓN

El presente manual corresponde a una recopilación de recomendaciones tecnológicas para la elaboración de harina de arracacha, el cual recoge los resultados de la investigación desarrollada por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, en los últimos años a través de su Programa Nacional de Procesos Agroindustriales, con el cofinanciamiento del Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, PRONATTA, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

La publicación tiene como propósito ofrecer a los productores, procesadores y técnicos el conjunto de recomendaciones tecnológicas para cada una de las operaciones que conforman el proceso de obtención de harina de arracacha, bajo las condiciones de pequeños y medianos productores que desarrollen actividades de Agroindustria Rural.

El documento en su primera parte presenta información básica sobre las características de la producción de la arracacha, con base en la revisión de las cifras del anuario estadístico del Ministerio de Agricultura para el cultivo de la arracacha en Colombia y en la revisión bibliográfica de otras fuentes secundarias.

En la segunda parte se describen las principales características de la planta, se analizan los requerimientos climáticos para su cultivo y se dan brevemente las pautas agronómicas para la obtención de buenos rendimientos agrícolas. Las recomendaciones de esta parte corresponden en su mayoría a los resultados obtenidos por la Regional Seis de CORPOICA y el CRECED Tolima con sede en Ibagué, en investigaciones realizadas en el municipio de Cajamarca, Tolima.

En la tercera y última parte se analizan en forma más detallada las operaciones unitarias del proceso de obtención de la harina, que abarcan desde la cosecha de los rizomas, hasta el empaque y almacenamiento de la harina. En esta misma sección se hacen nuevas propuestas tecnológicas con base en los resultados del proyecto “Concepción de un modelo de agroindustria rural para la elaboración de harinas y almidones a partir de raíces y tubérculos promisorios”, cofinanciado por PRONATTA.

Los autores agradecen la participación de la Ingeniera Ambiental Mary Galindo, del Ingeniero Mecánico Edwar Marcelo y de Juan Carlos Zutta, estudiante de ingeniería industrial de la Universidad Distrital, quienes como contratistas apoyaron el desarrollo de la investigación y también a los funcionarios Pablo Emilio Morales, José Andrés Fonseca y Ramón Elías García quienes participaron en la construcción y evaluación de los prototipos de proceso.

Finalmente queremos reconocer de manera muy especial a la Asociación Regional de Agricultores de Cajamarca, Toche y Cocora, ARACATOL, con quienes se ha establecido una Planta Piloto para el procesamiento de la arracacha y han mostrado su interés y empeño para incursionar en actividades de agroindustria rural para la transformación y valorización de este importante producto regional.

1. GENERALIDADES

La arracacha es considerada una de las plantas domesticadas más antiguas de América en virtud de su gran variabilidad y la existencia de formas silvestres (Rodríguez C, 1999). No hay vestigios que permitan identificar el origen exacto de la especie, pero es probable que se encuentre en el área septentrional de América del Sur, entre Colombia, Ecuador y Perú, por la presencia de especies silvestres afines. Bukasov (1981) señala que posiblemente el territorio de Colombia constituyó un centro primario de domesticación de la arracacha, dada su gran variedad en esta región. En la medicina nativa se le utilizaba cocida y amasada en calidad de cataplasmas antiinflamatorios y antisépticos; también se le conocía como diurético y estimulante, antidiarréico, para expulsar la placenta y para las verrugas de la piel (Estrella, 1990).

Actualmente la arracacha es cultivada a lo largo de la cordillera de Los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Chile y noroeste de Argentina. Se puede cultivar desde 200 a 3200 metros sobre el nivel del mar (msnm), pero se desarrolla mejor entre 1.800 a 2.500 msnm. Los investigadores del Centro Internacional de la Papa (CIP), calculan que unas 30.000 hectáreas se dedican al cultivo de la arracacha en América del Sur y América Central.

Colombia es el primer productor mundial de arracacha, con una producción anual de más de 100.000 toneladas (Ministerio de Agricultura, 2002), el cultivo se encuentra en casi todos los departamentos andinos, concentrándose especialmente en el municipio de Cajamarca, departamento del Tolima. De acuerdo con el Centro de Raíces Tropicales (CERAT, 2000), en Brasil la arracacha, fue introducida hace cerca de 100 años procedente de Colombia; su cultivo se realiza principalmente en las regiones del sur y del sudeste, en los estados de Minas Gerais, Paraná, Espirito Santo y Santa Catarina, estimándose una superficie cosechada de 12.000 hectáreas y un volumen comercializado de 90.000 toneladas al año. En Venezuela la arracacha se cultiva principalmente en los estados de Mérida, Trujillo y Táchira, la producción se estima en cerca de 23.500 toneladas al año (Ortega-Cartaya et al, 2000). En Ecuador el cultivo se concentra en la región de San José de Minas, ubicada en la provincia de Pichincha (Espinoza, 1999); las estadísticas permiten estimar la producción ecuatoriana entre 12.000 y 24.000 toneladas anuales. En Perú la principal zona productora de arracacha se encuentra en el distrito de Sókota, departamento de Cajamarca, estimándose un área cultivada de 2.000 a 3.000 hectáreas (Seminario, 1999). En Bolivia, el cultivo se desarrolla principalmente en San Juan de La Miel, en la Provincia de Nor Yungas, a 200 km de La Paz, donde se estiman 170 hectáreas de cultivo (Rea, 1999).

Otras regiones donde se ha reportado el cultivo de arracacha son el norte de Chile, Costa Rica, Puerto Rico, Cuba y otras islas del Caribe. En Asia y África se reportan introducciones en Sri Lanka, Ruanda y Burundi, pero no se conocen los resultados de su adaptación.

La arracacha se cultiva principalmente por su raíz reservante que es de sabor agradable y de fácil digestibilidad, ya que posee un almidón muy fino, alto contenido de calcio y vitamina A y niveles adecuados de niacina, ácido ascórbico y fósforo (ICBF, 1988). Su principal inconveniente es su corta vida de almacenamiento y su vulnerabilidad a sufrir daños durante el transporte. Dado su valor nutricional el consumo de arracacha es recomendado en la dieta alimenticia de niños, ancianos y convalecientes. Aunque la arracacha es más conocida por sus raíces, ninguna parte de

esta planta queda sin aprovecharse. Los tallos y las hojas se usan como alimento para animales y las hojas, que tienen un alto contenido de oxidantes, también se usan en muchas aplicaciones medicinales tradicionales (CIP, 2000).

La arracacha generalmente se comercializa en estado fresco para preparaciones caseras de sopas, purés, pasteles y dulces, pero en Brasil a partir de ésta se han desarrollado algunos productos transformados como harina, arracacha frita, arracacha precocida, sopas instantáneas y alimentos infantiles; en Perú se produce un dulce típico denominado “rallado de arracacha”, el cual es elaborado con miel de caña.

2. LA ARRACACHA EN COLOMBIA

El cultivo de la arracacha en Colombia se encuentra ampliamente difundido en las cordilleras andinas y en alturas comprendidas entre los 1.500 y 2.500 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo con las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el área sembrada de arracacha en Colombia en el año 2001 fue de 8.768 ha, con una producción total de 101.452 toneladas y un rendimiento promedio de 11,57 toneladas por hectárea. El departamento del Tolima es el principal productor con cerca del 63% de la producción total nacional, seguido por los departamentos de Santander, Boyacá y Huila (Figura 1 y Tabla 1). Vale la pena destacar que el municipio de Cajamarca (Tolima) concentra más del 40% de la producción nacional y puede considerarse, sin duda, como el principal centro mundial de producción de arracacha.

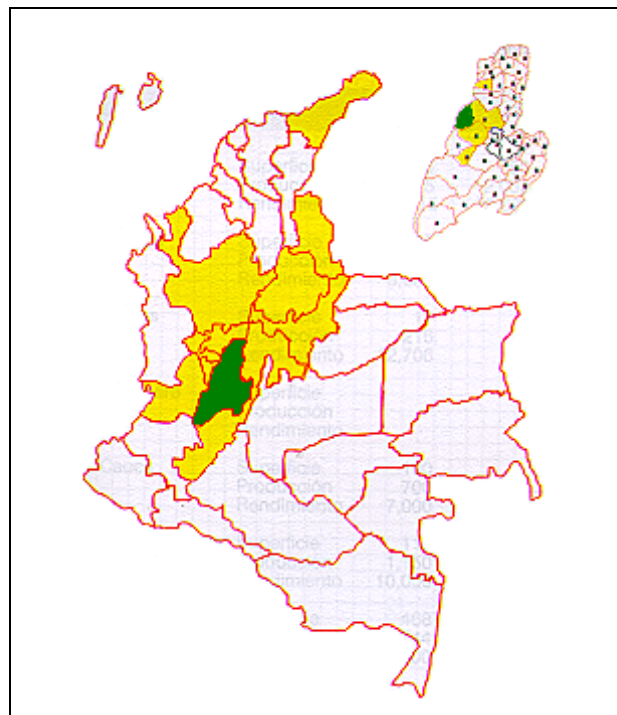


Figura 1. Ubicación de los departamentos productores de arracacha.

