

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
INSTITUTO TECNOLÓGICO PUERTO RICO



SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIO

**PROPORCIONAR VALOR AGREGADO AL CULTIVO DE
LA YUCA (*Manihot esculenta*), PARA SU APLICACIÓN EN
EL MUNICIPIO DE PUERTO RICO.**

Monografía:

Para Obtener al Título de Técnico
Superior del Programa Sistemas de
Producción Agropecuario.

Elaborado por: Univ. Raul Jacob Guilarde Rivero

Asesor: Ing. Ariel Hurtado Muñoz

PUERTO RICO – PANDO - BOLIVIA

2014

HOJA DE PROBABACIÓN

Monografía aprobada el ____ de _____ de _____

Nombres

Firmas

Postulante: _____

Asesor: _____

Pdte. Tribunal: _____

Tribunal 1: _____

Tribunal 2: _____

Tribunal 3: _____

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, la salud y mis Padres por las tantas noches de desvelo y entrega incondicional, por sus consejos y orientación que fueron cruciales para la formación de mi persona, por ser la solución en los momentos difíciles, por su comprensión y por creer en mí, gracias por ser mis padres.

A mi tutor de monografía, Ing. Ariel Hurtado M., por sus consejos y orientaciones en la presente investigación.

A los miembros del tribunal revisor, por sus sugerencias observaciones y correcciones al proyecto e informe final de la investigación.

A los docentes del programa académico Sistema de Producción Agropecuaria, por su paciencia, su comprensión y sus sabios consejos durante mi formación profesional.

Al Instituto Tecnológico Puerto Rico, a su Directora y personal administrativo, por su apoyo durante mi formación y en la elaboración de la presente investigación monográfica.

A mis compañeros de la universidad: Por los momentos de amistad compartidos, a lo largo de toda la carrera.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han logrado con mucho sacrificio y dedicación formarme como persona y como profesional.

A la Universidad Amazónica de Pando (templo de sabiduría) por acogerme en sus aulas durante estos tres años.

INDICE

	Pág.
Hoja de aprobación	i
Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iii
Índice	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
IV. METODOLOGÍA	3
4.1. Métodos	3
4.2. Estudio de caso	3
4.3. Investigación documental	4
4.4. Materiales	5
4.5. Análisis	5
V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
5.1. Características botánicas	6
5.2. Requerimiento de clima y suelo	9
5.3. Variedades	11
5.4. Tipos de explotación	11
5.5. Principales parámetros de cultivo	13
5.6. Productos y sub-productos de la yuca	18
VI. APORTE TEÓRICO (INDUSTRIALIZACIÓN DE LA YUCA).	31
6.1. Recepción de raíces de yuca fresca.	31
6.2. Lavado y pelado de las raíces	32

6.3. Rallado o desintegración	33
6.4. Secado	34
6.5. Acondicionamiento	34
6.6. Subproductos en el proceso del almidón de yuca.	34
VI. CONCLUSIONES	36
VII. RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	38

I. INTRODUCCIÓN

La planta de yuca crece en una variada gama de condiciones tropicales: en los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas; en los trópicos de altitud media y en los sub-trópicos con inviernos fríos y lluvias de verano. El cultivo de la yuca tiene una gran importancia para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos, especialmente en las regiones propensas a la sequía y de suelos áridos. Es el cuarto producto básico más importante después del arroz, maíz y plátano; es un componente básico en la dieta de más de mil millones de personas. Entre sus principales características se destacan su gran potencial para la producción de almidón, su tolerancia a la sequía y a los suelos degradados y su gran flexibilidad en la plantación y la cosecha adaptándose a diferentes condiciones de crecimiento. Tanto sus raíces como sus hojas son adecuadas para el consumo humano; las primeras son fuente de hidratos de carbono y las segundas de proteínas, minerales y vitaminas, particularmente carotenos y vitamina C (Montoya, 2007).

De acuerdo a la según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el sector privado -industrial- debe realizar esfuerzos para poder dar valor agregado a la producción primaria, realizando las inversiones necesarias y estableciendo los contactos con el mercado comprador, tanto a nivel local como internacional. Además, en ese contexto, existe una tendencia mundial, en reemplazar las harinas convencionales con la harina de yuca. (Fretes, 2010).

Según el Instituto Nacional de Estadística (2014), en Bolivia, el año 2013 se cultivó 29.418 hectáreas con un rendimiento promedio de 5,4 t/ha y una producción de 255.282 toneladas, el área sembrada de yuca incrementa a una tasa anual de 4%. El departamento Pando tienen una superficie cultivada de 3.350

hectáreas, con un rendimiento promedio de 10,02 t/ha y una producción 33.750 toneladas.

II. JUSTIFICACIÓN

A pesar de su enorme potencial productivo, su destacable adaptación a una gran diversidad de ambientes, su reconocida tolerancia a factores bióticos y abióticos adversos para la producción y su diversidad de usos, la yuca no ha logrado desarrollar plenamente todo su potencial en la agricultura tropical; no obstante, la yuca permanece como un cultivo de importancia mundial y se están dando pasos acelerados para resolver algunos problemas inherentes. El amplio mercado, al cual, la industria de la yuca se enfrenta en la actualidad, genera nuevas expectativas para la explotación de la misma como materia prima de muchos productos que son de amplia utilidad por la sociedad actual. Uno de los productos obtenidos a partir de la yuca, es el almidón nativo, el cual se utiliza para la obtención de dextrinas entre otros (Montoya, 2007).

Según la Prefectura del departamento Pando (2007), el departamento de Pando es de vocación forestal; en general, los suelos son pobres en fertilidad y son frágiles para la agricultura y la ganadería.

La agricultura practicada es de tipo tradicional y migratoria, con bajos niveles de producción destinada principalmente al auto-consumo; tradicionalmente los agricultores sólo producen cultivos de subsistencia como arroz, maíz, plátano, yuca y, en menor escala, caña de azúcar y frijol. La rotación de cultivos no sigue un orden estricto, observándose distintas combinaciones entre los principales cultivos. Recientemente se comenzaron a cultivar hortalizas como tomate y cebolla, y cultivos perennes como frutales, cacao y café.

