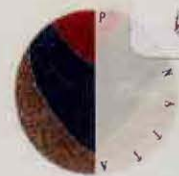


BIBLIOTECA AGROPECUARIA  
DE COLOMBIA



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



60185

Programa Nacional de Transferencia  
de Tecnología Agropecuaria

# EL ALMIDÓN DE ACHIRA O SAGÚ

*(Canna edulis Ker)*

## Manual técnico para su elaboración

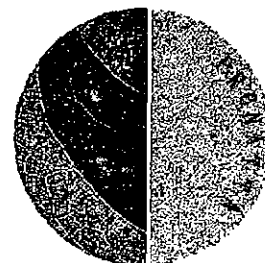
Gonzalo A. Rodríguez Borray  
Hugo Remel García Bernal  
Jesús H. Camacho Tamayo  
Freddy Leonardo Arjas C.

24832

60158



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



## **El Almidón de Achira o Sagú (*Canna edulis*, Ker)**

**Manual Técnico para su Elaboración**

Preparado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –  
CORPOICA con la cofinanciación del Programa Nacional de Transferencia de  
Tecnología Agropecuaria - PRONATTA

GONZALO ALFREDO RODRÍGUEZ BORRAY  
HUGO REINEL GARCÍA BERNAL  
JESÚS HERNÁN CAMACHO TAMAYO  
FREDDY LEONARDO ARIAS G.

Tibaitatá, Julio 2003

## CONTENIDO

PRESENTACIÓN	1
<b>1. LA PRODUCCIÓN DEL ALMIDÓN DE ACHIRA EN COLOMBIA</b>	<b>2</b>
<b>2. EL CULTIVO DE ACHIRA O SAGÚ</b>	<b>4</b>
2.1. LA PLANTA	4
2.2. CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DE LA ACHIRA	6
2.3. CULTIVARES	7
2.4. LABORES DE CULTIVO	7
<b>3. EL PROCESAMIENTO DE LA ACHIRA PARA LA EXTRACCIÓN DE SU ALMIDÓN</b>	<b>9</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	9
Cosecha y preparación de los rizomas	9
Lavado de los Rizomas	13
Rallado de los Rizomas	16
Tamizado del Almidón	19
Lavado del Almidón	25
Secado del Almidón	27
Empaque y Almacenamiento	30
3.2. MANEJO DEL AGUA Y LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO	30
Calidad del agua	30
Uso adecuado del agua del proceso	31
Subproductos del Proceso	32
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>33</b>

## PRESENTACIÓN

El presente manual corresponde a una recopilación de recomendaciones tecnológicas para la elaboración del almidón de achira o sagú, 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 del almidón de achira, bajo las condiciones de pequeños y medianos productores que desarrollan actividades de Agroindustria Rural.

El documento en su primera parte presenta información básica sobre las características de la producción del almidón de achira en Colombia, con base en los resultados de un estudio recientemente desarrollado por CORPOICA y financiado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, ONUDI, sobre el “Análisis Técnico y Socioeconómico de la Minicadena Agroindustrial de la Achira”.

En la segunda parte se presenta la clasificación botánica de la achira, 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 los Ingenieros Agrónomos Jaime Torres C. y Guillermo Caicedo D. de CORPOICA en investigaciones realizadas en las regiones del oriente de Cundinamarca y del sur de Huila.

En la tercera y última parte se analizan en forma más detallada las operaciones unitarias del proceso de obtención del almidón, que abarcan desde la cosecha de los rizomas, hasta el empaque y almacenamiento del almidón. 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 Lucía 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 tecnológico, y también a los funcionarios Pablo Morales y Andrés Fonseca quienes participaron en la construcción y evaluación de los prototipos de proceso.

Finalmente queremos reconocer de manera muy especial a todos los productores y procesadores de achira de nuestro país, de quienes cada día aprendemos más de su tesón para valorizar la producción de esta especie autóctona y para mejorar el desempeño de sus sistemas agroindustriales campesinos.

## 1. LA PRODUCCIÓN DEL ALMIDÓN DE ACHIRA EN COLOMBIA

La Achira (*Canna edulis*, Ker), también denominada Sagú en el oriente de Cundinamarca<sup>1</sup>, es una planta de origen andino que en Colombia se cultiva esencialmente para la extracción del almidón de sus rizomas, el cual a su vez es utilizado como materia prima para la fabricación de los “bizcochos de achira”, el “pan de sagú”, el “bizcochuelo” y otros productos tradicionales.

En Colombia el cultivo de la achira y la extracción de su almidón son actividades importantes para la economía de algunas regiones, principalmente en el oriente de Cundinamarca y en el sur de Huila, y, en forma más aislada, en algunos municipios de los departamentos de Nariño, Cauca y Tolima. En muchas de las unidades productoras el cultivo de la achira y la producción y venta del almidón constituyen las principales fuentes de ingreso y de empleo local y una parte de la dieta alimenticia se basa en el consumo de panificados elaborados a partir del almidón. Económicamente la producción del almidón de achira se encadena con la producción artesanal e industrial del “bizcocho de achira”, siendo este el principal uso del almidón de achira en el mercado colombiano.

De acuerdo con los resultados del estudio de “Análisis socioeconómico y técnico de la minicadena agroindustrial de la achira” realizado por CORPOICA con el apoyo financiero de ONUDI en 2001, en la actividad de producción del almidón participan 1.169 productores, se vinculan cerca de 3.500 personas, entre trabajadores y operarios del cultivo y el proceso, y se genera una producción aproximada de 1400 toneladas anuales de almidón, valorada en 2.146 millones de pesos colombianos. Al nivel de la producción del bizcocho de achira actúan 266 empresas, en su mayoría panaderías artesanales, se genera el equivalente a 2.537 empleos permanentes y se producen cerca de 1.900 t al año de bizcocho, valoradas en 32.325 millones de pesos colombianos. En la Figura 1 se observa en color gris oscuro los departamentos con mayor producción de achira y en color gris claro aquellos departamentos con menor producción.

Cundinamarca cuenta con producciones de importancia en los municipios de Quetame, Guayabetal, Fosca y Gutiérrez, y con pequeñas extensiones en Cáqueza, Fómeque, Choachí, Une, Pasca, Ubaque, Manta, Medina y Silvania, entre otros. En total se estima en Cundinamarca un área sembrada en achira de 600 hectáreas, aproximadamente.

En el departamento del Huila las mayores extensiones de cultivo de achira se encuentran en los municipios de La Plata, San Agustín, Isnos, Gigante y Altamira. Se reportan también pequeñas extensiones en Guadalupe, Garzón, Oporapa, Pitalito, Suaza, Colombia, Tarqui, Yaguará, Iquira y La Argentina. En el Huila hay un área establecida con achira cercana a las 63 ha, pero se conoce de varios productores que en este departamento han manifestado su intención de establecer nuevas áreas de cultivo.

<sup>1</sup> El sagú verdadero corresponde a la especie *Maranta arundinacea*, de la cual también se obtiene almidón. Sin embargo en Colombia esta especie no es cultivada comercialmente.



**Figura 1. Ubicación de los departamentos productores del almidón de achira en Colombia.**

La producción de almidón de achira en Cundinamarca y Huila se estima en 1.308 toneladas anuales, de las cuales cerca del 95% se produce en Cundinamarca. No se tiene cuantificada la producción de otros departamentos pero se estima que la producción nacional de almidón de achira en el año 2000 fue aproximadamente de 1.400 toneladas.

En el país regularmente la producción del almidón se encuentra integrada verticalmente a la actividad de cultivo de la achira, es decir, los agricultores que cultivan la achira se encargan a su vez de los procesos de transformación primaria, al desarrollar las operaciones de extracción del almidón a partir de los rizomas. En la mayoría de ocasiones corresponde a explotaciones de economía campesina, con áreas de cultivo menores a una hectárea por productor y en las cuales la labor de extracción del almidón se realiza mediante técnicas artesanales, con predominio del trabajo familiar y baja utilización de equipos mecánicos.

Es importante tener en cuenta la forma en que se encuentra integrada la producción agrícola con las actividades de agroindustria, pues cualquier programa de mejoramiento de la extracción del almidón de achira debe integrar necesariamente a los agricultores. Desde el punto de vista de la demanda, se calcula la existencia de cerca de 300 panificadores que utilizan el almidón de achira para la elaboración del “bizcocho de achira”, “el pan de sagú”, “el bizcochuelo” y otros productos de buena aceptación popular. Cabe destacar que el eslabón de panificadores está constituido en su gran mayoría por pequeñas panaderías artesanales, de carácter microempresarial y familiar, ubicadas principalmente en los departamentos de Huila y Tolima.

Aunque no se ha realizado un estudio específico para cuantificar la demanda, a través de la consulta con panificadores industriales y artesanales se ha podido establecer un déficit en la oferta del almidón de achira, provocado en gran parte por la alta estacionalidad de las cosechas del rizoma en el oriente de Cundinamarca, las cuales se concentran entre los meses de noviembre y febrero de cada año. La estacionalidad de la cosecha a su vez es debida a que este periodo corresponde a la época de verano en la región, en el cual la planta de achira fisiológicamente alcanza los mayores niveles de concentración de almidón en sus rizomas.

## 2. EL CULTIVO DE ACHIRA O SAGÚ

### 2.1. LA PLANTA

La achira pertenece a la familia de las Cannáceas; la Figura 2 presenta su clasificación botánica.

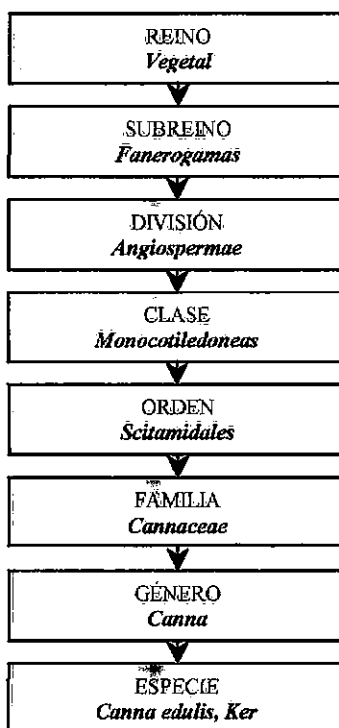


Figura 2. Clasificación botánica de la achira (*Canna edulis, Ker*).