Tabla 1. Superficie cultivada, producción y rendimiento de arracacha en Colombia, según departamentos. 2001.

Departamento	Superficie cosechada (hectáreas)	Producción de raíces (toneladas)	Rendimiento de raíces (toneladas/hectárea)
Antioquia	125	1.860	14,88
Boyacá	684	6.490	9,49
Caldas	47	420	8,94
Cundinamarca	507	3.711	7,32
Huila	797	5.749	7,21
Guajira	226	2.034	9,00
Nariño	25	217	8,68
Norte de Santander	460	7.253	15,77
Quindío	30	364	12,13
Risaralda	50	240	4,80
Santander	403	6.566	16,29
Tolima	5.188	64.206	12,38
Valle	226	2.342	10,36
Total Nacional	8.768	101.452	11,57

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2002. Anuario estadístico del sector agropecuario 2001.

3. EL CULTIVO DE LA ARRACACHA

3.1 CLASIFICACION BOTÁNICA Y NOMBRES COMUNES

La arracacha es una planta perenne que pertenece a la familia de las umbelíferas y cuyo nombre científico es *Arracacia xanthorrhiza*.

Diversos son los nombres comunes que recibe la especie según las regiones y países que la cultivan, pero la mayoría de estas denominaciones se derivan del vocablo quechua “*racacha*”. En Colombia, Perú y Bolivia se le denomina *arracacha*; en algunas regiones de Perú se le llama *virraca*, *racacha* o *ricacha* y en otras de Bolivia *lacachu*; en Venezuela *apio criollo*, en Puerto Rico *apio*, en Ecuador *zanahoria blanca* y en Brasil *mandioquinha-salsa* y *batata baroa*. En el idioma inglés generalmente se le nombra como *white peruvian carrot* y en francés *paneme* o *pomme de terre cereley*.

3.2. MORFOLOGÍA

La planta tiene cuatro fragmentos vegetativos o estructuras principales: las raíces de almacenamiento, la cepa, los tallos aéreos y las hojas.

Las raíces de almacenamiento constituyen el principal producto económico de la planta, pues allí se acumula la mayor parte del almidón y los demás nutrientes; regularmente tienen forma

cónica, con longitud variable entre 5 y 25 centímetros y hasta 12 centímetros de diámetro, .son de color amarillo, crema o violáceo, pesan entre 100 y 300 gramos, aunque algunas pueden pesar más de un kilogramo. Las raíces de almacenamiento no regeneran brotes por lo cual no se les utiliza como material de propagación.

La cepa o tronco es una estructura cilíndrica gruesa de longitud y diámetro variables, dependiendo de factores genéticos y de manejo del cultivo. Las raíces de almacenamiento se conectan a la base de la cepa a través de cuellos o coronas comprimidas, las cuales se desprenden fácilmente de la cepa en el momento de la cosecha.

Los tallos aéreos o cormelos, comúnmente llamados **colinos**, son estructuras que se desprenden de la parte superior de la cepa. Son estructuras específicas de la arracacha, las cuales presentan numerosas yemas y sirven como material de propagación. Cada cormelo en su parte apical carga de 3 a 7 hojas pecioladas.

Las hojas consisten en peciolo alargados con láminas bipinadas características de cada variedad, de 30 a 60 centímetros de longitud, de color verde intenso cuando jóvenes y amarillo cuando están maduras.

Las inflorescencias son umbelas compuestas, con flores moradas, un cáliz y una corola de cinco partes. El fruto es bicarpelar con un ovario inferior.



Figura 2. Cultivo de arracacha (Izquierda) y sus raíces (Derecha)

3.3. CONDICIONES ECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO

Bajo las condiciones colombianas, la arracacha crece bien en alturas comprendidas entre los 1.000 y 2.000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas óptimas entre 15°C y 25°C. Cuando no se cuenta con riego, los requerimientos de lluvias están entre 800 y 1.200 milímetros anuales, bien distribuidos, de preferencia con lluvia en el tiempo de la siembra y durante el desarrollo vegetativo del cultivo y seco para la cosecha, para lograr una mayor acumulación de almidón en las raíces. Requiere de suelos profundos, con buen contenido de materia orgánica, fértiles y con buen drenaje, preferiblemente arenosos a franco-arenosos y con pH entre 5 y 7.

Dependiendo de la variedad, la altitud y de las condiciones ecológicas y de manejo agronómico, el período vegetativo entre la siembra y la cosecha puede variar entre 8 y 18 meses, con

rendimientos comerciales que varían entre 10 y 20 toneladas de raíces por hectárea. Bajo las condiciones de cultivo en Cajamarca, Tolima, el período vegetativo varía entre 10 y 14 meses, con un rendimiento medio de 12,5 toneladas por hectárea.

En general, el cultivo de la arracacha se restringe a climas tropicales de montaña, relativamente fríos pero libres de heladas, similares a los requeridos para el cultivo del café. (Hermann, 1997).

3.4. CULTIVARES

En la actualidad se reconocen más de 60 especímenes, distribuidos entre Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, diferenciados principalmente por el color y forma de las ramas y hojas, el color externo de la raíz y su pigmentación interna, que puede ser blanca, amarilla o con pigmentaciones moradas, como se presenta en la Figura 3.



Figura 3. Tipos de cultivares de arracacha

3.5. PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO

De acuerdo con estudios adelantados por CORPOICA (2003), en el municipio de Cajamarca, la producción de biomasa del cultivar de arracacha amarilla, considerando todas las partes de la planta, es en promedio de 43,7 toneladas por hectárea, con variación de más o menos 12,1 toneladas. Del total del peso fresco de la biomasa el 62% corresponde a las raíces, el 13% a las cepas y el 25% a las partes aéreas de la planta. En la Figura 4 se observa la estacionalidad de la producción de arracacha, encontrándose dos picos de cosecha en el año, el primero entre marzo y mayo y el segundo entre octubre y noviembre, que corresponden a la distribución bimodal de las lluvias.

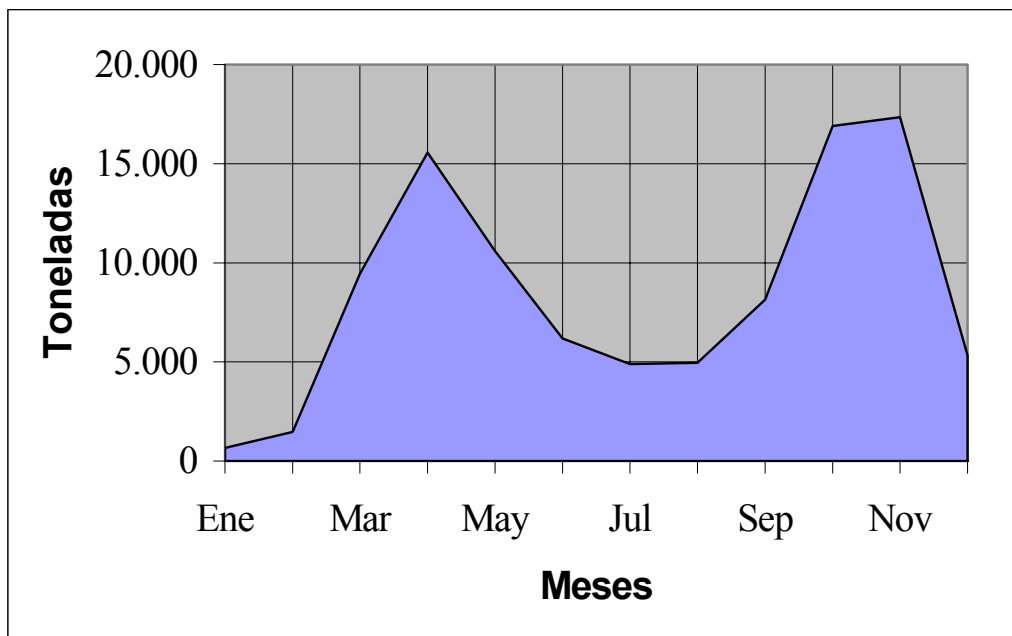


Figura 4 Estacionalidad de la producción de arracacha en Colombia.