En el municipio Puerto Rico, al igual que el resto del departamento Pando, la yuca conjuntamente con el arroz, plátano y frijol, constituye uno de los productos básicos de la canasta familiar y con mayor énfasis entre la población

rural, por lo que es necesario conocer las características de los sistemas de producción y las alternativas con que se cuenta para mejorar la producción.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Analizar las alternativas para proporcionar valor agregado a la producción de la Yuca en el municipio de Puerto Rico

3.2. Objetivos Específicos:

- Describir las alternativas para incrementar la producción de yuca en la región.
- Evaluar las perspectivas de usos alternativos e industrialización de la yuca.
- Analizar el mercado regional, nacional e internacional de la yuca y sus derivados.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Métodos

Para la elaboración de la monografía se empleó el enfoque de investigación cualitativa, cuyas características se describen a continuación:

La investigación cualitativa es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema. La misma procura lograr una descripción holística, esto es, que intenta analizar exhaustivamente, con sumo detalle, un asunto o actividad en particular.

Las técnicas empleadas son dos: a) el estudio de caso y b) la investigación documental.

4.2. Estudio de Caso:

Consiste en el estudio de escenarios, fenómenos y comportamientos de hechos reales que denotan problemas aún desconocidos en el plano teórico.

Tipos de Estudio de Casos: Según los objetivos: Existen tres categorías o tipos principales de estudios de caso: explicativos, descriptivos y de metodología combinada. Aunque en la vida real a menudo se superponen estas categorías:

- 1) Explicativos. El propósito de los estudios de caso explicativos, tal como su nombre lo indica, es explicar las relaciones entre los componentes de un programa.
 - a. Implementación del Programa. Este estudio de caso investiga las operaciones, a menudo en varios terrenos, y con frecuencia, de manera normativa.
 - b. Efectos del Programa. Este estudio de caso examina las causas y habitualmente involucra evaluaciones de tipo multi-terreno y multi-método.
- 2) Descriptivos. Estos estudios son más focalizados que los casos explicativos.
 - a. Ilustrativo. Este tipo de estudio de caso es de carácter descriptivo y tiene el propósito de añadir realismo y ejemplos de fondo al resto de la información acerca de un programa, proyecto, o política.

Estos estudios de caso describen primordialmente lo que está sucediendo y por qué, con la finalidad de mostrar el perfil de una situación. Este tipo de estudios son especialmente útiles para ayudar a interpretar otros datos que pueden estar disponibles, tales como encuestas.

- b. Exploratorio. Este es también un estudio de caso descriptivo pero apunta, antes que a ilustrar, a generar hipótesis para investigaciones posteriores.

4.3. Investigación Documental

La investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de

información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos.

La investigación documental tiene la particularidad de utilizar como una fuente primaria de insumos, más no la única y exclusiva, el documento escrito en sus diferentes formas: documentos impresos, electrónicos y audiovisuales. Sin embargo, los textos monográficos no necesariamente deben realizarse sobre la base de sólo consultas bibliográficas; se puede recurrir a otras fuentes como, por ejemplo, el testimonio de los protagonistas de los hechos, de testigos calificados, o de especialistas en el tema.

4.4. Materiales

En concordancia con la metodología y las técnicas, se emplearon los siguientes materiales:

Bibliografía:

- Bibliografía especializada existente en las bibliotecas de la UAP, CIPA, ONG Herencia, etc.
- Bibliografía digital obtenida mediante internet.

Equipos de Oficina:

- Computadora e impresora

Material de escritorio

- Papel bond
- Tinta para impresora
- USB

4.5. Análisis

Consistió en la síntesis e integración de la información obtenida de diversos instrumentos y medios de observación. Prepondera más un análisis descriptivo

coherente que pretende lograr una interpretación minuciosa y detallada del asunto o problema de investigación.

Las conclusiones y recomendaciones se derivaron continuamente durante el proceso.

V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

5.1. Características botánicas

Según Montaldo (1985), la yuca es primeramente una planta productora de almidón con alto valor energético y muy bajo tenor de proteína.

5.1.1. Clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Clase: Dicotiledoneae

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: Manihot

Especie: esculenta

Esta clasificación botánica, reúne en la actualidad, según la clasificación de Montaldo (1979) a las especies denominadas “M. Utilissima” con alto tenor de ácido cianhídrico, utilizada exclusivamente para fines industriales o en la alimentación de animales, después de ser procesada, y “M. Dulcis” lo que corresponde a una yuca más dulce, directamente utilizada para la alimentación humana. El criterio en que se fundamenta esta división:

- a) Yuca dulce: menos de 50 miligramos por kilogramo de pulpa.
- b) Yuca ligeramente amarga: 50 a 100 miligramos por kilogramo de pulpa
- c) Yuca amarga: más de 100 miligramos por kilogramo de pulpa

5.1.2. Descripción morfológica

De acuerdo a Sánchez (2004), la yuca, como cualquier ser vivo, presenta una serie de características morfológicas, a través de las cuales se puede caracterizar una determinada variedad.

Hoja: Está constituida por una lámina foliar y peciolo, siendo la lámina foliar palmada y lobulada. Dependiendo de la variedad, los colores de la lámina foliar y el peciolo son diferentes, así como la forma de los lóbulos. Las hojas son anchas y tienen de 5 a 7 lóbulos soportados sobre un peciolo largo y delgado. Las hojas llegan a tener hasta el 18% de proteína y un razonable tenor de vitamina B1, de fósforo y de hierro.

Floración: En la yuca no existen flores hermafroditas, o sea, presencia de ambos sexos en una misma flor. En la planta coexisten flores masculinas y femeninas. Las masculinas ocupan la parte superior y las femeninas la parte inferior. La flor femenina está compuesta de diferentes partes y de acuerdo con los colores de cada una de las partes, se pueden caracterizar diversas variedades.

Fruto y semilla: Cuando la flor femenina es fecundada, el ovario se desarrolla para formar el fruto dentro del cual existen como máximo 3 semillas utilizadas para la realización de trabajos de mejoramiento genético de la yuca.

Ramas: Cuando jóvenes presentan variadas coloraciones que sirven para caracterizar las variedades. Cuando están maduras son cilíndricas, con diámetro variable de 2 a 6 centímetros y tanto el grosor como el color varían según la edad

de la planta y la variedad. A medida que crece el tallo se distribuye en ramas principales, que a su vez se divide en igual forma.

Raíces: Se encuentran dos tipos de raíces, a saber: a) Fibrosas y b) Tuberosas. Luego después del plantío, al iniciarse el desarrollo de las raíces, todas ellas son de tipo fibroso. Después de algún tiempo, algunas raíces fibrosas se transforman en tuberosas, pasando a almacenar fécula en su interior. La cáscara, entre cáscara y pulpa adquieren diferentes colores que son características de la variedad. Las raíces se desarrollan a partir de la base del tallo, por debajo de la superficie del terreno y penetran en el suelo a una profundidad de hasta un metro.