La planta presenta raíces pequeñas blancas y cilíndricas, sobre los rizomas; dependiendo de la variedad presenta más o menos cantidad de raíces. El tallo es un rizoma subterráneo que se desarrolla en ramificaciones y da origen a vástagos aéreos que forman macollas, Figura 3. En la achira cultivada, el tamaño de los rizomas en pleno desarrollo, fluctúa entre 5 a 15 cm de largo y de 4 a 10 cm de ancho, mientras que en especies silvestres, los rizomas son más grandes, Figura 4. Las hojas son enteras, compuestas de una vaina envolvente que se desarrolla en la base del vástago, las cuales pueden medir entre 30 y 80 cm de largo y entre 10 y 30 cm de ancho; presentan una nervadura central prominente por el envés y de ella parten nervaduras laterales paralelas entre sí; muestran un color verde oscuro por el haz y más claro por el envés; algunas variedades presentan un borde morado característico del material, Figura 5. Las flores están dispuestas en racimos que salen del tallo aéreo, las de *Canna edulis Ker* de coloración roja, son menos llamativas que las de los cultivos ornamentales, que son de color rojo intenso, moradas, amarillas y combinadas, Figura 6. El fruto es una cápsula que contiene numerosas semillas, Figura 7.



**Figura 3. Cultivo de achira en Cundinamarca.**



**Figura 4. Rizomas de achira.**



**Figura 5. Hojas de la planta de achira.**



**Figura 6. Flores de planta de achira.**



**Figura 7. Fruto de la Planta de Achira.**

## **2.2. CONDICIONES AGROECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DE LA ACHIRA**

La achira o sagú se adapta a una gran variedad de climas. Se desarrolla en regiones con lluvias desde 250 hasta 4.000 mm al año y entre 16°C y 32°C de temperatura. Los mayores rendimientos se han obtenido entre los 18°C a 24°C. Por debajo de la mínima temperatura, el granizo y las heladas ocasionan graves daños al cultivo inhibiendo la fotosíntesis, por encima de los 32 °C, se acelera la pérdida de agua y no hay acumulación de carbohidratos en el rizoma. La humedad relativa puede oscilar entre 65% a 90%, con un mínimo de 40%. La planta crece entre los 0 y 2,650 m.s.n.m., pero su mayor rendimiento se obtiene entre los 500 y 1,700 m.s.n.m. Requiere gran luminosidad para realizar la fotosíntesis y obtener buena producción de almidón. En la Tabla 1 se resumen las principales condiciones para el buen desarrollo del cultivo de la achira.

**Tabla 1. Condiciones climáticas para el cultivo de achira.**

Condición	Oriente Cundinamarca <sup>1</sup>	Valor teórico
Precipitación, mm/año	1,800 – 2,200	240 – 4,000
Temperatura, °c	16 – 20	18 – 24
Altura, m.s.n.m.	1,600 – 2,200	0 – 2,650
Luminosidad	Alta	Alta
Humedad relativa, %	50 – 80	65 – 90

### 2.3. CULTIVARES

CORPOICA cuenta con cerca de 16 cultivares o ecotipos de achira, en la Tabla 2 se presentan las características de los más comunes.

**Tabla 2. Características fenotípicas de cuatro cultivares de achira.**

Característica	Cultivar			
	<i>Extranjera</i>	<i>Roja</i>	<i>Natagueña</i>	<i>Raizada</i>
Altura de planta, m	1.15	1.70	1.60	1.48
Tipo de planta	Erecta	Erecta	Erecta	Erecta
Conformación	Media	Media	Media	Media
Longitud entrenudo	Largo	Medio	Corto	Medio
Perímetro entrenudo	Medio	Medio	Medio	Medio
Longitud hoja, cm	54	60	60	58
Ancho hoja madura	22	23	24	27
Relación L / A	2.45	2.60	2.50	2.10
Color de la flor	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Duración floración	Medio	Largo	Largo	Corto
Producción de fruto semilla	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Peso tallo / planta, kg	6.3	3.1	3.0	3.5
Rizomas / planta, N°	14	10	11	11
Peso rizomas / planta, kg	6.0	1.9	3.2	3.5
Peso cada rizoma, g	429	190	291	318
Semillas, N°	5	3	6	3
Diámetro rizoma, cm	41	40	55	45
Tamaño rizoma	Grande	Pequeño	Mediano	Mediano
Raicillas en rizoma	Medio	Bajo	Bajo	Abundante

### 2.4. LABORES DE CULTIVO

La primera labor de cultivo es la preparación del terreno; en Cundinamarca es frecuente el uso de bueyes para la labor de surcada, en tanto que en el Huila se hace en forma manual abriendo hoyos de 30 a 40 cm de profundidad y distanciados entre 0,8 y 1,0 m. Posteriormente se siembra la semilla o “colino” utilizando 2 ó 3 semillas por sitio.

La semilla es obtenida de la cosecha anterior, seleccionando los brotes más vigorosos que salen de los rizomas y que aseguran una rápida emergencia del cultivo. Las variedades utilizadas corresponden a cultivares o ecotipos regionales que reciben diferentes denominaciones, siendo frecuentes la “blanca”, la “morada”, la “natagueña” y la “raizuda”, entre otras. Se ha reconocido que las variedades que forman rizomas epígeos (superficiales) tienen mejor rendimiento en almidón que aquellos que forman rizomas hipógeos (profundos).

Las labores culturales más frecuentes son la fertilización y el control de malezas. En Cundinamarca la fertilización se realiza con abonos químicos compuestos de N-P-K, siendo frecuente el uso de las fórmulas utilizadas para el cultivo de la papa (10-30-10, 10-20-20 y 15-15-15). En el Huila esta se realiza con abonos orgánicos utilizando gallinaza, pollinaza, bovinaza y pulpa de café.

El control de malezas se realiza en forma manual, haciendo uno o dos desyerbes antes de que el cultivo cierre calles y pueda competir eficientemente con las malezas. Es frecuente que con el último desyerbe se realice un aporque que contribuye a darle un mejor anclaje a la planta y a favorecer la formación de los rizomas.

Las plagas y enfermedades que atacan al cultivo generalmente no provocan daños significativos y no se requiere controles que demanden muchos costos.

Las labores tradicionales de cosecha de la achira empiezan con la determinación del momento adecuado para la recolección de los rizomas. Los productores establecen empíricamente el punto de madurez por el amarillamiento y decaimiento de la parte aérea de la planta (cuando las hojas comienzan a marchitarse e inclinarse) y por la concentración de almidón (que se mide al hacer un corte transversal al rizoma y observar el oscurecimiento del mismo, producido por la oxidación del almidón con el aire, que debe alcanzar un área mayor del 60%). Algunos productores manifiestan que se debe cosechar después de la segunda o tercera floración de la planta. En promedio el cultivo alcanza los mayores contenidos de almidón a los 9 o 10 meses.

### 3. EL PROCESAMIENTO DE LA ACHIRA PARA LA EXTRACCIÓN DE SU ALMIDÓN

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El objetivo del proceso es la separación o extracción del almidón presente en el tejido celular de los rizomas de la achira; para esto se realizan una serie de operaciones unitarias, las cuales se esquematizan en la Figura 8.

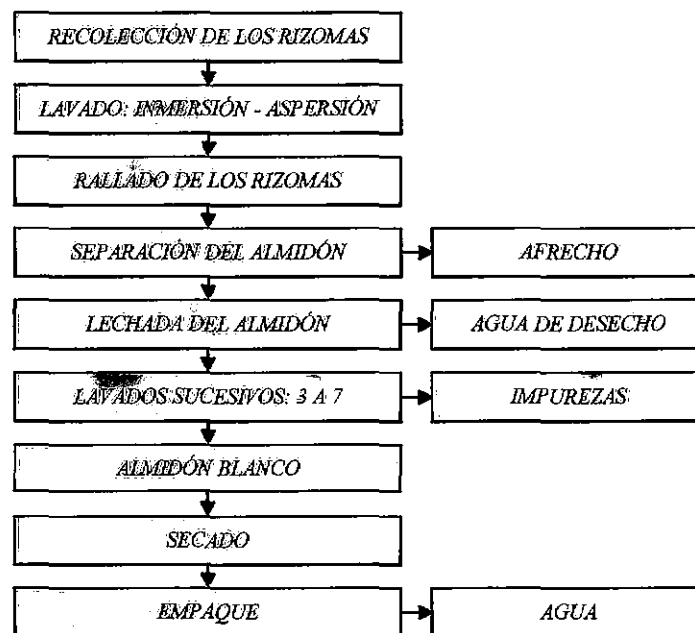
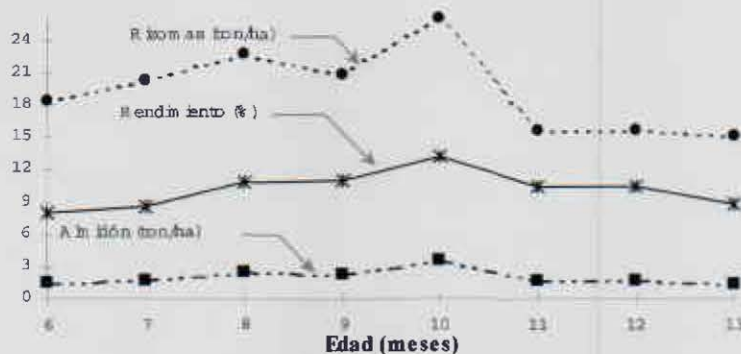


Figura 8. Diagrama de flujo del proceso de extracción del almidón de achira.

A continuación se describe cada una de las operaciones que componen el proceso.