4. CARACTERIZACION DE LAS RAICES Y DEL ALMIDÓN

El valor comercial de las raíces de arracacha está dado por su contenido de carbohidratos (especialmente de almidón), su color amarillo intenso y su aroma característico. Sin embargo, las raíces tienen otras características que tradicionalmente no han sido valoradas y que le brindan ventajas nutricionales para un uso más extendido en la alimentación humana y animal y para su industrialización.

4.1. VALOR NUTRICIONAL

En primer término, se debe mencionar el valor nutricional que le confiere su alto contenido de carotenoides, como fuente de vitamina A, los cuales están especialmente presentes en los cultivares amarillos, los significativos contenidos de ácido ascórbico (vitamina C) y de minerales, especialmente de calcio y fósforo.

En análisis nutricionales realizados a las cepas y a los colinos de la arracacha se encontró que éstos tienen una composición similar a la de las raíces. En la Tabla 2 se presenta la composición química de las raíces de los cultivares de arracacha amarilla, blanca y morada y de las cepas de arracacha amarilla y morada.

Dado su contenido de carbohidratos, de carotenoides y su color, la arracacha amarilla es el cultivar con mayor potencial para su industrialización en forma de harina integral. La arracacha morada presenta los más altos contenidos de carbohidratos, lo cual favorece su utilización en la elaboración de alimentos calóricos. La arracacha blanca por su parte presenta menores ventajas

para su procesamiento, dado su bajo contenido de materia seca, sin embargo estudios más profundos deben realizarse para determinar el valor nutricional de las diferentes variedades.

Tabla 2 Composición de las raíces y las cepas de arracacha (contenido en 100 gramos de parte comestible)

Compuesto	Unidad	Raíz de arracacha amarilla	Raíz de arracacha blanca	Raíz de arracacha morada	Cepa de arracacha amarilla	Cepa de arracacha morada
Agua	Gramos	72.8	74.5	71.9	72.6	72.0
Materia seca	Gramos	27.2	25.5	28.1	27.4	28.0
Carbohidratos	Gramos	24.0	22.3	24.9	24.1	24.8
Proteína	Gramos	0.9	1.0	1.1	0.9	1.0
Grasa	Gramos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Fibra	Gramos	1.0	0.7	0.8	1.1	0.9
Cenizas	Gramos	1.2	1.4	1.2	1.2	1.2
Minerales						
Calcio	miligramos	26	23	24	28	25
Fósforo	miligramos	60	40	65	70	70
Hierro	miligramos	0.7	1.1	0.7	1.1	0.4
Vitaminas						
Vitamina A	U.I.	190	10	20	69	3
Tiamina	miligramos	0.06	0.05	0.04	0.07	0.06
Riboflavina	miligramos	0.04	0.06	0.03	0.09	0.05
Niacina	miligramos	2.8	2.5	1.1	4.8	4.1
Acido ascórbico	miligramos	20	15	20	20	20
Calorías	unidades	100	94	104	100	104

Fuente: Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. 1992. Tabla de composición de alimentos colombianos. Bogotá.

4.2. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL ALMIDÓN Y USOS POTENCIALES

Hoy en día, la industria se halla en la búsqueda de almidones nativos que presenten ciertas propiedades específicas de tolerancia a diferentes tratamientos industriales estresantes que deterioran la estructura del gel de almidón, por ejemplo: resistencia a un pH de 2,4 durante un período de uno a dos meses (concentrado de tomates); resistencia a una esterilización de dos horas a 121 °C (norma de alimentos para bebés); congelación a -20 °C (productos congelados).

Los almidones modificados mediante reacciones químicas han sido desarrollados a fin de responder a las exigencias de los procesos industriales de fabricación. Estos almidones son

considerados aditivos alimentarios y no ingredientes de fabricación. Se incorporan a los alimentos en pequeñas cantidades, generalmente menos del 5% del producto. La tendencia actual es la búsqueda de almidones naturales (nativos) con el fin de desarrollar nuevos productos, llamados "naturales", para los cuales el almidón no sea considerado aditivo sino ingrediente base de fabricación, en donde la cantidad introducida no esté sometida a reglamentación. (Dufour y Hurtado, 1997).

Una de las características importantes de la arracacha son las propiedades funcionales de su almidón, las cuales le brindan la posibilidad de utilizarse en la elaboración de productos industriales. En este sentido, el almidón de arracacha presenta un gránulo ovalado, de tamaño relativamente pequeño, con diámetros que varían entre 5 y 35 micras (Hermann, 1997), lo cual le confiere la propiedad de ser fácilmente digestible. La temperatura media a la cual el almidón de arracacha forma gel es cercana a los 60°C, siendo más baja que la que presentan los almidones de cereales; esta característica permite que el almidón de arracacha requiera menor energía para su cocción. De otro lado, el almidón de arracacha es más resistente a la congelación que los almidones de cereales y que los almidones modificados, lo cual lo hace viable para utilizarlo en la elaboración de alimentos que requieren congelarse o refrigerarse para su conservación, como es el caso de preparaciones de cárnicos, lácteos y helados, entre otros. El almidón de arracacha no presenta sinéresis (producción de fases acuosas) en medios ácidos y es resistente a un pH de 2,4 por 4 semanas a 4°C, lo cual le permite utilizarse como ingrediente natural en la elaboración de alimentos como encurtidos y otros que requieran condiciones ácidas (Dufour y Hurtado, 1997).

5. EL PROCESAMIENTO DE LA HARINA INTEGRAL DE ARRACACHA

5.1 ANTECEDENTES DEL PROCESAMIENTO

En Colombia no hay registros del trabajo con esta especie para los procesos de obtención de almidón y fabricación de harina, solamente existen comentarios de extracción del almidón para procesos de panadería en el Huila. A nivel internacional el proceso para obtención del almidón no es frecuente. Los antecedentes de utilización se tienen en el Brasil en harina, hojuelas, sopas instantáneas, formulas de comidas para bebés, purés y bizcochos.

La harina es un producto obtenido de la molienda de diferentes especies vegetales, llevadas a contenidos óptimos de humedad para su almacenamiento y adecuada conservación. En el caso de la arracacha la producción de harina es una de las mejores posibilidades de conservación de sus características nutricionales, dada la alta perecibilidad de sus raíces, cepas y colinos. Las harinas se pueden utilizar para alimentación humana y animal, productos congelados o empacados al vacío o para derivados. La harina de arracacha preserva las características nutricionales de las raíces y puede ser utilizada como sustituto de otras harinas para la elaboración de panes, pastas, espesantes, extensor de sopas, condimentos, papillas para bebés y dulces. También puede ser utilizada en reemplazo del sorgo para la alimentación animal, como fuente de energía y en la industria como saborizante o ingrediente de sopas instantáneas.

En la Tabla 3 se muestra como varía la composición química de las raíces hasta su conversión en harina, para los tres cultivares analizados. En la producción de harina se elimina la mayor parte

del agua de composición de las raíces, lográndose su conservación durante tres o más meses y se concentran los demás compuestos nutricionales, especialmente proteínas, minerales y vitaminas.

Tabla 3. Composición química de los rizomas de arracacha durante el flujo de procesamiento en harina.