La composición química de las raíces varían según las condiciones ecológicas, la variedad empleada y la práctica de manejo.

Cuadro N° 1
Promedio de la composición de una raíz de yuca

COMPONENTES	%
Humedad	70,25
Almidón	22,00
Azúcares	4,44
Proteínas	1,10
Grasas	0,50
Fibras	1,11
Cenizas	0,60

Fuente: Kueneman 2002.

5.1.3. Otras características de la especie

López (2002), afirma que la planta es herbácea con porte variable dependiendo del tipo de ramificación. Existen variedades de un solo tallo, pero la mayor parte presentan ramificaciones con dos o tres ramas que a su vez también

se subdividen. El colmo de la planta presenta protuberancias formadas por la base del pedúnculo foliar de hojas caducas, por la gema axilar, que se localiza en la parte superior; y por las estípulas laterales, cuya forma puede caracterizar una determinada plantación.

Los internodios presentan espacios variables dependiendo de las condiciones ambientales. Las ramificaciones laterales varían de tamaño con los internodios, disminuyendo en la parte central y aumentando en las extremidades. El tallo puede ser verde o pigmentado, y la coloración puede variar del pardo al rojo oscuro.

El mismo autor, sostiene que la yuca se propaga vegetativamente através de pedazos de tallo, denominados ramas o esqueje. En el primer semestre de desarrollo la planta forma la parte aérea, con apenas 10% de peso en las raíces, después de este período, las hojas permanecen estables mientras que las raíces aumentan de volumen durante los tres meses siguientes, posteriormente las hojas se desarrollan y se establece el equilibrio entre la parte aérea y la parte subterránea.

La yuca es una planta típicamente tropical, y puede ser cultivada dentro de una franja que va de 30° de latitud Norte a 30° de latitud Sur. En general ésta planta requiere clima caliente y húmedo, siendo que el crecimiento vegetativo se interrumpe a 10° grados centígrados. Los mejores resultados en producción fueron obtenidos en altitudes inferiores a 1.200 metros, con temperaturas medias de 26° y en suelos silico-arcilloso de textura arenosa, con un buen nivel de materias orgánicas. La capacidad de resistir a prolongados períodos de seca, representa una considerable ventaja sobre los cereales.

5.2. Requerimiento de clima y suelo

5.2.1. Clima

El Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonia Peruana (INIAP 1995), indica que para el cultivo de esta especie requiere:

Latitud: De una manera general, el cultivo de la yuca es posible, desde el punto de vista climático, en las regiones del globo comprendida entre los paralelos 30° Latitud Norte y 30° Latitud Sur.

Temperatura del aire: Mientras haya temperaturas del aire entre los 20° y 30° centígrados y desde que exista suficiente humedad ambiental, la yuca mantiene su actividad de crecimiento por siete a ocho meses. La planta también necesita de un período de reposo que se caracteriza por la paralización de su desarrollo, caída de las hojas y, paralelamente, el almacenamiento de almidón en sus raíces. Para que ocurra ese período de reposo, es necesario que las temperaturas medias del aire se sitúen con valores inferiores a 20° C. y/o se disminuyan las cantidades de agua en el suelo.

Lluvias: la yuca se adapta muy bien a las regiones que presenten cerca de 1.000 a 2.000 milímetros de lluvia durante su fase vegetativa, con buena distribución durante los 7 a 8 meses que dura la referida fase. En la fase de reposo (4 a 5 meses), el régimen de lluvias no debe secar completamente y sí acusar entre 100 a 200 mm de lluvia para facilitar el arrancado de las raíces del suelo. Tiene una acentuada preferencia por los climas de elevada humedad relativa y expuesta a más de 2.000 horas de sol al año, lo cual es un factor muy importante para el almacenamiento del almidón y su rendimiento.

5.2.2. Suelos y topografía

FUNDAGRO, INIAP Y CIAT (1992), señalan que, para conseguir un buen rendimiento en el cultivo de la yuca, se requieren suelos arenosos, profundos y bien drenados, con buena fertilidad y una topografía de hasta 5% de declive. Los suelos arenosos, además de facilitar el desarrollo de las raíces, permiten una cosecha más fácil, rápida y en consecuencia menos cara.

La buena fertilidad se encargará de ofrecer a la yuca agua, oxígeno y los elementos necesarios para una equilibrada nutrición posibilitando que la planta se

mantenga sana, se desarrolle rápidamente y en la época de la cosecha presente una alta productividad.

Suelos con topografía de un máximo de 5% de declive disminuye sensiblemente la erosión, que en el caso particular de la yuca adquiere gran importancia, en vista de que esa planta se caracteriza por presentar un desarrollo lento en el comienzo de su ciclo vegetativo, causando una desprotección del suelo y aumentando así los riesgos de erosión.

5.3. Variedades

Fuentemayor *et al.* (2005), sostienen que desde el punto de vista de la variabilidad genética, existen numerosas variedades que se diferencian entre sí, principalmente por la duración de su ciclo vegetativo, pudiendo mencionar los siguientes.

a) Precoces: Presentan el ciclo vegetativo de 8 meses a 1 año de duración, incluyendo a las denominadas; Mandí'o hovy, Toledo, San Quintin, Yu'í y Tacuara.

b) Intermedias: Presentan el ciclo vegetativo de 12 meses de duración, sobresaliendo las denominadas Concepción, Pomberi y Clavel.

c) Tardías: Presentan el ciclo vegetativo de aproximadamente 18 meses de duración

Los materiales genéticos mencionados pueden permitir esperar un rendimiento de raíces de 18 hasta 35 toneladas por hectárea, lo que está en relación con la fertilidad de los suelos y con las prácticas agronómicas empleadas.

5.4. Tipos de explotación

Según Montaldo (1989), las unidades de producción de yuca son explotaciones pequeñas cuyos productos se destinan principalmente al consumo de la misma finca, que sea para alimentación familiar o de animales. Las técnicas empleadas son las derivadas del trabajo manual. Estas explotaciones no contratan

mano de obra asalariada, se utilizan excepcionalmente fuerza de trabajo extrafamiliar que solo tiene como contrapartida la reposición de la mano de obra recibida.