**Cosecha y preparación de los rizomas:** La determinación del momento óptimo de la cosecha es uno de los puntos críticos de la producción del almidón de achira pues los rendimientos se pueden afectar en forma significativa. Los agricultores muestran gran incertidumbre acerca del momento preciso para la cosecha y manifiestan, con razón, que ésta cambia de acuerdo con la variedad (hay unas más venideras o precoces), la altura sobre el nivel del mar (a mayor altura más demora) y las condiciones climáticas, especialmente la lluvia (en tiempo seco se obtiene mayor rendimiento en almidón, la cosecha nunca se debe realizar en épocas de lluvia).

En la Figura 9 se presentan los resultados de evaluaciones realizadas en cultivos en el oriente de Cundinamarca, se observa como la producción de rizomas y de almidón y el rendimiento muestran una tendencia creciente hasta los 10 meses de periodo vegetativo, esto es, desde la siembra hasta el momento de la cosecha.



**Figura 9.** Producción de rizomas y de almidón de achira de acuerdo con la edad de cosecha, en el oriente de Cundinamarca.

Es interesante observar como del mes 10 al mes 11, la producción de rizomas cae de cerca de 26 toneladas por hectárea (t/ha) a menos de 16 t/ha y la producción de almidón de 3,5 t/ha a 1,6 t/ha. Igualmente el rendimiento de almidón obtenido de los rizomas procesados baja del 13% al 10%.

En parcelas comerciales realizadas por productores con el apoyo y seguimiento técnico de CORPOICA en las regiones de oriente de Cundinamarca y sur de Huila, se han alcanzado producciones que superan las 30 t/ha de rizomas y más de 5 t/ha de almidón.

Sin embargo, para conocer el verdadero potencial de una variedad y de una región específica, es necesario evaluar la producción de rizomas y de almidón (t/ha), bajo diferentes condiciones climáticas, de tal forma que se pueda establecer en forma precisa las condiciones de la siembra del cultivo y de su cosecha, hasta llegar al concepto de máximo rendimiento de almidón por área cosechada y por unidad de tiempo (toneladas de almidón por hectárea y por mes, por ejemplo).

Luego de decidido el momento de la cosecha se empieza por eliminar el follaje, mediante machete o guadañadora mecánica (arrojándolo en medio de los surcos para que no obstaculice las siguientes labores), dejando unos tocones (segmento del tallo) de 10 a 15 cm de alto, con el fin de halarlos y arrancarlos, Figura 10.



**Figura 10.** Corte de los tallos y follaje de la achira.

Posteriormente, utilizando un azadón o una pica, se remueve la tierra circundante a los rizomas para aflojarlos; luego, se arranca la cepa asiendo la planta por los tocones. Cuando la planta presenta rizomas profundos es necesario apalancar la cepa con el azadón para permitir el arranque. Una vez arrancada la cepa se procede a sacudirla para desprender la tierra adherida y luego manualmente se separan los rizomas de los tocones, seleccionando a la vez los colinos que servirán de semilla en el próximo cultivo. *En algunos casos los productores siembran los colinos de una vez, reduciendo así los costos de preparación del terreno.*

Luego, en una labor dispendiosa, otra persona pasa recogiendo los rizomas y mediante un cuchillo elimina las raicillas y algunas escamas de coloración morada o parda que presentan los rizomas. Los agricultores afirman que se debe realizar esta labor pues si no se eliminan las raicillas y las escamas se afecta la calidad del almidón, especialmente su color. Los rizomas son amontonados y posteriormente recogidos y empacados en costales de fique o polipropileno para su transporte. El transporte es realizado generalmente en equinos de labor o en vehículos hasta el sitio donde se ha de realizar el proceso.

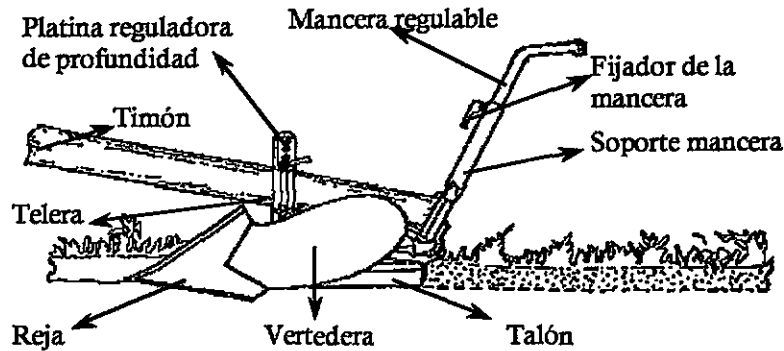
Una de las principales limitantes, tanto técnica como económica, para el crecimiento del área cultivada en achira, es la gran cantidad de labores realizadas en forma manual y el esfuerzo físico que ellas requieren. Las labores de la cosecha de rizomas (corte del follaje, arrancado de los rizomas, sacudida de la tierra, remoción de las raíces y empacado) requieren de cerca de 49 jornales por hectárea en el Huila y 52 en Cundinamarca; estos representan el 15,5% y 18,9% de los costos totales de la producción del almidón.

*Propuesta tecnológica:* Una alternativa es realizar el arrancado de los rizomas de achira con la ayuda de equipos de tracción animal, los cuales son baratos, fáciles de construir y de operar, disminuyendo no sólo el esfuerzo requerido, sino los costos de producción. Por otro lado, se amplían las posibilidades de realizar otras operaciones, como la preparación del terreno para la siembra de nuevos lotes, realizar el control de malezas y cuando la topografía del terreno lo permite, transportar los rizomas en pequeñas carretas de tracción animal.

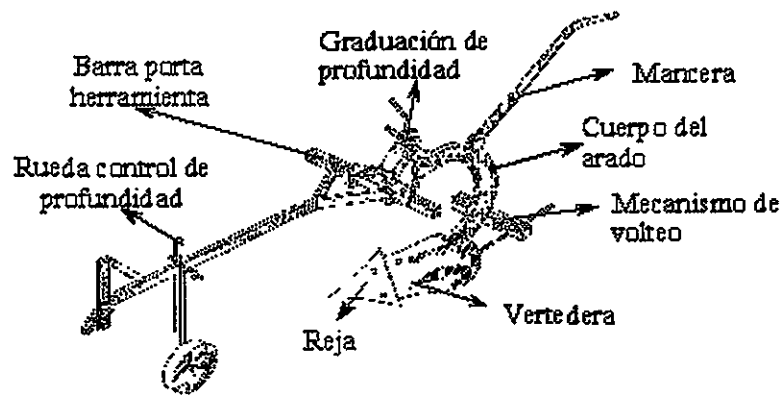
El uso de equipos accionados por animales multiplica el esfuerzo realizado por los obreros y al aumentar los rendimientos de las operaciones por jornada de trabajo, permite aumentar el tamaño de las unidades productivas, cultivar áreas mayores y por tanto generar mayores ingresos para los productores, de tal forma que puedan mejorar en forma significativa sus condiciones de vida. Además, el alquiler de los bueyes y de los equinos de labor se convierte en otra fuente de ingreso.

Arado de Vertedera Reversible: Los arados de vertedera reversible constan de dos elementos: una barra portaherramientas y el cuerpo del arado que se une a la anterior mediante roscado, sistema de grapas o sujeción con tornillos.

Presenta un dispositivo que regula la profundidad de trabajo, pero esta depende además de las condiciones del suelo, la pendiente y la fortaleza de la yunta, entre otras, requiere para su arrastre uno o dos animales de tiro, Figura 11 y Figura 12.



**Figura 11. Arado de vertedera reversible – Ecoandino.**



**Figura 12. Arado de vertedera reversible diseñado y construido por el ICA.**

Este arado se utiliza en la labranza primaria y facilita las labores de desterronado, aireación, incorporación de residuos, manejo de malezas y aporque. Para poder usar este implemento en la arrancada de los rizomas, se recomienda sembrar la achira en surcos uniformes y a una profundidad menor de 15 cm, pues a mayores profundidades se dificulta su uso y el daño mecánico es notorio en los rizomas.

Mediante la implementación del arado de vertedera, se agiliza la recolección de los rizomas, el esfuerzo físico disminuye junto a los costos de esta labor. Además el suelo queda suelto y solo se necesitará una o dos labores adicionales (desterronamiento) para proceder a la siembra del próximo cultivo, ahorrando de esta manera tiempo y costos de preparación del suelo.

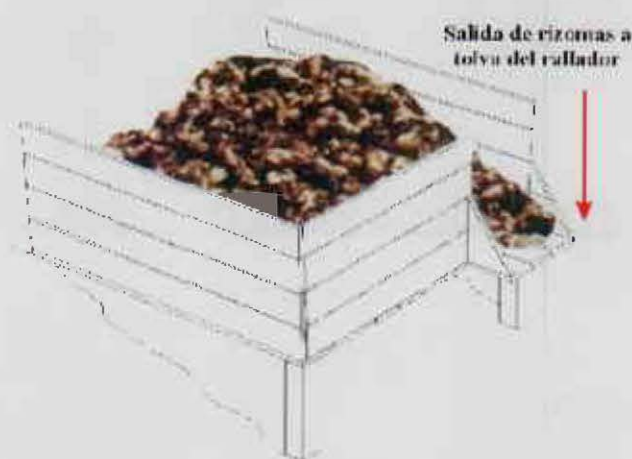
Es muy importante que los rizomas cosechados no se mantengan almacenados por más de dos días antes de comenzar a rallarse, tiempos más prolongados pueden provocar el desdoblamiento del almidón en azúcares, ocasionando pérdidas de rendimiento en la extracción y deterioro de la calidad del almidón. Al mismo tiempo, el rizoma se endurece y destruye las púas del rallo, causando su deterioro. En general, mientras se ralla el rizoma estos se deben humedecer y almacenar bajo la sombra para evitar el secamiento excesivo de los mismos.