Muestra	Materia seca g/100 materia prima	% Materia seca				
		Almidón	Fibra	Grasa	Proteína	Cenizas
Arracacha amarilla						
Raíces frescas	28.6	86.0	1.8	0.9	2.5	3.7
Residuos del lavado	15.0	47.0	7.4	1.6	2.4	24.0
Trozos secos	94.2	84.0	2.0	0.8	3.3	3.7
Harina	96.0	72.0	2.3	1.7	3.3	3.2
Ripio	94.5	65.0	2.5	-	3.3	5.5
Arracacha blanca						
Raíces frescas	20.2	85.0	1.6	1.4	2.4	4.9
Residuos del lavado	16.1	39.0	6.8	1.6	2.1	32.7
Trozos secos	92.7	80.0	1.5	1.7	2.9	4.6
Harina	96.0	64.0	1.9	1.0	3.1	4.7
Ripio	93.7	63.0	2.5	-	3.3	5.2
Arracacha morada						
Raíces frescas	20.8	85.0	1.5	1.3	1.3	4.7
Residuos del lavado	15.5	40.0	8.7	1.5	2.9	25.8
Trozos secos	94.2	84.0	2.1	1.6	1.9	4.6
Harina	96.2	67.0	2.1	2.0	1.8	4.2
Ripio	94.8	63.0	3.3	-	2.1	5.5

Fuente: Hurtado, Dufour y Rodríguez. 1997. Procesamiento de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*): Estudio de la factibilidad técnica y económica para la producción de almidón y harina y de sus propiedades fisicoquímicas.

5.2. OPERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE LA HARINA

El procesamiento de elaboración de la harina integral de arracacha está conformado por un conjunto de operaciones unitarias que comprenden la cosecha y selección de la materia prima a procesar, el lavado del material, el trozado, el secado, la molienda, la clasificación, el empaque y el almacenamiento de la harina. En la Figura 5 se presenta el flujo gráfico de la elaboración de la harina.

A continuación se describen cada una de las operaciones del proceso y las recomendaciones técnicas para realizarlas.

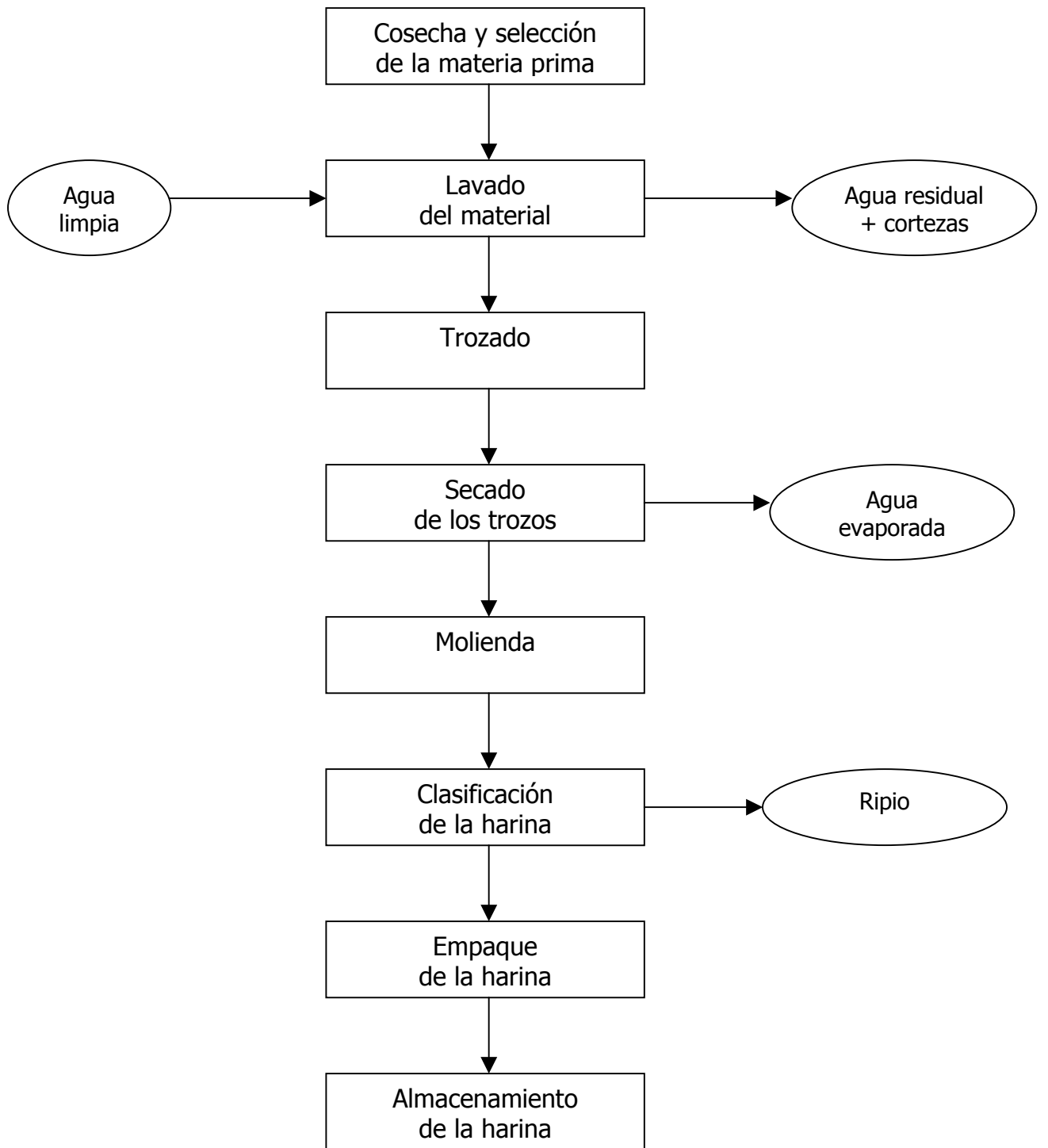


Figura 5. Flujo del proceso de elaboración de la harina integral de arracacha

5.2.1. COSECHA Y SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Un punto determinante del éxito de la fabricación de harina es el costo de la materia prima. Como ya se mencionó, el principal destino de la producción de arracacha es la raíz para consumo en fresco, sin embargo, no todas las raíces tienen la calidad exigida en el mercado, el cual prefiere aquellas de un tamaño medio, frescas, sanas y sin daños mecánicos, para ser catalogadas como de primera calidad. La determinación del material a utilizar para el proceso está entonces condicionada por su precio en el mercado, por esto se recomienda trabajar con raíces que no tengan buena aceptación en el mercado o con las cepas; en todo caso, el material seleccionado para el proceso debe ser de buena calidad y no presentar señales de pudrición o de fermentación, pues de no ser así se originará una mala calidad de la harina producida.

El proceso crítico para la fabricación de harina es la parte de secado de los trozos del material, por eso es necesario llevar el material al sitio donde se tenga montada la infraestructura para el procesamiento. Es necesario que las raíces o las cepas sean cosechadas y seleccionadas en el campo por parte de los agricultores (Figura 6), preferiblemente el mismo día o un día antes a la iniciación del proceso, para evitar fermentación y deterioro del material. Se debe escoger el material buscando las segundas, terceras y los que tengan daños mecánicos, para dar valor agregado a estas calidades. Se debe contar con una buena vía de acceso al lugar donde se realizará el proceso.

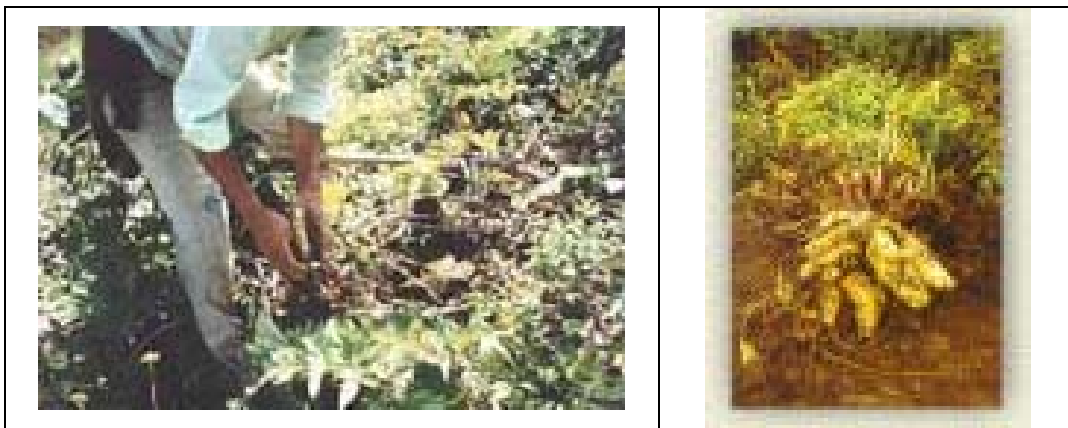


Figura 6. Cosecha de la arracacha

5.2.2. LAVADO DEL MATERIAL

Esta operación es clave para el obtener una buena calidad en la harina. Las raíces y las cepas vienen con tierra y materiales extraños adheridos, los cuales deben ser retirados de manera eficiente. El lavado puede realizarse manual o mecánicamente, utilizando en ambos casos agua limpia para el proceso. El agua no debe presentar olores, ni colores, ni sabores extraños y no debe estar contaminada por materias fecales, por agentes químicos o cualquier material extraño.