5.4.1. Proceso productivo

Por su parte (FAO 2002), afirma que el proceso productivo se inicia con la elección de la parcela, en función casi exclusiva de la disponibilidad de superficie utilizada en años anteriores, ya que las únicas limitantes en cuanto a aptitud del suelo para la implantación se da por los suelos inundables, afloramientos rocosos o declives muy pronunciados. La siguiente etapa consiste en la preparación del suelo, en poco más del 50% de los casos se hace con arado y la otra parte manualmente, con azada. En caso de usarse arado, éste generalmente es prestado o contratado con pago en dinero.

El arado que usa generalmente el campesino, es uno modificado de doble vertedero, que, prácticamente se hace prescindible el uso de rastra, sobre todo, cuando se realizan operaciones cruzadas. Seguidamente se preparan los surcos con arado o abriendo con azada los asientos para las ramas, cuya preparación generalmente se realiza en forma simultánea con la preparación (picado) de la rama, cuya cantidad no debe ser mayor que la que se puede plantar el mismo día, de lo contrario las mismas dejarán de ser adecuadas para la multiplicación.

La práctica de cultivo, especialmente la carpida, se realiza manualmente con azada, el número de operaciones, se relaciona directamente con el grado de enmalezamiento, que aumenta con los años de uso de la parcela seleccionada, en promedio, se realizan dos carpidas, a veces tres y muy excepcionalmente cuatro carpidas, dependiendo también de la variedad. La morfología foliar que cubre el suelo más rápida y más completamente no admite una tercera carpida.

Una característica técnica bien marcada de la mayoría de las unidades de producción constituye el cultivo de la yuca asociado con otros rubros, con mayor frecuencia el maíz, seguido en importancia y asociado con leguminosas como:

poroto, maní y algunas hortalizas y frutas, como sandía, melón, calabazas y zapallos.

Las semillas de yuca (ramas) destinadas a la nueva plantación provienen en su casi totalidad de la propia finca, solo en caso de necesidad de reemplazar la variedad o experimentar una nueva, el productor recurre a otro productor para conseguir ramas.

5.5. Principales parámetros de cultivo

Chávez, (1991), indica que para obtener una productividad aceptable, es necesario, cumplir con los parámetros mínimos de cultivo, que son:

Densidad de Cultivo: La densidad de siembra que se constató durante las pesquisas del equipo de elaboración del proyecto, es muy variable, debido a las diferencias de distancias entre hileras y plantas. La distancia entre hileras varía de un mínimo de 0,75 m a un máximo de 1,50 m, siendo aplicada más frecuentemente 1 metro de distancia. En cuanto a la distancia entre plantas, esta varía desde un mínimo de 0,30 m a un máximo de 1,25 m, siendo lo más frecuente la distancia de 0,80 metros.

La población media aproximada que resulta de las distancias de siembras, sería de 12.500 plantas por hectárea. Esta densidad poco adecuada está estrechamente ligada a la racionalidad económica y agronómica del campesino y al destino eminente de la producción, Sin embargo en el caso de una plantación intensiva, la cantidad de plantas es de 20.000 por hectárea.

Este fenómeno proviene en gran parte de que la plantación de yuca, se practica en muchos países a nivel familiar, sin tener un real objetivo comercial o industrial, lo que dejó al campesino al abandono en lo que se refiere a las normas de plantación y al apoyo técnico. Tal vez si tuviera un objetivo distinto al del consumo en la misma finca, el diseño de su cultivo sería distinto y más productivo.

No obstante, existe un buen conocimiento de los productores en cuanto al manejo del cultivo, a su manera, ellos están experimentando constantemente con nuevas variedades introducidas de zonas vecinas o más distantes, buscando permanentemente asegurar la producción en la finca, prefiriendo aquellas variedades resistentes a plagas y enfermedades, sequía y al vuelco por acción del viento. También combinan con características como precosidad, gusto al consumo directo y rendimiento en almidón. En este sentido, el productor sigue siendo el más constante y antiguo investigador agrícola, cuyas agudas observaciones le permiten seleccionar las mejores variedades y prácticas agrícolas, para alcanzar su principal objetivo como productor y generar los alimentos básicos para satisfacer sus necesidades.

Época de plantación: La plantación de la yuca se concentra en el período más frío del año. Como consecuencia de esta concentración en la época de siembra, se da correlativamente una maduración de los cultivos durante los meses más fríos, desfasándose de los meses en que tendría la mayor concentración de almidón, como serían durante los dos meses anteriores a los del frío. Esta situación demuestra claramente que el cultivo debe iniciarse si es posible dos meses antes del frío, e incluso fines de mayo a manera de poder realizar la cosecha durante los meses de concentración de almidón.

Análisis comercial de la producción: A excepción de algunos países, la yuca es un producto típicamente de consumo en la finca, tanto para la alimentación humana como para los animales. Ocasionalmente se vende a vecinos que carecen del producto o a comerciantes o camioneros que llegan hasta la finca. No se puede hablar de canales de comercialización porque la yuca no es un producto comercial actualmente, en los que se refiere a la mayoría de los países productores, debido a que no existe un mercado donde se forman los precios y mecanismos de adquisición. Sin embargo, existe un vivo interés en vender el producto, si se diera la oportunidad, mediante la utilización del mismo como materia prima para la industria del almidón.

El incentivo de la producción, debe iniciarse con la seguridad de colocación del producto, con una rentabilidad por lo menos equivalente a la de otros productos tales como maíz, soja, etc., es evidente que un productor siempre busca rentabilizar al máximo su propiedad. En consecuencia es importante que el desarrollo de la industria de extracción de almidón de la yuca, considere un costo de materia prima razonablemente alto, que permita al productor satisfacer sus necesidades, y su crecimiento, incentivándole a producir más.

Selección del Material para la Plantación: Las estacas para la plantación deben ser retiradas de yucales vigorosos y sin contaminación de enfermedades, porque plantándose estacas afectadas, no brotan o brotan atrasadas, dando origen a plantas débiles y pequeñas, que poco o nada producen. Tampoco deben plantarse estacas que presenten chancros o coloración caféojiza en el área medular, así como tampoco estacas infestadas de insectos y ácaros, que atrasan o impiden la brotación, como por ejemplo los barrenadores, que pueden diseminarse por las estacas y reducir la brotación de hasta un 70%.