**Lavado de los Rizomas:** El proceso de obtención del almidón se inicia con el lavado de los rizomas (mediante un agitado fuerte para removerles las impurezas que se incrustan en sus intersticios), el cual se realiza en tanques o en recipientes de diferente tamaño, dependiendo de la escala del proceso. De acuerdo con evaluaciones realizadas en Cundinamarca y Huila, se consumen en promedio 2,11 litros de agua por kilogramo de rizomas. El consumo de agua en esta labor es muy variable y es mayor en épocas de invierno cuando los rizomas traen más tierra adherida de los lotes de cosecha.

En las evaluaciones se encontraron dos diferentes maneras de realizar el lavado de los rizomas. En la primera, los rizomas son dispuestos dentro de recipientes (bateas o canécas) donde se les adiciona agua, luego son agitados dentro del agua con un azadón o una pala para desprenderles la tierra que traen adherida a su corteza, cambiando dos o tres veces el agua de lavado hasta que el rizoma quede limpio, Figura 13. En esta tarea se invierten cerca de 12 horas-hombre por tonelada (h-h/t) de rizomas. En la segunda, la diferencia radica en la disposición de los rizomas para su lavado, estos son colocados sobre una caja de madera, construida horizontalmente sobre la superficie del suelo y se les agrega agua constantemente mediante una manguera. Adicionalmente, esta caja tiene una estructura de salida que facilita el descargue de los rizomas sobre la tolva del rallador, Figura 14.



**Figura 13. Lavado de rizomas en bateas.**



**Figura 14. Estructura de canastilla para lavado de rizomas.**

*Propuestas tecnológicas:* La importancia del lavado de los rizomas antes del rallado, se encuentra en evitar las impurezas físicas que traen adheridas consigo los rizomas con el almidón, eliminando así su presencia durante las demás etapas del proceso. Si el lavado se realiza de manera eficiente, se eliminan la arena que es muy difícil de separar en las otras operaciones del proceso y llegan hasta los productos alimenticios o industriales y, los lodos y demás precursores de color.

Lavado Manual por Inmersión de los Rizomas: En el caso de productores con muy baja capacidad de producción y de inversión de capital se pueden construir tanques con paredes en ladrillo y pañetadas en cemento o 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 rizomas al fondo del tanque y para permitir la sedimentación de las impurezas.

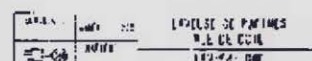
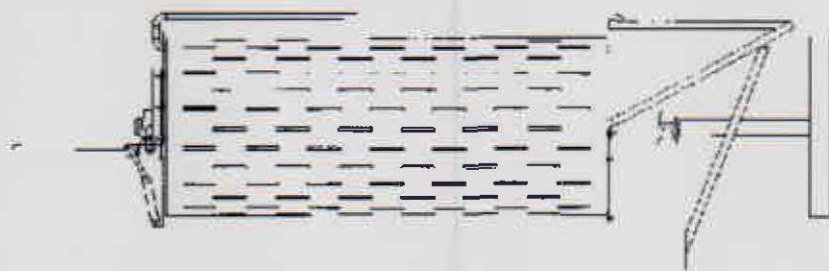
Cuando los rizomas llegan del lote se depositan en el tanque y se dejan en remojo durante una hora para que la tierra se ablande. Luego, con una pala de madera se agitan fuertemente y revuelven para lograr el desprendimiento de la tierra, la arena y demás impurezas. Luego se deja el tanque en reposo 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 los rizomas y sedimentación de las impurezas hasta que el agua salga limpia.

Prelavado Mecánico: Este proceso tiene su fundamento en dos etapas, la primera el lavado por inmersión se basa en depositar los rizomas en un tanque con dimensiones específicas donde se cubren totalmente con agua. Dentro de ese tanque una bomba de recirculación genera turbulencia que ayuda al desprendimiento de los residuos físicos, pasados 5 minutos los rizomas deben ser retirados del tanque y llevados al tanque de lavado por aspersion. La segunda, lavado por aspersion y cepillo, una vez los rizomas se sitúan en este tanque, son limpiados mediante aspersion de agua a presión y masaje con los cepillos cilíndricos giratorios.

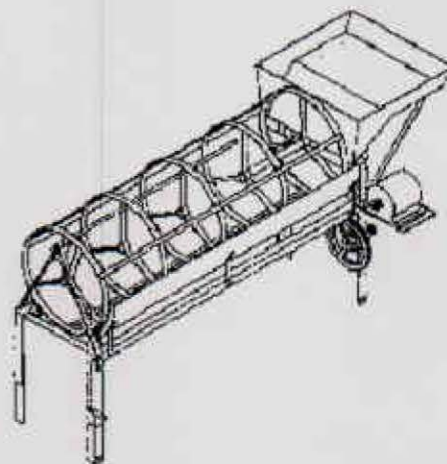
Como se trata de un lavado por inmersión y otro por aspersion, las impurezas que se encuentran en los intersticios del rizoma son eliminados con facilidad, siendo posible recuperar nuevamente el agua de lavado.

Lavadora Mecánica de Yuca tipo CIAT: En el proceso de obtención del almidón de yuca se han desarrollado unas lavadoras mecánicas de carga y descargas semi-continuas. Estas máquinas, como las que se observan en la Figura 15 son de gran capacidad de lavado y en yuca, que es un producto relativamente uniforme y sin intersticios presentan excelentes resultados. En el caso de la achira, que por el contrario presenta formas caprichosas y guarda muchas impurezas entre los espacios que se forman entre los rizomas, es necesario lograr un mejor contacto entre el agua y los rizomas.

Lavadora Mecánica de Achira CORPOICA: A través del proyecto de “Concepción de un modelo Agroindustrial para la elaboración de harinas y almidones a partir de raíces y tubérculos promisorios”, cofinanciado por PRONATTA, para el caso de la achira se diseñó un lavador de rizomas que permite un mejor contacto entre los rizomas y el agua, facilitando el desprendimiento de las partículas de suelo adheridas al rizoma. En la Figura 16 se presenta el diseño de la lavadora y una fotografía de la máquina.



**Figura 15. Lavadora Mecánica de Yuca tipo CIAT.**



**Figura 16. Lavadora Mecánica de Achira Corpoica.**

La máquina lavadora de rizomas consiste en un tambor cilíndrico de 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 de los rizomas. 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 seis boquillas por donde se suministra el agua a presión para mejorar el lavado de los rizomas.

Con esta máquina se ha logrado una capacidad de lavado de 700 kilogramos de rizoma por hora, con un consumo de 1 a 1.2 litros de agua por kilogramo de rizoma lavado. Con la aplicación del agua a presión con las boquillas se logra remover eficientemente la tierra adherida a las rugosidades características de los rizomas de la achira.

**Rallado de los Rizomas:** Para liberar el almidón presente en las células que conforman el rizoma, es necesario romperlas, esto se logra mediante la operación de rallado o licuado, donde la fibra se corta rompiendo las paredes celulares. El rallado puede realizarse manualmente o mediante rallos mecánicos. A pesar de que el licuado representa una alternativa muy eficiente para romper la fibra, esta práctica industrial no es utilizada, por la baja capacidad de producción que se alcanzaria con estos implementos.

La primera alternativa de rallado manual se hace con rallos metálicos, siendo una operación tediosa (una persona ralla alrededor de 6,5 kg/h), poco segura (las personas se hieren las manos con las púas del rallo) y de bajo rendimiento, las paredes celulares no se rompen totalmente y resultan trozos grandes sin rallar, Figura 17. La segunda alternativa de rallado manual, los rizomas se pasan por una estructura cilíndrica accionada por manivela, compuesta por un tambor recubierto de una lámina metálica perforada y una estructura de salida de la masa rallada, Figura 18. El primer prototipo de esta máquina fue construido por el Programa de Procesos Agrícolas del ICA en 1977.

En el rallado mecánico se pasan los rizomas por una máquina, como la anterior, pero accionada por un motor y compuesta por una tolva de alimentación, un rodillo o tambor recubierto por una lámina metálica con una gran cantidad de púas sobresalientes, una tabla reguladora de alimentación o pechero, unas bases donde reposan los anteriores elementos y un orificio de descarga de los rizomas rallados, Figura 19.

Generalmente el rallador consta de un tambor de madera de "granadillo" de 0,25 a 0,40 m de diámetro por longitudes que varían entre 0,25 y 0,40 m, de acuerdo con la capacidad esperada. Este tambor se reviste con láminas viejas de hierro recubiertas de zinc, las cuales, por su exposición al ambiente durante muchos años, sufren un endurecimiento que reduce el desgaste de las púas durante el rallado. Estos rallos tradicionales pueden procesar entre 1 y 1,5 t de rizomas, pero las pérdidas de almidón, por material no rallado, pueden llegar hasta el 30%.

Las púas se construyen colocando la lámina sobre una superficie blanda, unos costales por ejemplo y luego se "pican" con una puntilla abriendo orificios de unos 4 mm de diámetro de tal forma que al "explotar" el orificio queden unos pedacitos de lámina salientes de unos 3 mm de altura aproximadamente. Los orificios presentan una distribución aleatoria dentro de la lámina y guardan distancias entre centros, cercanas a los 6 mm.

En Cundinamarca es corriente la utilización de rallos mecánicos accionados por motores. Para esto, los productores contratan una persona que les presta el servicio de rallado en la finca, cobrándoles un canon por la cantidad de rizomas rallados. En el Huila la operación de rallado tradicionalmente se realizaba con rallos manuales, pero recientemente se han introducido rallos mecánicos accionados mediante motores a gasolina o eléctricos.

**Propuesta tecnológica:** El Programa Nacional de Procesos Agroindustriales de CORPOICA, con el apoyo de estudiantes de Ingeniería Mecánica de las Universidad Nacional de Colombia, desarrollaron dos rallos, Figura 20: el primero con capacidad promedio de 400 kg/h y el segundo con capacidad de 1.000 kg/h.



Figura 17. Rallado manual de rizomas (Fotografía: CRECED, Sur del Huila).