Lavado manual: En el caso de productores con baja capacidad de producción y de inversión de capital, el lavado se puede realizar manualmente en tanques, canecas u otros recipientes. Se pueden construir tanques con paredes en ladrillo y pañetadas en cemento y recubiertas con baldosín. Sobre el fondo del tanque se coloca una estiba de madera a unos 20 cm de profundidad. El espacio entre los listones de madera de la estiba debe ser de unos 3 cm para evitar que se pasen las raíces al fondo del tanque y para permitir la sedimentación de las impurezas.

Cuando el material llega del lote se deposita en el tanque y se deja en remojo durante una hora para que la tierra se ablande. Luego, con una pala de madera se agita fuertemente y revuelve para lograr el desprendimiento de la tierra, la arena y demás impurezas. Luego se deja el tanque en reposo para lograr la sedimentación de las impurezas pesadas y por encima en forma manual se retiran las impurezas livianas flotan en la superficie del agua. En este momento se retira el agua con los lodos y el tanque se vuelve a cargar con agua limpia y se vuelven a repetir las operaciones de agitación de las raíces y de sedimentación de las impurezas, hasta que el agua salga limpia.

Lavado mecánico: Para esta operación CORPOICA con el cofinanciamiento de PRONATTA ha diseñado prototipos de máquinas que permiten aumentar la capacidad de proceso y disminuir el consumo de agua (Figura 7). La máquina lavadora de raíces consiste en un tambor cilíndrico de 1 a 2 metros de largo por 75 cm de diámetro, hecho en estructura de acero, recubierto en malla galvanizada eslabonada con huecos cuadrados de una pulgada de lado. El tambor va cubierto con una camisa de lámina galvanizada, para evitar salpicaduras y recoger el agua residual del lavado. Esta máquina es accionada por un motor de 2 HP a 1200 revoluciones por minuto. La transmisión del movimiento se realiza mediante el sistema de polea-piñón para reducir la velocidad de giro del tambor a 45 ó 50 revoluciones por minuto. La lavadora está provista de un tubo galvanizado de media pulgada que ingresa dentro del tambor y tiene cuatro a seis boquillas por donde se suministra el agua a presión para mejorar el lavado de las raíces.

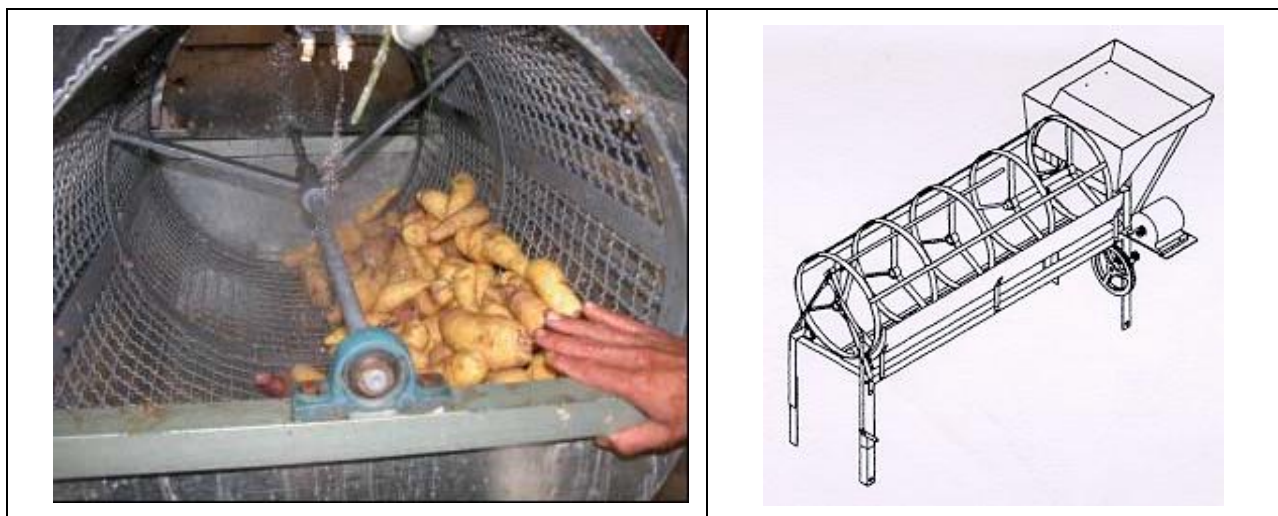


Figura 7.. Equipo para lavado de las raíces (izquierda) y su esquema (derecha).

Con esta máquina se ha logrado una capacidad de lavado de 400 hasta 700 kilogramos de raíces por hora, con un consumo de 1 a 1,2 litros de agua por kilogramo de material lavado. Cabe anotar

que el pelado de las raíces solo es necesario cuando se quieran obtener harinas de calidades extras, destinadas a procesos industriales que requieran una alta pureza.

5.2.3. TROZADO DEL MATERIAL

Esta operación consiste en dividir las raíces o cepas en fragmentos más pequeños con el fin de facilitar las operaciones de secado, ya que con ellas se aumenta el área de contacto del material con el aire y se logra disminuir el tiempo de secado. Esta actividad se puede realizar de forma manual o mecánica, lo que se tiene en cuenta es que cada fragmento debe tener una características con las cuales se pueda realizar eficientemente el secado.

CORPOICA con el cofinanciamiento de PRONATTA ha diseñado prototipos de trozadoras o picadoras mecánicas tomando como base un diseño del CIAT desarrollado para yuca, que permiten aumentar la capacidad de fraccionamiento del material a procesar. La picadora mecánica (Figura 8) consta de un disco en acero inoxidable, de 45 a 50 centímetros de diámetro, que soporta de cuatro a seis cuchillas acanaladas en acero inoxidable, las cuales al girar a 600 revoluciones por minuto son las que producen el fraccionamiento del material; dispone de una estructura metálica de soporte, una tolva de alimentación y una bandeja de descargue. Todas las partes que entran en contacto con el material procesado se construyen en acero inoxidable. La máquina es accionada por un motor de 2 a 3 HP que gira 1800 rpm. El sistema de transmisión se hace mediante poleas y una correa. Es una máquina sencilla de fácil operación y mantenimiento, con una capacidad de proceso de 300 kg/hora.

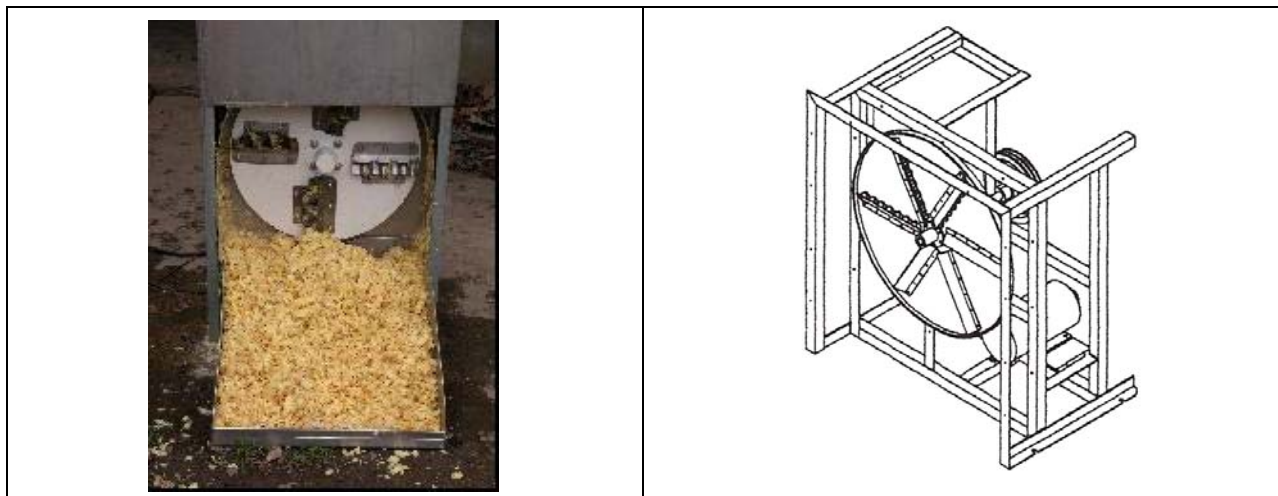


Figura 8. Equipo para el trozado de raíces.