Se hace imprescindible la realización de una selección visual minuciosa, descartándose y quemándose las estacas que presentan ácaros, insectos o cualquier tipo de lesión. El yucal con edad mínima de 8 y máxima de 12 meses, es el ideal para proveer material para la plantación, pues, tanto los yucales más jóvenes como los más viejos, producen estacas que se enraízan y brotan con dificultad. A los fines didácticos podemos dividir una planta de yuca en tres regiones: basal, mediana y terminal.

Estando el yucal en su edad ideal, o sea de 8 a 12 meses, se debe retirar las estacas, preferiblemente de la región basal, y en caso de que todavía falte material para completar la plantación, se deben retirar las estacas restantes de la región mediana, pero es muy importante que en este caso las estacas retiradas de regiones basales y medianas, sean plantadas en áreas separadas. Las estacas retiradas de la región terminal no son adecuadas para la plantación, pues, siendo éstas muy herbáceas, también enraízan y brotan con dificultad. La región terminal

es siempre más rica en proteína y de mejor sabor, por lo que se puede aprovechar para la alimentación animal.

Otras características a observar en una buena estaca para la plantación son:

- Diámetro de la médula alrededores de 50% del diámetro de la estaca
- Tamaño aproximado de 20 cm, o sea, una cuarta
- Que presenten por lo menos 5 nódulos o yemas
- Que suden rápidamente el latex al ser cortado

Lo más adecuado es la preparación de las estacas con un machete bien afilado. El corte de la rama para las estacas nunca debe ser apoyado, pues ocasiona daños en la estaca. El corte debe ser siempre en línea recta y nunca en bisel, para garantizar una mejor distribución de las raíces, así como en la sombra y el mismo día de la plantación.

Para matar insectos, ácaros de hongos, que podrían estar adheridos a la superficie de la estaca que va a ser plantada, se recomienda tratar las estacas antes de la plantación con una mezcla de fungicidas y acaricidas.

Plantación en hoyos: Este sistema se recomienda para pequeñas áreas, en las cuales no haya sido realizado el destronque. Los hoyos serán hechos con el auxilio de azadas, a 10 cm de profundidad. Las estacas son colocadas en los hoyos (una por hoyo) en posición horizontal, debiendo después de ser totalmente cubiertas con tierra.

Plantación en surcos: Los surcos deben poseer 10 cm de profundidad, pudiendo utilizarse para hacerlos, surcadores estirados por animales o mejor con tractores. Las estacas deberán ser colocadas en el fondo de los surcos en posición horizontal en la superficie del suelo y cubiertas con tierra, de manera que

queden formando montículos en hileras sobre los surcos. Este debe ser el sistema a utilizarse en áreas libres de troncos.

Plantación en hileras dobles: Es un sistema que fue rápidamente adoptado por los agricultores brasileños, debido a las múltiples ventajas que presenta, y recomendamos que tal sistema de plantación sea aplicado. Consiste en plantar en líneas dobles con un espacio de 60 cm entre línea y línea, y de 2 metros entre cada par de líneas.

A través de sistema se consiguen las ventajas siguientes, sin ninguna disminución en la productividad de yuca, incluye más o menos la misma cantidad de plantas de yuca por hectárea que en la plantación en hileras simples:

- Mayor control de las hierbas invasoras y por consiguiente un número menor de carpidas necesarias
- Posibilita el aprovechamiento de los espacios entre las hileras dobles para la siembra de otro cultivo (maíz, poroto, habilla, etc), después del período del primer crecimiento, lo que permite disminuir los riesgos de comercialización, pues en la misma área pueden ser explotados dos o más cultivos y permite adecuarse al sistema de policultivo practicado tradicionalmente por el campesino.
- Facilita la entrada del agricultor en el yucal, a fin de hacer inspecciones necesarias y aplicaciones de defensivos.
- Permite la realización de rotación de cultivos sin que haya necesidad de un terreno adicional para ello

Abonamiento: Para la recomendación de un abono adecuado, no se puede extrapolar resultados, pues hay necesidad de contar con resultados obtenidos a través de una experimentación hecha.

Considerando que no disponemos de antecedentes experimentales locales a este respecto, se recomienda que sea llevado a cabo una serie de experimentos para de ahí partir a la aplicación más adecuada de abonos para el futuro. En lo

inmediato, es más bien necesario insistir en el manejo adecuado de los suelos de cultivo, realizando los estudios correspondientes.

Carpidas: Los agricultores no realizan carpidas suficientes para permitir una óptima producción de las raíces, y, tomando en consideración que durante los primeros 120 días, el yucal debe estar libre de competencia de plantas invasoras, su productividad estará seriamente comprometida, por este motivo recomendamos efectuar por lo menos tres carpidas durante los 6 primeros meses.

Plagas y enfermedades: Las más importantes y que inciden en la merma de la producción se tiene siguientes enfermedades:

Bacteriosis: Causada por *Xanthomonas manihotis*,

Antracnosis: Causada por el *Colletotrichum gloeosporioides*,

Cercosporosis: Determinada por *Cercospora vicosae*, *Cercospora henningsii*, *Cercospora henningsii* y *Cercospora caribae*.

Oidio: Enfermedad causada por *Oidium sp*,

Ferruginoso: Enfermedad determinada por *Uromyces sp*,

Pudriciones Radiculares: *Phytophthora drechsleri* - *Pythium sp.*,

Pudriciones radiculares secas: *Rosellinia necatrix*,

Las plagas que atacan la yuca son muchas, sin embargo, solamente algunas tienen normalmente importancia económica.

Marandová: *Erinnyis ello*,

Chinche *Vatiga sp*,

Ácaros: *Mononychellus tanajoa*; *Tetranychus urticae*, s

Mosca blanca: *Bemisia sp.*,

5.6. Productos y sub-productos de la yuca

5.6.1. Consumo de la raíz al natural

Según Fretes (2010), la producción de la yuca está destinada principalmente a la alimentación humana y animal en forma de raíz. En gran número de países, especialmente en los de África y algunos de América Latina, la yuca es el alimento predominante en la dieta diaria, como principal fuente de carbohidrato, contribuyendo a la subsistencia de aproximadamente 400 millones de personas. En muchos países, las raíces en la forma “in natura” son destinadas a la alimentación animal.

El valor nutricional de la raíz de yuca se pone de manifiesto al observar el cuadro siguiente, en el que se compara su composición química con otros productos. La desventaja de la yuca frente al arroz y a la papa, por su menor contenido de proteína y grasas, queda eliminada al utilizarse combinada con proteína de origen animal u otros productos como la soja.