Figura 18. Rallador de rizomas accionado por manivela.



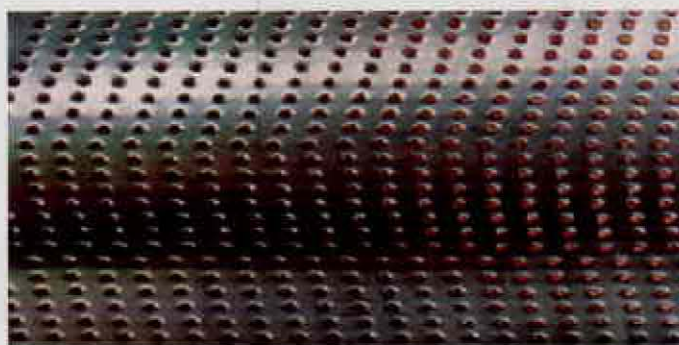
Figura 19. Rallador mecánico de rizomas.



**Figura 20. Rallos mecánicos para achira diseñados por CORPOICA.**

Estos rallos cuentan con la tolva, un pechero ajustable mediante un tornillo tensor, para mejorar la eficiencia de rallado y un tambor, recubierto por una lámina troquelada de acero inoxidable para disminuir los residuos de óxido de hierro en el almidón y alcanzar una mayor duración de los equipos.

La lámina, de acero inoxidable calibre 22, se troquea para que las púas tengan un orificio cuadrado de 3 mm y una altura de 2,8 mm. La distancia entre centros de púa es de 10 mm y transversalmente están perfectamente alineadas y a escuadra con el borde de la lámina. Longitudinalmente las púas se desplazan 0,7 mm por cada hilera de tal forma que la posición de una púa solo se repite cada 14 hileras, Figura 21. De esta forma se garantiza un mejor ataque del rallo al rizoma, evitándose la formación de canales, logrando un mejor rompimiento de las células y una mayor eficiencia de extracción del almidón.

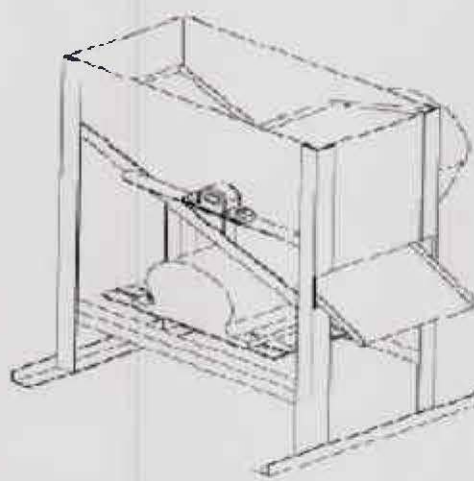


**Figura 21. Troquelado del tambor del rallo en acero inoxidable.**

El rallo grande tiene un rodillo de 0,30 m de diámetro por 0,30 m de longitud y debe ser accionado por un motor de unos 8 caballos de fuerza si es a gasolina o entre 4 y 5 si es diesel o eléctrico. El pequeño de 0,30 m x 0,25 m, se puede accionar con uno de 3 a 4 caballos de fuerza a gasolina. Ambos deben girar a unas 1.800 r/min. (r.p.m.).

El rallo mecánico fue la primera respuesta tecnológica entregada a los productores del Huila para el beneficio de los rizomas de achira para el proceso de beneficio, ya que constituía el principal limitante en la obtención de almidón de achira. Adicionalmente es fácil de construir y de transportar entre fincas y separa mejor los granos de almidón, disminuyendo pérdidas por rallado deficiente. Para mejorar la eficiencia del rallado se deben evaluar diferentes alternativas, como el doble rallo colocado en serie; rалlos contruidos en materiales sintéticos y perfectamente balanceados para trabajar a velocidades de 50 a 60 m/s y; sistemas de preparación de los rizomas para entregar al rallo un material preparado y en una capa de alimentación mas uniforme.

El último modelo de rallo mecánico diseñado por CORPOICA es una estructura metálica que consta de un cilindro metálico de 25 cm de largo por 25 cm de diámetro, recubierto en caucho, en el cual se fija una lámina de acero inoxidable troquelada en forma de espina de pescado, con estallado de las púas en cuatro puntas, lo cual mejora el rasgado de los tejidos celulares para la liberación del almidón. Además tiene una tabla de madera curvada, que actúa como pechero y permite una mayor área de contacto y permanencia del rizoma expuesto a la acción de las púas del rallo. Cuenta con una tolva de recibo de rizomas y un canal de descargue de la masa rallada, contruidos en acero inoxidable, Figura 22.



**Figura 22. Rallo mecánico para achira diseñado por CORPOICA.**

El rallo puede ser accionado mediante motor eléctrico 3 HP o a gasolina de 4 a 5 HP, con una velocidad de 3.600 revoluciones por minuto. El sistema de transmisión del movimiento es mediante poleas y correas, reduciendo la velocidad de rotación del cilindro a 2.400 revoluciones por minuto. Para mejorar la eficiencia del rallado y facilitar la separación del almidón se incorpora un sistema de adición de agua por medio de una boquilla que arroja a la tolva un caudal aproximado de uno y medio litros por minuto. La capacidad de la máquina varía entre 700 y 1.000 kilogramos de rizoma rallado por hora, sin necesidad de empujar los rizomas.

**Tamizado del Almidón:** Después de pasar los rizomas por el rallo la masa es recogida en un recipiente, para continuar con la operación de tamizado, donde llega con las siguientes características:

- La masa está constituida principalmente por material vegetal macerado, fibra, raicillas y por el almidón disperso.
- De acuerdo con la calidad de la limpieza durante el lavado del rizoma puede presentar impurezas como arcillas, lodos y arena de diferentes tamaños de partículas.
- Después de permanecer un tiempo en el recipiente, la masa presenta un color más oscuro en su superficie que en el interior de la misma, es decir, esta masa a medida que pasa el tiempo se oscurece cada vez más hasta volverse de color café y en ocasiones casi negro.
- Esta pigmentación es bastante fuerte, y al contacto con otras superficies como ropa, plástico e incluso la piel, produce una mancha muy difícil de eliminar. Cuando esta pigmentación se presenta en el almidón comercial, éste es rechazado o castigado significativamente en su precio.

Para la operación de tamizado tradicionalmente se utiliza un marco de madera, con una malla de tela fina y resistente (muselina u otra de características similares) soportada por una malla de fique, anejo plástico o metálico, Figura 23. Este tamiz plano se coloca sobre artesas o bateas de madera, canecas metálicas o plásticas o de tanques en cemento, en los cuales se recibe el agua con el almidón en suspensión o "lechada". Sobre la malla se echa la masa del rallado, la cual se oprime contra el tamiz y estruja con las manos, mientras se va adicionando agua (cerca de 4 l/kg rizoma rallado), con esto se logra retener en la parte superior el afrecho y se cuela el almidón que generalmente va acompañado de impurezas de igual o menor tamaño.

En las evaluaciones de proceso realizadas se encontraron diferentes sistemas de tamizado manual y sedimentación del almidón a nivel de pequeños y medianos productores.

A nivel de pequeño productor, el tamizado se realiza colocando el tamiz sobre un balde o platón y a medida que éste se llena con la lechada, se deja sedimentar el almidón para al cabo de una hora u hora y media retirar el agua e iniciar el lavado del almidón, Figura 24.

A nivel de medianos productores, especialmente en Cundinamarca, se encontraron tres diferentes sistemas de tamizado. En el primero, el operario tamizador con un ayudante se desplazan de una batea a otra, a medida que cada artesa se va llenando con la lechada, movilizándolo consigo el tamiz y la manguera, una vez llegan a la última, el almidón en la primera se ha sedimentado y vierten el agua sobre el suelo para poder nuevamente tamizar sobre esta, este proceso es repetitivo en cada batea hasta que finalizan el tamizado de la totalidad de la masa rallada, Figura 25.

En el segundo sistema, cuatro o cinco bateas se colocan en forma de escalera (aprovechando la pendiente del terreno), en la batea más alta se ubica el tamiz y tres operarios tamizadores, el operario del centro se denomina principal y los de los extremos secundarios; las bateas se conectan por mangueras que permiten que, por el efecto de vasos comunicantes, antes de rebosarse la batea más alta con la lechada, ésta pase por gravedad a la batea más baja y así sucesivamente; en la última batea el agua de rebose se derrama sobre la superficie del suelo. El tamizado se realiza de la siguiente manera: los tamizadores secundarios toman la masa rallada y con pequeños recipientes le agregan agua reciclada (del interior de la batea 1), después pasan la masa al tamizador principal quien le realiza el último tamizado agregando agua nueva, Figura 26.



Figura 23. Tamiz manual empleado en la separación del almidón y el afrecho.



Figura 24. Tamizado manual realizado en el Huila (Fotografía: CRECED Sur del Huila).

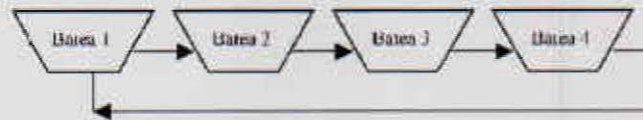


Figura 25. Proceso de tamizado y sedimentación 1.