5.2.4. SECADO DE LOS TROZOS

Disminuir el contenido de humedad de la arracacha permite conservar su calidad y facilitar las operaciones de molienda. El secado se puede realizar con sistemas naturales como en patios de secado, en estructuras de secado y en colectores solares, o con sistemas artificiales que utilizan diversas fuentes de energía para calentar el aire.

La alternativa más económica para el secado de los trozos de arracacha son los secadores solares tipo invernadero, siempre que se logren temperaturas internas de 40 a 50°C y 40% de humedad relativa.

Secaderos tipo invernadero: Este secador se puede construir en forma de caseta a dos aguas o en forma de túnel, con armazón de madera y cubierta de plástico transparente No 6. El piso debe recubrirse en cemento o con gravilla, además, dentro puede contar con dos paredes laterales y una central en plástico negro, las cuales ayudan a acumular calor para elevar la temperatura interna del invernadero. los bordes del piso pueden ser de madera y deben estar protegidos con plástico hasta una altura de 20 cm para evitar la entrada del agua de la lluvia. (Figura 9).

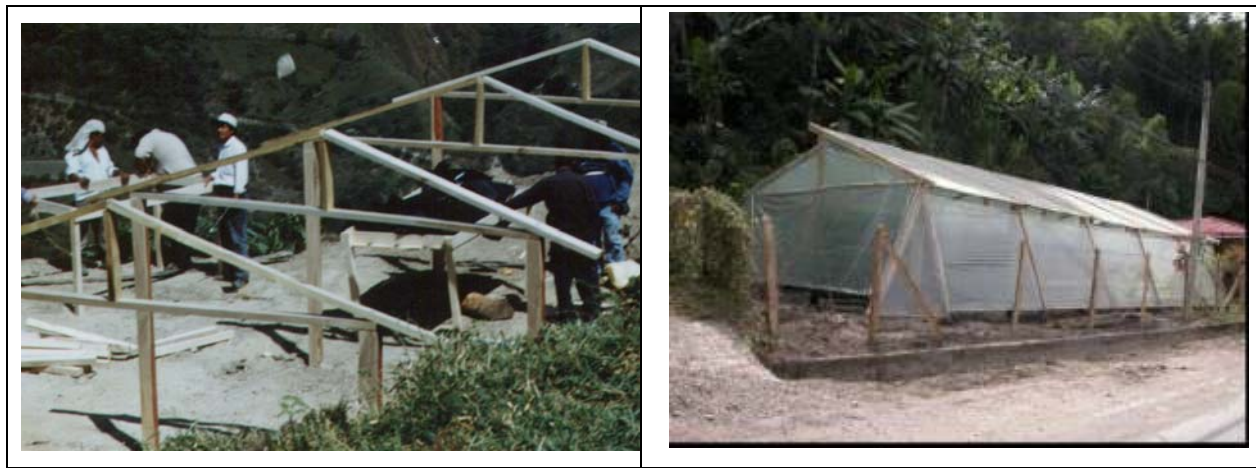


Figura 9. Estructura del secador solar tipo invernadero.

Dentro del invernadero se construyen mesones o bandejas en estructura de madera para colocar sobre estos los trozos de arracacha (Figura 10). El fondo de la bandeja puede ir en malla o anjeo plástico, para facilitar la aireación del material a secar.



Figura 10. . Mesones (izquierda) y bandejas para el secado de los trozos de arracacha

Con este sistema se logra una capacidad de secado de 5 a 8 kilogramos de arracacha por metro cuadrado, extendiendo los trozos en capas de un centímetro y removiendo el material cada 3

horas durante el día . Dependiendo de las condiciones climáticas el secado puede demorar de tres a cinco días, bajando la humedad de la arracacha desde más o menos 75% hasta 12 a 13%.

Secado artificial: Los sistemas de secado artificial consisten en quemadores de gas u otro combustible y ventiladores que hacen pasar aire caliente por unas cámaras donde se encuentra el producto a secar. Cuando se usan equipos artificiales el secado debe realizarse a temperaturas inferiores a 60 °C para evitar la gelatinización del almidón presente en los trozos de arracacha. Estos sistemas son más costosos en su inversión y operación y no resultan económicos para el manejo a nivel de pequeños productores.

5.2.5 MOLIENDA DE LOS TROZOS

Una vez secos los trozos se sacan del invernadero para proceder a molerlos. Esta molienda se realiza con el fin de obtener un producto homogéneo, que sea más fácilmente digestible o que proporcione unas calidades determinadas por la industria. Cuando el producto se destina a la alimentación de animales no hay necesidad de molerlo y se les puede suministrar en forma de trozos secos.

En el mercado hay diversos tipos de molinos, siendo los más comunes los de martillos. CORPOICA construyó un prototipo de molino para su aplicación en arracacha, el cual consiste en una estructura metálica de soporte, un eje balanceado al cual se le colocan martillos triangulares en acero inoxidable, con criba también en acero inoxidable y con orificios de 1 a 3 milímetros de diámetro, dependiendo del tamaño de harina deseado. Esta máquina tiene una capacidad de molienda de 70 kg/hora, y es accionada por un motor de 3 HP a 3,600 revoluciones por minuto, con transmisión directa en acople de araña (Figura 11).



Figura 11. Molino de martillos CORPOICA para obtención de harina de arracacha.

5.2.8. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de la harina debe realizarse en pequeñas bodegas o cuartos protegidos de la lluvia y la luz solar directa, bien ventilados, sin acumulaciones de humedad y aislados del paso regular de personas o animales. La harina con 12 o 13% de humedad puede conservarse durante tres meses o más hasta su venta o consumo.

5.3. BALANCE DEL PROCESO

De acuerdo con los resultados de la investigación de Corpoica y cofinanciada por Pronatta, en el proceso de elaboración de harina de arracacha, utilizando los equipos anteriormente descritos, es posible obtener una conversión del 25%, lo cual quiere decir que a partir de 1.000 kilogramos de rizomas es posible obtener 252 kilogramos de harina con el 12% de humedad. (Figura 13).

En la Figura 13 se observa también que para procesar los 1.000 kg de rizoma de arracacha se requieren en promedio 3200 litros de agua en la operación de lavado de rizomas. Las mayores pérdidas de material se presentan en la operación de molido, por partículas gruesas o “ripio”, sin embargo estas pueden ser pasadas nuevamente por el molino para lograr el tamaño adecuado.

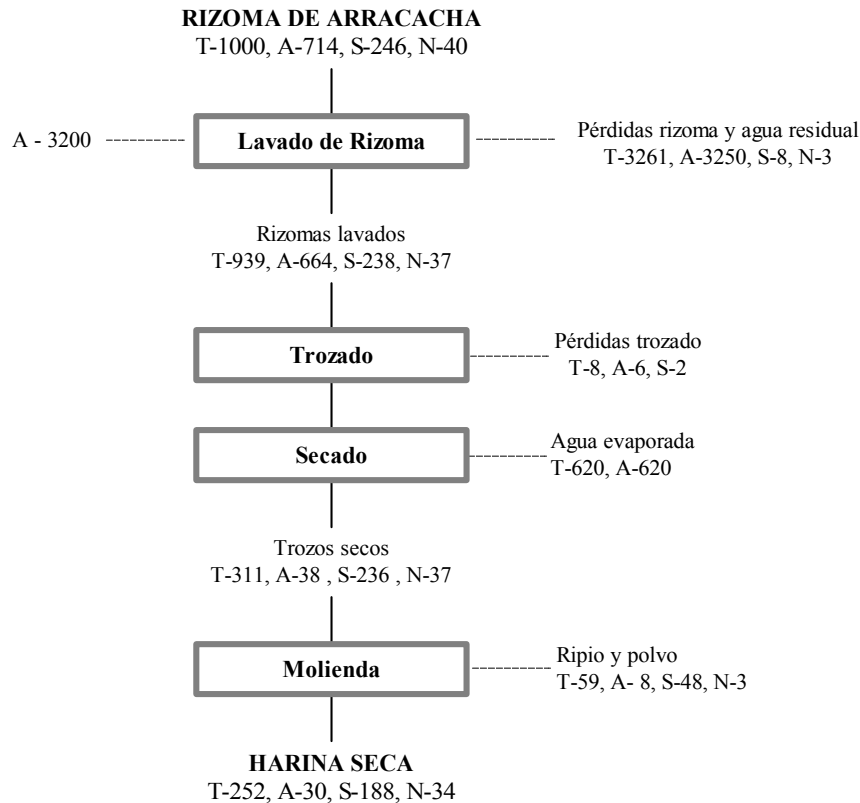


Figura 13 Balance de masa del proceso de harina de arracacha, basado en 1000 Kg de rizomas (T=masa total del flujo, A= agua, S= almidón, N= compuestos amiláceos)