Para el consumo humano las raíces son hervidas, convirtiéndose en un alimento equivalente a la papa. Para destruir el ácido prúsico en la raíz fresca se corta ésta en rodajas, que se ponen a cocer lentamente después de haberlas echado en un recipiente con abundante agua fría, de modo que el calentamiento gradual asegura la hidrólisis del principio tóxico. Es importante evitar someter las raíces al calor demasiado intenso, porque ello puede suprimir la acción enzimática, sin que desaparezca el ácido prúsico combinado.

La yuca hervida es un elemento muy difundido en muchos países como sustituto del pan de trigo. También se consume la yuca frita en aceite.

5.6.2. Almidón de yuca.

FUNDAGRO, INIAP y CIAT (1992), afirman que, el almidón puede hallarse en la naturaleza como pequeños gránulos depositados en semillas, tubérculos y raíces de distintas plantas; es una mezcla de dos polímeros, amilosa y

amilopectina, cuya proporción relativa en cualquier almidón, así como el peso molecular específico y el tamaño de los gránulos, determinan sus propiedades fisicoquímicas y su potencialidad de aprovechamiento ciertos procesos industriales.

El almidón de yuca tiene una amplia gama de aplicaciones en la industria de alimentos, de papel y cartón, textil, farmacéutica y de adhesivos, entre otros. Sin embargo, la mayoría de los almidones usados en estos sectores son modificados, los cuales han sido desarrollados para reducir una o más de las limitaciones que tiene el almidón nativo para uso industrial. Las modificaciones en el almidón involucran el tratamiento del gránulo por medios físicos, químicos y bioquímicos que causan la ruptura de algunas o todas las moléculas, lo cual permite realzar o inhibir en el almidón propiedades como consistencia, poder aglutinante, estabilidad a cambios en el pH y temperatura, y mejorar su gelificación, dispersión o fluidez.

Almidón nativo de yuca: El almidón nativo es el que sigue el proceso de producción de almidón sin pasar por una fermentación, lo que se realiza es una hidrólisis ya sea parcial, parcial con ácidos y total acida o enzimática. Este almidón tiene diversos usos; sus propiedades como espesante, aglutinante, estabilizante y mejorador de textura le dan una demanda potencial que tiende a crecer mundialmente.

Almidón agrio de yuca: La obtención de almidón agrio o fermentado de yuca tiene las mismas etapas de producción del almidón nativo, con la diferencia de que incluye una etapa de fermentación previa al secado. Las raíces de yuca son lavadas para eliminar tierra e impurezas y retirar la cascarilla. Luego, son ralladas para liberar los gránulos de almidón y la masa obtenida es lavada y filtrada o colada en una tela y la lechada es decantada en canales. El almidón precipitado es traspasado a tanques donde fermenta en forma natural, en condiciones anaeróbicas, por aproximadamente 30 días y luego es secado al sol, lo que le da a este almidón propiedades de expansión en el horneado. El almidón agrio adquiere, además, características especiales de sabor, textura y olor que

son deseables en la panificación. Se emplea en la elaboración de productos horneados como pandebono, pandeyuca y bocadillos tales como «rosquillas» y «besitos». Este almidón es tradicional en Brasil y Colombia (Alarcón y Dufour, 1998).

5.6.3. Chips de yuca

Para Ospina *et al.* (2002), Los chips de yuca son trozos irregulares cortados de raíces secas, cuyo tamaño es variable pero cuya longitud no debe exceder los 5 cms, de modo que puedan almacenarse en silos.

El procedimiento de deshidratar los trozos o raspas de yuca permite aumentar la vida útil de las raíces, lo cual facilita el almacenamiento para la exportación o para la realización de stock de materia prima en época de interzafra. Los chips deben contener una humedad de 9 a 12% para tener una conservación adecuada. El uso principal de los chips de yuca está destinado a la alimentación animal, en la fabricación de piensos compuestos.

5.6.4. Pellets de yuca

Los pellets son obtenidos mediante la trituración de los chips y su posterior prensado, dándoles una forma cilíndrica, de 2 a 3 cms de longitud y de 0,4 a 0,8 cm de diámetro, con aspecto y textura uniforme. El uso de los pellets de yuca está orientado exclusivamente a la alimentación animal (Montoya, 2007).

5.6.5. Harina de yuca

La harina se obtiene mediante un proceso de limpieza de la raíz, eliminación de cáscara y rallado. La masa así obtenida se pasa por un filtro prensa y luego por una centrífuga, obteniéndose así una masa que debe ser secada a fin de evitar procesos de hidrólisis. La harina seca debe ser molida y pasada por tamices, obteniéndose así harinas de diferentes granulometrías.

Según su calidad y contenido en sustancia amilácea, las harinas se clasifican en comestibles e industriales. Dentro de cada una el distinto tenor de

material amiláceo y contenido de humedad hace que las harinas se clasifiquen en los tipos 1, 2 y 3. Las del tipo 1 son las más cotizadas en la alimentación humana y utilizadas como sustituto de otras harinas en la elaboración de panificados. La mezcla con harina de trigo puede llegar hasta 30% y alterar las características físicas del pan (Montoya. 2007).

5.6.6. Almidón de yuca

Es la sustancia amilácea extraída de las raíces de yuca, obtenida por decantación, centrifugación u otros procesos tecnológicos adecuados. Desde épocas muy antiguas data el conocimiento del almidón y de sus aplicaciones. El término “amylum” de origen greco-latino, significa material harináceo obtenido a través de la molienda de tubérculos o de otra fuente vegetal. Se acostumbra como sinónimo los términos fécula y almidón. En el presente estudio se adoptará el término de almidón (Ospina et al 2002).

El almidón es uno de los principales componentes de la mayoría de los vegetales, destacándose para la alimentación humana los siguientes vegetales amiláceos:

- Cereales Arroz, maíz y trigo
- Tubérculos y raíces Batata y yuca
- Leguminosas Lenteja, arveja, poroto

Los almidones de diferentes procedencias tienen reacciones químicas similares y suelen ser intercambiables, aunque las distintas estructuras granulares que presentan influyen en sus propiedades físicas. El almidón y los productos amiláceos se usan en muchas industrias alimentarias, sin embargo, el uso no alimentario del almidón representa un 75% de la producción de la industria del almidón comercial. Por ejemplo, el almidón es utilizado en la industria textil, siderúrgica, papel, farmacéutica y plástica. Además de su uso como almidón “in natura” , de sus fracciones (amidosa y amilopectina), o de sus productos de

hidrólisis (dextrina, maltosa y glucosa), el almidón puede sufrir modificaciones que lo moldean de acuerdo a los requerimientos tecnológicos.