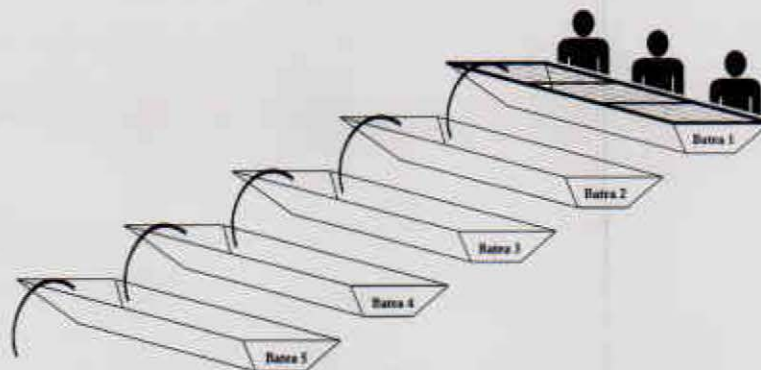
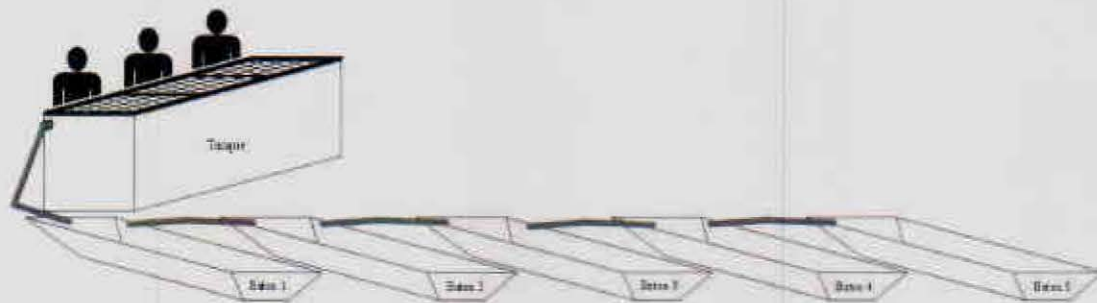


Figura 26. Proceso de tamizado y sedimentación 2.

En el tercer sistema, el tamizado se realiza sobre una estructura de cemento (tanque), una vez se rebose de lechada, por medio de una manguera o tubo, ésta es transferida a las bateas que previamente han sido colocadas sobre unos soportes de guadua, a una altura de 50 cm del suelo aproximadamente, Figura 27, cuando se ha llenado la última de las bateas se procede a retirar el agua de la batea 1, en la cual el almidón ya se ha sedimentado, hasta que nuevamente se rebose, procediendo a desocupar las bateas siguientes, hasta finalizar el tamizado de la masa rallada o masato. El lavado del masato se realiza en forma similar al anterior sistema de tamizado, los tamizadores secundarios lavan el masato con agua reciclada (del interior del tanque), después lo trasladan al tamizador principal quien le realiza el último lavado con agua nueva.



**Figura 27. Proceso de tamizado y sedimentación 3.**

En cada uno de los tres sistemas descritos anteriormente, una vez terminado el tamizado, el almidón que se ha sedimentado durante el proceso es removido (previamente se vierte sobre la superficie del suelo el agua residual) y distribuido de manera equilibrada en las bateas, dejándolo a la intemperie sumergido en agua durante toda la noche, para ser lavado al día siguiente.

El tamizado manual, realizado tradicionalmente, presenta desventajas como alta demanda de mano de obra, agua y baja eficiencia, con altas pérdidas de almidón en el afrecho. La capacidad en el tamizado manual varía entre 40 y 80 kilogramos de masa rallada por hora hombre (kg/h-h), esto es, se requieren entre 12 y 25 h-h por tonelada de rizomas rallados.

*Propuesta tecnológica:* En la selección de alternativas para la mecanización de la operación de tamizado se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La separación del almidón y el afrecho se realiza en presencia de agua, por lo tanto todos los elementos de la máquina en contacto con la masa no deben sufrir ningún tipo de degradación, ni liberar partículas extrañas que puedan contaminar el producto o reaccionar químicamente con el almidón.
- El consumo de agua debe ser lo más reducido posible.
- La máquina debe ser de fácil manejo y funcionamiento, sin provocar riesgos de accidentes.
- El costo de la máquina debe ser bajo.
- Los repuestos deben ser de fácil consecución.
- Su mantenimiento y reparación deben ser fáciles de realizar.

A continuación se presentan algunas opciones mecánicas para el tamizado.

Tamiz Continuo por Tornillo: A un eje hueco se le adaptan unas aletas que forman un desarrollo de tornillo, las cuales hacen el trabajo de mezclar y arrastrar el material dentro de una canal que tiene la tela del tamiz soportada en una malla con agujeros más grandes. El tamizado se realiza en presencia de agua, suministrada a través de agujeros dispuestos a través del eje.

Este tamiz presenta como ventajas el control del consumo de agua y del tiempo de residencia del material dentro del tamiz, manipulando la velocidad de rotación del eje. Como desventajas se tienen su alto costo de fabricación y de mantenimiento, taponamiento del espacio que queda entre la punta de las aletas y la tela de tamizado, evitando el libre paso de los gránulos de almidón debido a que no hay movimiento de la masa en dicho espacio.

Tamiz Giratorio Cónico Continuo: El tamiz básicamente consiste en una estructura metálica de tubos que dan la forma de cono circular truncado en cuyo interior va una malla de gallinero con agujeros de una pulgada de diámetro que soporta la tela de tamizado. El eje de simetría del cono se encuentra a la misma altura de la base en toda su longitud. La masa entra por la parte más angosta del cono (que gira a determinadas revoluciones), y por la acción de la pendiente del cono, el material va avanzando hasta salir por la parte de mayor diámetro.

Este tamiz presenta como ventajas la carga y descarga continua del material, el control del suministro de agua, no lleva eje central por tanto su construcción es relativamente fácil, su costo es bajo y la tela no va a presentar taponamientos de ninguna clase por el movimiento mismo del tamiz y por la acción limpiadora que el agua hace sobre el mismo. La mayor desventaja radica en la formación de un rollo de masa que tiende a retener el almidón.

Tamiz Giratorio Cuadrado Continuo: Este tamiz tiene un desarrollo de pirámide tetragonal truncada, tiene una estructura similar al anterior, cubierto interiormente con una malla de gallinero que soporta la tela del tamiz. Puede propiciar la formación de un rollo de masa, pero debido a que el tamiz es cuadrado, este rollo es llevado hasta cierta altura (dada por el desarrollo de la pirámide tetragonal) y luego lo deja caer ocasionando un golpe a la masa que hace que el almidón retenido sea arrastrado por el agua contenida en dicho rollo.

Tamiz Giratorio Hexagonal: Es similar al anterior, simplemente que este tiene 6 caras en vez de 4. En este tamiz la intensidad del golpe puede disminuir debido al ángulo formado entre las caras del hexágono, pero la frecuencia del mismo aumenta, de esta manera se compensan estos dos factores, Figura 28.

Tamiz Cilíndrico Continuo: Consiste en un cilindro de cerca de 1 m de diámetro por 1,2 m de longitud, formado por una lámina de aluminio perforada con orificios de cerca de 1 cm de diámetro. Dentro de esa lámina se coloca la tela que realiza el colado del almidón.

La masa rallada se carga mediante cucharas de posición escualizable para cargar y plegables en operación. El tamiz gira a unas 20 r/min y la masa rallada se desplaza adherida sobre las paredes del tamiz y cuando pierde su centro de gravedad cae sobre unas paletas internas que rompen el rollo de masa y al golpearla desprenden el almidón del afrecho, Figura 29. En estos tamices se requieren cerca de 6 h-h/t de rizomas.



**Figura 28. Tamiz hexagonal diseñado por CORPOICA**

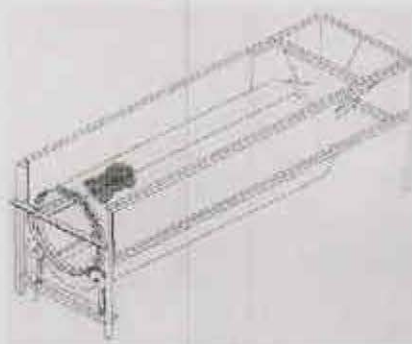


**Figura 29. Tamiz cilíndrico continuo en planta para procesamiento de yuca.**

Tamices Vibratorios: Están compuestos por una serie de tamices inclinados de manera que facilitan el descenso del material, cuenta con un mecanismo biela - manivela que permite el avance de la fibra sobre el tamiz al mismo tiempo que se irriga agua mediante la utilización de aspersores en la parte superior de cada tamiz, el almidón y el agua son desalojados usando una bandeja y un canal en cada paso.

Tamices Vibratorios con Recolectado: Consta de un juego de tamices inclinados sobrepuestos en forma vertical, e número de tamiz aumenta de arriba hacia abajo para asegurar la extracción en forma limpia y nítida del almidón. El avance de la fibra sobre el tamiz se realiza gracias al accionamiento de un mecanismo biela - manivela, la extracción se realiza mediante la irrigación de agua sobre la fibra.

Tamiz CORPOICA de flujo Continuo: Consiste en una estructura metálica, la cual consta de un cilindro en acero inoxidable de 60 cm de diámetro y una longitud de 2 metros, recubierto en tela de super-nylón de 80 huecos por pulgada, externamente soportada en una malla de acero inoxidable de 8 huecos por pulgada. La tela y la malla se fijan al cilindro con 6 aros en acero inoxidable. El cilindro es cubierto con una camisa de acero inoxidable, que evita salpicaduras y recibe la lechada resultante del tamizado. Para cargar la masa rallada cuenta con una tolva en forma de medio cono y construida en acero inoxidable, Figura 30.



**Figura 30. Tamiz CORPOICA de flujo Continuo.**

El cilindro es soportado en el extremo de entrada por un eje truncado y en el extremo de descargue por dos rodamientos, de esta forma se evita la presencia de un eje que atraviese el cilindro. El agua es suministrada mediante un tubo de acero inoxidable fijo en la parte superior interna del cilindro, provisto de seis boquillas que arrojan el agua a presión sobre la masa, para facilitar la separación del almidón.

La tamizadora es accionada por un motor eléctrico de 2 HP a 1200 revoluciones por minuto. El sistema de transmisión del movimiento es mediante polea-piñón, reduciendo la velocidad de rotación del cilindro a 45 ó 50 revoluciones por minuto. La máquina tiene una capacidad de tamizado de 400 kilogramos de rizoma rallado por hora y consume cerca de 3 litros por kilogramo de rizoma.