6. DESCRIPCIÓN DE UNA PLANTA DE PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE ARRACACHA A PEQUEÑA ESCALA.

La elaboración de harina de arracacha se puede realizar a pequeña escala, mediante el establecimiento de una planta con capacidad de procesar una tonelada de raíces o cepas por día, la cual permite obtener una producción cercana a 275 kilogramos de harina, con 12% de humedad. La anterior capacidad permite beneficiar anualmente la producción de 25 hectáreas, considerando un rendimiento de campo de 12 toneladas de raíces por hectárea. Se debe tener en cuenta que estas plantas pueden ser también utilizadas para la producción y adecuada conservación de trozos secos de cepas y raíces no comercializadas, con destino a la alimentación animal.

Para el establecimiento de la Planta de Proceso se debe contar con vías de acceso para el transporte de la materia prima y el producto elaborado, con un adecuado suministro de agua limpia para el lavado del material y con energía eléctrica trifásica para accionar los equipos del proceso.

La infraestructura de la Planta está compuesta por una construcción debidamente estructurada, con paredes de ladrillo, cubierta en teja y piso cementado, de más o menos 30 metros cuadrados de área, la cual sirve para alojar la materia prima, los equipos y el producto terminado y por un invernadero con estructura de madera, cubierta plástica y piso cementado o en gravilla, de 105 metros cuadrados de área, el cual se utiliza para el secado del material a procesar. En la Figura 14 se presenta la distribución del área de la Planta.

Para el recibo y almacenamiento de la materia prima se debe contar con un área de bodega de 12 m², que permita pesar y luego almacenar el material, mientras es procesado. Esta zona debe contar con una báscula de 100 kilogramos y estibas de madera para acomodar los bultos del material recibido.

El área de lavado del material debe contar con 12 m², allí se construye un tanque en cemento, de 2 m de largo, 1 m de ancho y 80 cm de altura, para sumergir en agua el material durante una hora. Se debe instalar la máquina lavadora y para esto se debe contar con conexión de agua mediante tubo o manguera y con un desagüe para el agua residual procedente del tanque y de la lavadora.

El área de trozado debe contar con un área de 8 m², para ubicar la picadora o trozadora mecánica, de tal forma que se facilite el transporte del material trozado hasta el invernadero.

El invernadero debe ser ubicado preferiblemente donde no exista la influencia de construcciones, árboles y otros elementos que dificulten la circulación del aire y la entrada de los rayos solares.

Para la molienda, clasificación y empaque de la harina se debe contar con un área de 12 m², para ubicar el molino mecánico, el tamiz y un mesón para realizar el empaque. Esta área debe estar aislada del resto de las áreas, mediante paredes, para garantizar que el producto no se vaya a contaminar. Se debe contar con una báscula gramera para pesar el producto que se empaca y con una selladora térmica para cerrar los empaques de polipropileno.

Por último, se debe contar con un área de bodega de 8 m², para realizar el almacenamiento de la harina hasta el momento de su venta. Este también debe estar aislado y debidamente ventilado, para la adecuada conservación del producto. Se debe disponer de estibas en madera para soportar los bultos o cajas de cartón donde se embla el producto.

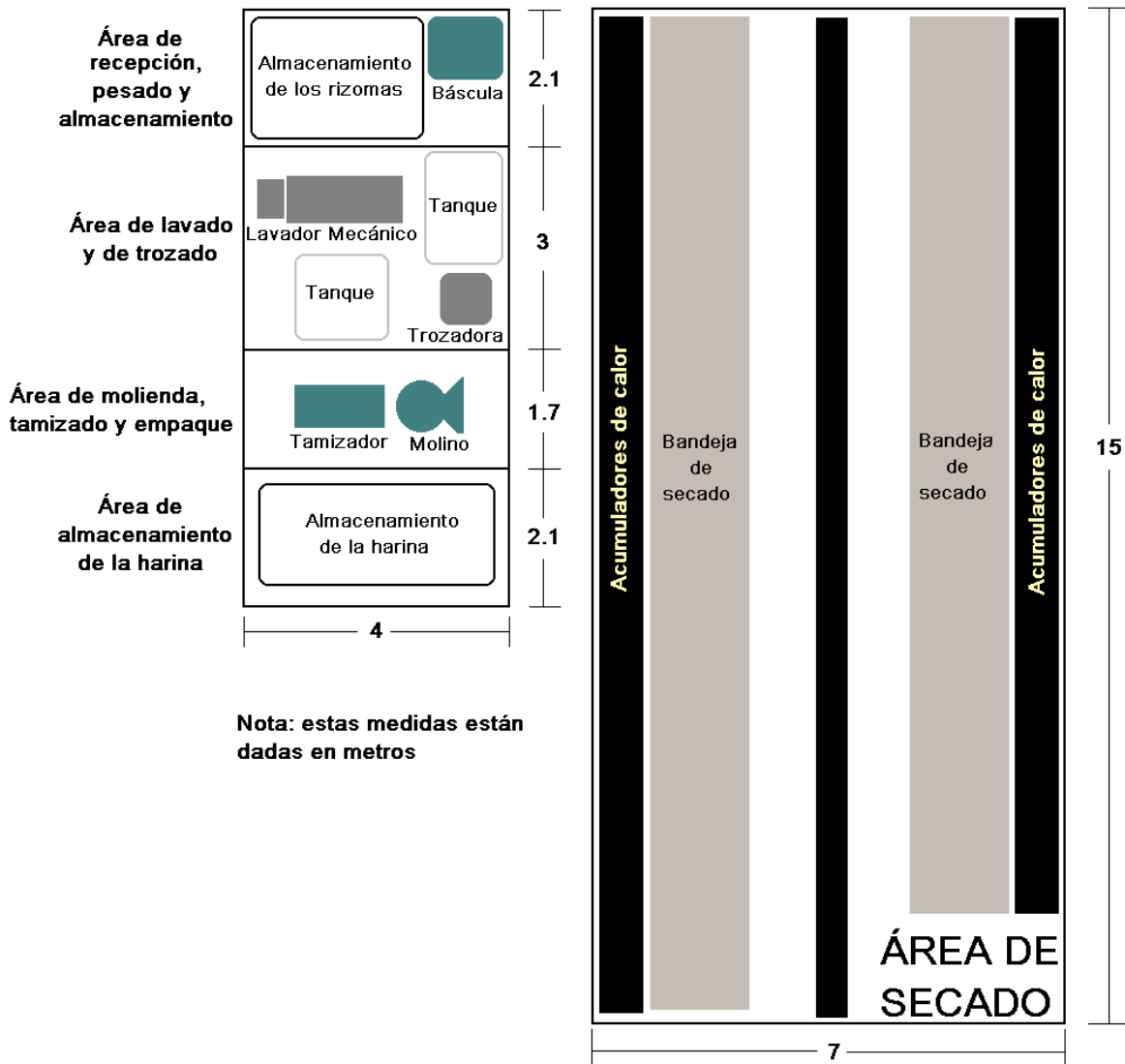


Figura 14. Áreas requeridas para el proceso de fabricación de harina de arracacha.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROCESO

Dado que la producción de harina de arracacha aún no es un proceso comercial, el siguiente análisis corresponde a los resultados de las pruebas piloto realizadas por CORPOICA y por tanto constituyen solamente un referente para los productores interesados en incursionar en este innovador proceso de agroindustria rural.

7.1. COSTO DE INVERSIÓN

En la Tabla 4 se presenta un estimativo de la inversión requerida para el establecimiento de una Planta con capacidad de procesar una tonelada de arracacha al día. Se observa que el mayor costo está representado por la construcción de la infraestructura. Esta inversión puede ser menor en el caso de que se puedan adecuar construcciones ya existentes.