Estas modificaciones o derivaciones pueden ser físicas o químicas. Entre las modificaciones más comunes podemos citar los almidones pregelatinizados y aquellos modificados químicamente. En estos últimos, los más importantes son los almidones tratados por ácidos por hipocloritos, fosfatados e intercruzados, además de las modificaciones con acetatos, dialdeidos, propionatos, butiratos, caproatos, benzoatos, metil, benzil, etc.

5.6.7. Almidón pre-gelatinizado

Para INIAP (1995), Los almidones pre-gelatinizados son aquellos que presentan ciertas solubilidad en agua fría. El reciente aumento en el consumo de alimentos pre-preparados, tales como los congelados, enlatados y alimentos instantáneos, expandió el mercado para los almidones pregelatinizados. Los almidones pre-gelatinizados forman una pasta algo diferente a una pasta recientemente recocida. Ello es debido a la rotura de gránulos y la retrogradación que ocurren durante el proceso de pre-gelatinización. Así, almidones pre-gelatinizados y reconstruidos con agua fría producen pastas de menos viscosidad y firmeza que las pastas hechas con el almidón original.

Es amplia y variada la utilización de los almidones pre-gelatinizados en la industria. Son adicionados en barros para perforación de pozos de petróleo, con el objeto de controlar la pérdida de agua. En este caso, a diferencia de los almidones destinados a alimentos, se desea una gran cantidad de gránulos dañados. En los alimentos, los almidones pre-gelatinizados son usados como espesantes o para controlar la pérdida de agua. Es típico el uso de almidones pre-gelatinizados en la fabricación de budines instantáneos.

Los almidones, o a veces las harinas pre-gelatinizadas, son utilizados como espesantes en sopas instantáneas. En estos casos se suele adicionar lectinas o

monoglicéridos a los almidones pre-gelatinizados para neutralizar la tendencia de éstos a formar grumos, dificultando la solubilización de los alimentos instantáneos.

5.6.8. Almidones derivados

Para Fretes (2010), los almidones derivados son aquellos que tienen sus propiedades alteradas mediante modificaciones químicas.

Las modificaciones químicas más frecuentes son:

- Almidón modificado por ácido
- Almidón fosfatado
- Almidón oxidado por hipoclorito
- Almidón con ligación cruzada o intercruzada

Se describirán cada uno de ellos y sus aplicaciones industriales.

a) Almidón Modificado por Ácido

La obtención de este tipo de almidón se basa en el tratamiento del almidón granular con una solución ácida, con una temperatura ligeramente inferior a la gelatinización. Como consecuencia de este procedimiento, el almidón aunque continúa presentando la apariencia del almidón natural, posee una mayor viscosidad en frío y en caliente. Por otro lado, el tratamiento con ácido provoca un entumecimiento durante la gelatinización.

Este tipo de almidón es utilizado en la industria textil, en la del papel y en lavandería. En la industria textil se lo usa en la fabricación y acabamiento de los tejidos, para mejorar la eficiencia de los mismos y aumentar la resistencia al rompimiento y abrasión. Su aplicación está difundida en telas de algodón, mezcla de algodón y sintéticos, rayón, etc.

En materiales más gruesos se utiliza almidón de una fluidez más baja (20 - 30). En tejidos más finos la fluidez del almidón utilizado es más alta (40 - 60). En tejidos especiales como el "voile" la fluidez es muy alta (60 - 90).

En la industria papelera la utilización de almidones modificados por ácidos está orientada al gomado de las fibras, produciendo papeles con diferentes resistencias al rozamiento y aumentando la capacidad de impresión.

En las lavanderías el almidón modificado por ácido resulta un práctico aditivo, pues el mismo se distribuye uniforme y fácilmente en los tejidos, permitiendo el fácil manipuleo y mejorando su apariencia. Su aplicación en forma doméstica suele realizarse en forma de "spray".

b) Almidón Fosfatado

Puede identificarse dos grupos de almidones fosfatados:

El primero de ellos es el mono-ester-fosfatado, en el cual un grupo hidróxilo del almidón es esterificado por una de las tres funciones del ácido fosfórico.

El segundo grupo está formado por el almidón di-ester-fosfato, en el cual dos o tres funciones ácidas del ácido fosfórico esterifican el almidón.

En cuanto a las propiedades del almidón fosfatado, puede mencionarse que, comparándolo con el almidón granular, posee mayor viscosidad máxima y una gran resistencia a la retrogradación.

Puede ser utilizado en gelatinas, gomas vegetales y coloidales similares, produciendo películas claras y flexibles. Tienen estabilidad al congelamiento; por su carácter polar puede ser usado como emulsionante.

En la industria siderúrgica el almidón fosfatado es utilizado como agente ligante en la fabricación de moldes para la fundición de hierro, acero, bronce,

aluminio y de otras ligas de metales. Los moldes son hechos de una mezcla de almidón, aceite, arcilla y otros ingredientes.

Después de comprimidos son retirados intactos reciben un tratamiento en caliente. La acción del almidón se manifiesta en la mayor resistencia de los moldes, los cuales pueden ser manipulados sin romperse.

En la industria del papel, el almidón fosfatado es utilizado por su propiedad de otorgar mayor resistencia al papel cuando éste se moja, como en el caso de las toallas de papel. Por otro lado, este tipo de almidón permite el uso más frecuente de pigmentos de precio elevado, como el dióxido de titanio.

El almidón fosfatado es utilizado también en la minería, en procesos de purificación. Se lo pulveriza finamente y se lo mezcla con agua hasta formar una pasta viscosa. Posteriormente, se adicionan agentes espumantes y un depresante. Se verifica entonces la separación de los constituyentes del mineral en equipos para flotación. Para depresante del óxido de hierro en presencia del sílice o en la extracción del aluminio de la bauxita el almidón fosfatado es más eficiente que el almidón natural.

c) Almidón Oxidado por Hipoclorito de Sodio

La oxidación por hipoclorito de sodio es uno de los más antiguos métodos de modificación del almidón.

En este proceso las unidades de glucosa a lo largo de la cadena tienen un anillo roto, formándose los grupos carboxilas y carbonilas. Puede verificarse también una despolimerización, lo cual confiere una mejor viscosidad a este tipo de almidón.