**Lavado del Almidón:** El principal objetivo de esta operación es obtener un almidón de buena calidad, desde el punto de vista de presentación, libre de residuos, impurezas o pardeamiento. El lavado del almidón consiste básicamente en operaciones sucesivas de adición de agua, decantación del almidón y evacuación del agua. En Cundinamarca la labor de lavado del almidón se realiza en bateas de madera móviles o en tanques de cemento con desfogue para evacuar el agua. En el Huila, donde la producción es más pequeña, se utilizan baldes, ollas u otros recipientes domésticos. De la operación de lavado se retira un sobrenadante de color marrón conocido como “mancha” o “mogolla”<sup>2</sup>, el cual debe ser eliminado pues afecta la calidad del almidón y su precio en el mercado.

La operación del lavado del almidón en todos los sitios se realiza en forma similar. Al día siguiente del tamizado de la masa, el agua de cada recipiente es vertida y se procede a retirar la mogolla, Figura 31 y a iniciar el primer lavado con agua limpia. Por la compactación que presenta el almidón es necesario romper antes el bloque formado en la batea o desmoronarlo, labor que se hace con azadones, picas o palas. Después, se deja sedimentar el almidón durante una hora, aproximadamente, antes de agregarle agua nuevamente y continuar con el siguiente lavado. Esta operación se repite entre 6 y 7 veces hasta obtener un producto limpio y el agua quede “casi transparente”, Figura 32.

<sup>2</sup> Capa superior de color gris oscuro, aunque contiene gran cantidad de almidón éste tiene partículas de tierra que de no ser retirada altera la coloración final, es fácil de identificar dada la coloración y la consistencia gelatinosa.



**Figura 31. Mogolla del almidón de Achira.**



**Figura 32. Lavado óptimo del almidón de Achira.**

El lavado del almidón consume cerca de 30 litros de agua por kilogramo de almidón, sin embargo este promedio varía de acuerdo con la eficiencia del proceso y la disponibilidad de agua. Cuando no se cuenta con suficiente agua, en época de verano por ejemplo, los lavados realizados son insuficientes, obteniéndose un producto de color pardo, de aspecto desagradable que no compite en el mercado con otros almidones de mejor calidad, perdiéndose así, la inversión realizada y meses de intenso trabajo.

*Propuestas tecnológicas:* En el lavado del almidón, además de procurarse la eliminación de impurezas y evitarse el pardeamiento, se deben ofrecer condiciones adecuadas de higiene y limpieza de los recipientes para evitar la presencia de microorganismos que contaminan el almidón y afectan su calidad como alimento.

Bateas en acero inoxidable: Las bateas en madera son deficientes en la eliminación de las impurezas del almidón y antihigiénicas por la constante manipulación del almidón y por el desarrollo de microorganismos en los intersticios de la madera. Por lo anterior, se han diseñado bateas móviles en acero inoxidable, que hacen más flexible la operación de lavado del almidón e impiden la proliferación de microorganismos. En la Figura 33 se presenta un esquema de las bateas móviles propuestas.



**Figura 33. Diseño de la batea móvil para lavado del almidón.**

**Tanques recubiertos:** En el caso de plantas fijas de proceso se pueden construir tanques en ladrillo y cemento y recubiertos en baldosa. Los vértices y esquinas de los tanques deben ser curvados para evitar la acumulación de residuos y facilitar su limpieza.

**Uso de ácido cítrico:** El Programa Nacional de Procesos Agroindustriales de CORPOICA ha probado con éxito el blanqueamiento del almidón de achira con la utilización de soluciones de ácido cítrico en las operaciones de rallado de rizomas, tamizado y lavado del almidón, puesto que es en estas etapas donde por acción de la enzima polifeniloxidasas, se pardea el almidón. El ácido cítrico se puede utilizar durante el rallado preparando una solución de 30 gramos por cada 100 litros de agua. Esta solución se puede agregar en la tolva del rallo simultáneamente con el rallado de los rizomas o en el recipiente donde se reciba la masa rallada antes del tamizado. También puede ser utilizada una solución de 100 gramos de ácido cítrico por cada 100 litros de agua utilizada en los lavados del almidón. El uso del ácido cítrico tiene varias ventajas, entre las cuales se destacan:

- Es estable químicamente en solución y no presenta toxicidad.
- Es posible conseguirlo en el mercado fácilmente y a un precio relativamente bajo.
- Gracias a que el ácido cítrico es un compuesto que se encuentra en forma natural en el limón, es posible sustituirlo por jugo diluido a las concentraciones recomendadas.
- Ahorro de un 70% del agua de lavado de almidón.
- Disminución de la mano de obra requerida, por la reducción del número de lavados (de 7 se pasa a 2).
- Obtención de un almidón con el 93,8% de blancura.
- No varía ni el sabor ni la panificación del almidón, ya que actúa únicamente sobre el tejido vegetal y no sobre el almidón.

**Secado del Almidón:** Después del lavado se realiza la operación de secado, para eliminar parte de la humedad del almidón. El secado del almidón de achira generalmente se realiza a libre exposición, con los rayos del sol, extendiéndolo en patios, paseras de café o sobre plásticos, Figura 34.

Sin embargo, el secado en patios o sitios sin aislar no es recomendable pues el almidón se contamina por el pisoteo de los animales, las partículas de polvo del ambiente y la suciedad de los mismos patios, deteriorando la calidad del almidón y la calidad organoléptica y microbiológica del bizcocho posteriormente fabricado.



**Figura 34. Secado del almidón al aire libre.**

El secado dura de 3 a 4 días y mientras más alta la temperatura y más seco el aire, menor será el tiempo requerido para el secado. El almidón normalmente se comercializa con una humedad del 15% al 17%, sin embargo por deficiencias en los sistemas de secado, se está comercializando con contenidos de humedad comprendidos entre 20% y 25%.

*Propuestas tecnológicas:* El secado natural, a libre exposición de los rayos solares es el más barato, sin embargo, se debe aislar el sitio de secado para evitar el paso de animales y la incidencia de impurezas que puedan venir del ambiente.

Secado en terrazas: El secado en terrazas es un procedimiento de secado natural, empleado en las rallanderías de yuca, en el cual el producto se esparce sobre un piso de concreto o de albañilería, o incluso de tierra apisonada, en una capa, generalmente de menos de 10 cm de espesor. En este caso, el intercambio de energía y de humedad, entre el aire y el producto, queda limitado casi exclusivamente a la superficie de la capa de producto, por lo que es necesario revolver el almidón periódicamente.

Secado en paseras: En las fincas cafeteras se pueden aprovechar las paseras tradicionalmente usadas para secar café, las cuales consisten en mesones en madera con patas que los elevan del piso y evitan la contaminación por el pisoteo de los animales.

Uso de plástico negro como base: Se recomienda extender el almidón sobre una lámina de plástico negro sobre los patios o paseras, Figura 35. El plástico negro absorbe mayor cantidad de energía solar y elimina las condensaciones de humedad que se presentan con plásticos transparentes. Las láminas plásticas facilitan el manejo del almidón, pues se puede recoger rápidamente en caso de lluvia o cuando el almidón está seco y evitan la contaminación con los residuos existentes en el patio.



**Figura 35. Almidón seco sobre pasera recubierta de plástico negro.**

Secaderos tipo invernadero: Este secador se puede construir en forma de caseta, con una armazón de madera y cubierta de plástico transparente, Figura 36. El piso se cubre con plástico negro, sin orificios, sobre el cual se coloca una capa de 1 a 2 cm de almidón para secar; los bordes del piso pueden ser de madera y deben estar protegidos con plástico hasta una altura de 20 cm para evitar la entrada de agua de lluvia. En este tipo de secador se logra reducir el tiempo de secado a uno o dos días y se reduce la contaminación del almidón. En este tipo de construcciones además protege el almidón en caso de lluvia.



**Figura 36. Estructura interna secador solar.**

Para ayudar al secamiento se cubre el piso con material de grava, la cual cumple la función de acumular calor durante el día y liberarlo posteriormente al ambiente del invernadero en las horas de la noche. Con este sistema se logra una capacidad de secado de 5 a 10 kilogramos de almidón por metro cuadrado.

Secado artificial: Los sistemas de secado artificial consisten en quemadores de gas u otro combustible y ventiladores que hacen pasar el 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 65 °C para evitar la gelatinización del almidón. Estos sistemas son más costosos en su inversión y operación y no resultan económicos para el manejo a nivel de pequeños productores.

***Empaque y Almacenamiento:*** Luego de secado, el almidón es recogido, desterronado y empacado en sacos de lona de 50 o 62 kilogramos, o en bolsas plásticas por libras, cuando se trata de producciones pequeñas, y en esta forma es vendido en el mercado. Es frecuente que los productores guarden la producción para el consumo familiar de todo un año y almacenen el almidón durante algunos días o meses en espera de buenos precios.

El almacenamiento regularmente se realiza en pequeñas bodegas o cuartos donde se almacenan otros productos de la finca. Cabe resaltar que el almidón de achira es un producto inerte, que bajo buenas condiciones de producción y almacenamiento no permite el desarrollo de microorganismos que resiste el almacenamiento durante largos periodos.

***Propuestas tecnológicas:*** Para lograr una buena comercialización del almidón de achira e irlo posicionando en el mercado, éste debe ser empacado en bolsas nuevas y tupidas de polipropileno, colocándole una etiqueta en el empaque, con información sobre el peso, el nombre de la empresa o productor, el lugar y la fecha de producción y, de ser posible, la variedad de achira de la cual proviene.

Para la conservación del almidón durante largos periodos, este debe ser almacenado con una humedad inferior al 17%, en lugares aislados, secos, protegidos del sol y la lluvia y bien aireados. Si se guarda en un lugar seco y el empaque es hermético al aire, el almidón se puede conservar hasta por tres años.