Tabla 4. Inversión requerida para el establecimiento de una Planta de elaboración de harina de arracacha con capacidad de 1 tonelada de raíces por día.

Concepto	Costo (\$)
Equipos	
Lavadora con motor eléctrico de 2 HP	2,000,000
Picadora con motor eléctrico de 2HP	2,500,000
Molino con motor eléctrico de 3 HP	2,700,000
Tamizadora manual	200,000
Selladora	300,000
Báscula de 100 kg	100,000
Balanza gramera	200,000
Total de equipos	8,000,000
Infraestructura	
Invernadero 105 m2	2,000,000
Construcción de 50 m2	12,000,000
Instalaciones y otros servicios	3,000,000
Total de Infraestructura	17,000,000
Total de la inversión	25,000,000

7.2. COSTO DE OPERACIÓN

La Tabla 5 presenta los costos de producción de una tonelada de harina de arracacha. Se observa que la materia prima es la que tiene mayor participación dentro de la estructura de costos, sin embargo, como anteriormente se anotaba, la harina se puede producir a partir de los raíces no comercializables o de las cepas, en cuyo caso el costo de la materia prima corresponderá al costo de la recogida y el transporte desde el lote del cultivo hasta la planta de procesamiento. Sin embargo, para efectos del ejemplo, se ha tomado un valor de materia prima de \$200 por kilogramo, que corresponde a los precios bajos de la arracacha, de \$25.000 por carga de 125 kilogramos.

El costo de mano de obra se ha calculado considerando que el proceso puede ser manejado por cuatro personas, laborando ocho horas por día, durante cinco días a la semana y dedicándose dos trabajadores a las labores de recepción, lavado, trozado y molienda de la materia prima, y otros dos al manejo del material en el secado y a la clasificación, empaque y almacenamiento de la

harina. El número de operarios puede disminuir a tres, de acuerdo con la habilidad que se gane en el manejo del proceso.

Los gastos de agua y energía eléctrica son estimados y pueden variar de acuerdo con la región. El costo del empaque se ha calculado para bolsas de polietileno biorientado, debidamente impresas con la información del producto y con presentación de 500 gramos de harina por unidad. Se ha estimado también un costo de transporte de \$30 por kilogramo de harina hasta el sitio de venta.

Los costos de mantenimiento se han calculado como el 15% anual del valor total de los equipos y dividiendo este valor entre 57.5 toneladas de harina que se producirían al año. Los costos de depreciación se han calculado considerando una vida útil de 5 años para los equipos y de 10 años para las construcciones, con un valor de salvamento del 20% del valor inicial de la inversión y dividiendo el valor resultante entre las 57.5 toneladas que se producen anualmente. El costo del interés de la inversión se ha calculado como el 25% anual del valor total de la inversión, dividido entre la producción anual.

Tabla 5.. Costo estimado de elaboración de una tonelada de harina integral de arracacha.

Concepto	Cantidad	Unidad	Valor unidad	Valor total
Costo de elaboración				
Materia prima	4,000	kg	200	800,000
Transporte de la materia prima	4,000	kg	12	48,000
Mano de obra	128	horas	2,000	256,000
Energía	533	kw-hora	210	112,000
Agua	10,180	litros	2.5	25,450
Empaque	2,000	bolsas*500 g	50	100,000
Transporte harina	1,000	kg	30	30,000
Mantenimiento equipos	1		20,870	20,870
Depreciación	1		45,913	45,913
Interés del capital invertido	1		108,696	108,696
Costo Total	1,000	kg	1,547	1,546,928

Considerando los anteriores conceptos, se estima un costo total de producción de \$1,547 por kilogramo de harina. Al no considerarse sino el gasto de recogida y transporte del material para el proceso, el costo de producción de la harina es menor a \$800 por kilogramo. Se estima que el costo de producción de trozos secos de arracacha para alimentación animal puede estar entre \$220 a \$250/kg, pues en este caso, solo se tienen que realizar las operaciones de recogida, transporte, trozado y secado del material para su conservación.

7.3. BENEFICIO ECONÓMICO ESPERADO

El cálculo de la utilidad a obtener del proceso productivo depende del precio de venta de la harina en el mercado. Dado que no se conocen precios para este producto pero si su costo de producción, se puede estimar un precio que remunere adecuadamente la actividad productiva. Sin embargo en la fijación del precio de venta debe tenerse en cuenta que sea competitivo respecto al precio de otros productos de características similares, como féculas, harinas y/o almidones.

Desde el punto de vista de la remuneración al productor, se espera que el precio de venta le deje como mínimo un margen equivalente al 20 ó 30% de los costos incurridos en la producción. De esta forma, el precio de venta del productor estaría aproximadamente entre \$1850 y \$2000/kg de harina, dejándole una utilidad de \$303 a \$453/kg.

Suponiendo un precio de venta del productor entre \$1.850 y \$2000 por kilogramo de harina de arracacha, la actividad de procesamiento dejaría un ingreso neto anual que variaría entre \$17'426.625 y \$26'051.625, con lo cual el monto total de la inversión realizada en el establecimiento de la Planta de Proceso se podría recuperar en un período de 17.1 a 11.5 meses, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

BUKASOV, S. M. 1981. Las plantas cultivadas en México, Guatemala y Colombia. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

COLLAZOS, C., P. L. White., H. S. White. 1975. La composición de los alimentos peruanos. Instituto de Nutrición. Minist. de Salud. Lima.

CIP. 2000. Historias del campo - Informe Anual 2000. Arracacha: Un cultivo perdido llega al mercado.

DUFOUR, D., HURTADO, J., WHEATLEY, C. 1996. Characterization of starches from noncereal crops cultivated in tropical América: Comparative analyses of starch behavior under different stress conditions. International Symposium on Cassava Starch and Starch Derivatives. Nanning, China. 23 p.

ESPINOZA, Patricio. 1999. Caracterización de la zona de San José de Minas, Ecuador, y descripción de la situación del cultivo de arracacha. CONDESAN-CIP, Quito, Ecuador. 10 p.

GAMBA H. Y OTROS. 1998. Paquete de capacitación de manejo post-cosecha y comercialización de la arracacha. Serie de paquetes de capacitación sobre manejo postcosecha de frutas y hortalizas. NRI – SENA – DFID.

HERMANN, M. and HELLER J. (Eds.). 1997. Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon. IPGRI. Roma. 256p

HURTADO, J. 1997. Valorización de las amiláceas “no-cereales” cultivadas en los países andinos: Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamiento estresantes (Tesis). Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá - Colombia. 164 p.

HURTADO J.; RODRÍGUEZ G.; DUFOUR D. 1997. Procesamiento de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*): Estudio de factibilidad técnica y económica para la producción de almidón y harina y de sus propiedades fisicoquímicas. En Seminario técnico sobre raíces y tubérculos autóctonos. Ibagué - Colombia. 26 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2002. Anuario estadístico del sector agropecuario 2001. Bogotá, Colombia.

MONTALDO, A. 1975. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. IICA, San José. Costa Rica.

ORTEGA-CARTAYA, Eduardo, BETANCOURT, José, CARRERA, Luis. 2000. El apio criollo: oportunidades para la producción. Rev. FONAIAP, junio-septiembre 2000. Caripe, Venezuela.

REA, Julio. 1999. Socioeconomía de la arracacha boliviana. CONDESAN-Semilla. Bolivia. 7 p.

RODRÍGUEZ CUENCA, José. 1999. Los chibchas: pobladores antiguos de los andes orientales. aspectos bioantropológicos. Universidad Nacional de Colombia – Colciencias.

RODRÍGUEZ Gonzalo. 1997. Aspectos generales de algunas especies promisorias de raíces y tubérculos en Colombia (arracacha, achira, ulluco, ibia, cubio y ñame). Corpoica.

SALAS, Sonia. 2001. Desarrollo de agroindustrias y mercados para la arracacha. Proyecto CIP/CONDESAN. Lima, Perú.

SEMINARIO, Juan. 1999. Aspectos socioeconómicos y arte de la arracacha en Sucse (Sócota, Cutervo), departamento de Cajamarca, Perú. CONDESAN-Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. 3 p.

WHEATLEY CHRISTOPHER. 1997. Métodos para agregar valor a raíces y tubérculos alimenticios: Manual de desarrollo de productos. Cali Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Publicación No 269.