### **3.2. MANEJO DEL AGUA Y LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO**

Uno de los principales problemas en la producción de almidón de achira es la calidad y el uso adecuado del agua para el procesamiento. De igual forma, para evitar efectos indeseables sobre el medio ambiente se debe manejar adecuadamente las aguas residuales y los subproductos resultantes del proceso. En esta sección se dan algunas indicaciones a tener en cuenta para obtener un producto de buena calidad y realizar un procesamiento limpio, de bajo impacto sobre el ambiente.

***Calidad del agua:*** El agua utilizada en el procesamiento debe ser potable, es decir que se pueda consumir sin riesgos sobre la salud. Algunas de las características del agua potable son las siguientes:

- No debe presentar olores, ni colores, ni sabores extraños.
- No debe presentar impurezas o sustancias extrañas
- No debe estar contaminada por materias fecales
- No debe estar contaminada por agentes químicos

Antes de utilizar una determinada agua en el procesamiento es preferible realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos para garantizar su calidad. En la Tabla 3 se presentan los criterios de calidad del agua potable.

**Tabla 3. Criterios de calidad de agua potable.**

<b>Criterio</b>	<b>Valor admisible</b>	<b>Unidad</b>
<i>Organolépticos y físicos</i>		
Color verdadero	15	UPC
Olor y sabor	Aceptable	
Turbiedad	5	NTU
Sólidos Totales	500	mg/lit
Conductividad	50 – 1.000	µS/cm
Sustancias Flotantes	Ausente	
<i>Químicos</i>		
PH	6,5 – 9,0	Unidades
Grasas y aceites	Ausente	
Acidez	50	mg CaCO <sub>3</sub> /lt
Alcalinidad Total	100	mg CaCO <sub>3</sub> /l
Dureza Total	160	mg CaCO <sub>3</sub> /l
Hierro Total	0,3	mg Fe /l
<i>Microbiológicos</i>		
Escherichia Coli	Negativa	
Coliformes Totales	< 2	NMP/100 ml

**Uso adecuado del agua del proceso:** En el proceso de obtención del almidón de achira una de las mayores limitantes es la cantidad del agua consumida. De acuerdo con evaluaciones realizadas por CORPOICA en el oriente de Cundinamarca y sur del Huila, en el procesamiento del almidón se consumen en promedio 112 litros de agua por cada kilogramo de almidón producido. Analizando las operaciones de proceso de acuerdo con el consumo de agua, se encontró que el tamizado consume cerca del 51% del agua total utilizada en el proceso, en tanto que el lavado del almidón consume el 26% y el lavado de los rizomas el 24% restante.

Lo anterior lleva a considerar alternativas para el uso racional de este recurso, desde la minimización de su consumo hasta el reciclado y reutilización de la misma.

Para la minimización del consumo se han desarrollado alternativas que permiten reducir el uso de agua a menos de la mitad (cerca de 50 litros por kilogramo de almidón). Para lograrlo se han diseñado equipos de lavado de rizomas y de tamizado del almidón y tratamiento de la masa rallada con ácido cítrico, para eliminar el pardeamiento y reducir el número de lavados necesarios al almidón.

En el caso del lavado de rizomas se debe considerar que una adecuada limpieza de los rizomas al comienzo del proceso, reduce significativamente la presencia de impurezas en las operaciones posteriores. Para lograr limpiar los rizomas en lo posible debe ser eliminada la mayor cantidad de suelo adherido al rizoma, sacudiéndolo muy bien luego de cosechado y antes de transportarlo al sitio del proceso. Posteriormente se recomienda sumergir los rizomas en un tanque con agua limpia durante por lo menos dos horas para lograr el desprendimiento de las partículas de suelo adheridas.

Luego se procede a agitar manualmente o mecánicamente los rizomas para por abrasión terminar de desprender las partículas de suelo aun adheridas. La utilización de boquillas en la máquina lavadora ayuda además a ejercer cierta presión para el desprendimiento de las partículas adheridas a las rugosidades o intersticios en la superficie del rizoma.

El agua residual del lavado de rizomas puede ser reutilizada si se le realiza la decantación de los sólidos sedimentables. Esto se puede realizar mediante la recuperación del agua de lavado en tanques con fondo en forma de cuña o de “V” que permite una mas rápida sedimentación de las partículas. Luego mediante una motobomba provista de un filtro antes de su entrada puede pasarse nuevamente el agua a los tanques o a las máquinas de lavado.

En la operación de tamizado la utilización de máquinas provistas de boquillas que rocean el agua sobre la masa rallada, facilitan la separación del almidón del afrecho, disminuyendo en cerca del 25% la cantidad de agua requerida en esta operación. De igual manera, la utilización de ácido cítrico en solución durante la recepción de la masa rallada y el lavado del almidón permite reducir de 7 a 2 el número de lavados y en más de 60% el agua requerida en esta operación.

Las aguas residuales provenientes de las operaciones de tamizado y lavado del almidón pueden ser mezcladas y utilizadas para regar los suelos próximos, sin embargo, debe tenerse en cuenta que el agua del tamizado presenta ciertos contenidos de hierro que en vertimientos continuos en un mismo sitio podrían causar problemas para el crecimiento de las plantas. Este aspecto debe ser estudiado más profundamente para su adecuado manejo.

***Subproductos del Proceso:*** Los principales subproductos del proceso son el afrecho y la “mogolla” o mancha.

***El afrecho:*** se obtiene luego de la separación del almidón en la operación de tamizado. De acuerdo con los análisis realizados en el laboratorio, el afrecho presenta un alto contenido de fibra cruda (36%), una digestibilidad de la materia seca del 57%, un contenido de proteína cruda de 3,6% y bajos contenidos de minerales.

Actualmente, el afrecho se utiliza para regarlo sobre la superficie del suelo, sirviendo de sustrato para el siguiente cultivo, este afrecho no sirve como abono dado los bajos contenidos de minerales que contiene, sin embargo sirve como mejorador de las propiedades estructurales del suelo, aumentando su porosidad y aireación, lo cual permite una mejor penetración de raíces y, en el caso del cultivo de la achira, una menor presión del suelo que facilita el crecimiento de los rizomas.

Las características de composición del afrecho lo hacen un medio propicio para la cría de lombrices rojas californianas y la producción de humus.

***La mogolla:*** corresponde al material pardeado que se retira en la operación de lavado del almidón. De acuerdo con las evaluaciones de proceso, el peso de la mogolla equivale al 2% a 4% del peso del almidón producido.

Su composición consiste básicamente en almidón y los productores de Cundinamarca generalmente lo utilizan para preparar unas galletas oscuras, de textura dura y que destinan al consumo familiar.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN, Freddy et all.** 2001. Almidón Agrio de Yuca en Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Colombia.
- ARIAS, Freddy.** 2002. Informe de tubérculos promisorios: Proyecto CORPOICA-PRONATTA. Tibaitatá.
- AVELLA, Edgar y GAONA, Francisco.** 1996. Desarrollo tecnológico para la obtención del almidón de achira. Tesis de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- CAICEDO, Guillermo.** 1999. Cultivo y beneficio de achira (*Canna edulis ker*). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Ibagué.
- CAICEDO, Guillermo.** 1997. El Cultivo de achira (*Canna edulis ker*) : oferta tecnológica para su cultivo en el Huila. CORPOICA Regional 6, Garzón, Huila.
- CAMACHO, Jesús y GARCÍA, Hugo.** 1998. Desarrollo tecnológico para el beneficio de la achira en las zonas de economía campesina del Huila. CORPOICA, Tibaitatá.
- DE SANZO, Carlos y RAVERA, Aníbal.** 1999 Como criar lombrices rojas californianas. Programa de Autosuficiencia Regional., Buenos Aires.
- GALINDO, Mary.** 2000. Optimización del proceso de obtención del almidón de sagú (*Canna indica*), como estrategia sostenible en el desarrollo de actividades de agroindustria rural en diversas zonas de economía campesina colombiana. Tesis de Ingeniería del Desarrollo Ambiental, Universidad Antonio Nariño. Bogotá.
- GALINDO, Mary.** 2001. Sistema de reciclado y recirculación de las aguas residuales generadas durante el proceso de extracción de almidón de raíces y tubérculos promisorios (Achira, Arracacha y Ñame). CORPOICA, Tibaitatá.
- GARCÍA, Hugo.** 1998. Almidón de achira : Producción y uso industrial. CORPOICA, Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha, Tibaitatá.
- GARCÍA, Hugo.** 1998. Producción y extracción del almidón de achira en Colombia. CORPOICA Programa Nacional de Maquinaria Agrícola y Postcosecha, Tibaitatá.
- GELVEZ, Diana y PULIDO, Jazmín.** 1998. Caracterización fisicoquímica y establecimiento de parámetros de calidad para el almidón de Achira. Tesis de Ingeniería de Alimentos, Universidad de la Salle. Bogotá.
- HURTADO, Jhon.** 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 tratamientos estresantes. Tesis de Ingeniería de Alimentos, Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS.** 1989. Industrias Alimentarias : Almidón de Achira. (NTC 3228). Bogotá.
- MARTINEZ Edgar y RODRÍGUEZ, Juan.** 1988. Procesador de almidón de achira. Tesis de Diseño Industrial. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá.
- RAMÍREZ, Yamile.** 1996. Remoción de impurezas para la extracción del almidón de achira. Tesis de Ingeniería Química. Universidad de América. Bogotá.
- RODRÍGUEZ, Gonzalo.** 1998. Análisis económico del cultivo de achira y de la obtención de su almidón en los departamentos de Cundinamarca y Huila. CORPOICA, Tibaitatá.
- RODRÍGUEZ, Gonzalo y GARCIA, Hugo.** 2001. Análisis técnico y económico de la minicadena agroindustrial de la achira. CORPOICA-ONUDI. Bogotá.
- TORRES, Luis.** 1998. Aspectos agronómicos en el cultivo de la achira. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA Regional 1. Bogotá.
- TORRES, Luis.** 1999. Achira : Cultivo Promisorio en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA Regional 1, Bogotá.