El almidón tratado con hipoclorito de sodio se presenta más blanco que el almidón no tratado, aunque microscópicamente los gránulos de ambos almidones son semejantes. En agua caliente el gránulo del almidón tratado con hipoclorito pierde su birrifringencia a temperaturas menores que el almidón no modificado.

La viscosidad máxima ocurre también a temperaturas bastantes inferiores que el almidón no tratado. La pasta fría es más fluida y clara.

El principal uso de este tipo de almidón, se registra en la industria del papel, ya que al formar una película en la superficie del papel sella los poros existentes y posibilita una mejor impresión. Este almidón otorga mayor resistencia al papel, inclusive conteniendo agua.

En la industria textil son utilizados los almidones modificados por hipoclorito en el gomado de los hilos de espuma del rayón y mezclas sintéticas, pues vuelven a estos hilos más elásticos y resistentes a la abrasión. Este efecto, puede lograrse también con otros almidones modificados, pero el hipoclorito es más fácilmente removido después del tratamiento. Es también utilizado en hilos de lana para volverlos más resistentes a la acción mecánica.

En las lavanderías el almidón modificado por hipoclorito es utilizado con las propiedades análogas a las que ya se mencionaron para los otros almidones modificados.

Finalmente, este tipo de almidón encuentra aplicación en la industria de la construcción, para la fabricación de material acústico, de papel de pared, etc.

d) Almidón Intercruzado o Almidón con Ligación Cruzada

El almidón intercruzado es aquel obtenido por la reacción de hidróxilas de dos o más moléculas de las fracciones del almidón, mediante la actuación de un agente polifuncional.

La fosfatación puede causar intercruzamiento. Otros compuestos usados son: la epicloridrina, los aldehidos, la vinisulfona, los diepóxidos, los oxicloretos de fósforos, etc. El intercruzamiento confiere al grano una elevada resistencia a la ruptura mecánica durante la gelatinización. Cuando ocurre un bajo intercruzamiento, alcanza una viscosidad superior que la del almidón no tratado.

Cuando el entrecruzamiento es alto, la estructura formada es tan rígida que prácticamente impide entumecerse al grano, lo que es muy importante a veces.

Este tipo de almidón es utilizado en la industria del papel y en la fabricación de tejidos, formando pastas de alta viscosidad.

Otras utilidades observadas son las siguientes: en arcillas para la perforación de pozos petrolíferos, tinta para pinturas, cerámicas, ligantes para moldes siderúrgicos, y producción de briquetas de carbón vegetal, como medio para electrolitos en baterías secas.

Los almidones con alto grado de entrecruzamiento son utilizados en los materiales quirúrgicos durante la esterilización, como vehículo para herbicidas e insecticidas, etc. Cuando el entrecruzamiento se realiza con oxocloruro de fósforo, el almidón resultante puede ser utilizado como intercambiador de cationes.

5.6.9. Dextrinas

Por su parte Ceballos (2002) sostiene que la aplicación de la yuca en adhesivos continúa siendo hasta la fecha una de las aplicaciones finales más importantes del producto. En la fabricación de cola simple, el almidón se gelatiniza sencillamente en agua caliente o con ayuda de productos químicos. La dextrina destinada a ser usada como cola industrial se la tiene mediante la acción de productos químicos, calor o enzimas, solos o en combinación. Se conocen tres grupos primarios de dextrinas: "British Gums", "Dextrina Blanca" y "Dextrina Amarilla"

La primera se forma calentando almidón solo o en presencia de pequeñas cantidades de sales alcalinas amortiguadoras, a una temperatura comprendida aproximadamente entre 180° y 220° C. Los productos finales tienen un color que va del claro al pardo muy oscuro. Dan soluciones cuyas viscosidades son menores que la del almidón.

Las dextrinas blancas se obtienen calentando suavemente el almidón con una cantidad relativamente grande de catalizador añadido, por ejemplo, ácido clorhídrico, a una temperatura de 180° - 220° C, durante un corto tiempo. El producto final aparece con un color blanco, con una solubilidad en agua muy limitada y retiene grados variables de la tendencia a la retrogradación del engrudo del almidón original.

Las dextrinas amarillas se forman cuando se usan dosis de catalizador o ácidos menores, con temperaturas más altas de conservación (150° - 220° C) durante los tiempos de conservación más prolongados.

Las dextrinas formadas son solubles en agua, presentan baja viscosidad y tienen un color que va del amarillo claro al pardo. La mayor utilización de dextrinas se encuentra en la industria del cartón corrugado, utilizándose, además, la cola simple, elaborada mediante la aplicación de una suspensión de almidón bruto en una solución de la forma gelatinizada. El cartón se prensa entre rodillos calientes, que efectúan la gelatinización de la dextrina o del almidón bruto, dando como resultado una adhesión muy fuerte.

Las dextrinas de yuca se utilizan para la fabricación de gomas de re-humedecimiento, muy difundidas en los sellos de correo y los sobres. Otro uso de este producto se verifica en los adhesivos domésticos en general, tales como empapelado de paredes, revestimientos, etc.

En la industria de la fundición el almidón se usa como adhesivo, resistiendo los granos de arena y fregándolos entre sí en la fabricación de núcleos, que se colocan en moldes en la manufactura de coladas para metales.

5.6.10. Dextrosa o Glucosa

Según Chávez (1991), la hidrólisis del almidón produce un tipo de azúcar, que, en estado de jarabe se denomina glucosa y en estado sólido dextrosa. La glucosa (dextrosa) se encuentra en las frutas dulces, tales como las uvas y en la miel. Es menos dulce que la sacarosa (azúcar obtenida a partir de caña o de

remolacha) y también es menos soluble en agua. Sin embargo, cuando se emplea glucosa mezclada con sacarosa el dulzor resultante suele ser mayor de lo esperado.

La concentración del jarabe de glucosa llega al 80 - 85% de sólidos. El jarabe de glucosa se transporta en bidones, o a granel en tanques, por ferrocarril o por carretera. Debe tener cuidado de no conservarse en grandes cantidades y durante mucho tiempo, porque puede resultar alterado el color del jarabe. El almidón empleado en la fabricación del jarabe de glucosa tiene que ser lo más puro posible, con un bajo contenido de proteína, particularmente de proteína soluble. El almidón de yuca presenta en este punto ventajas sobre el obtenido de otras amiláceas.

La industria de la glucosa (dextrosa) es el mayor consumidor independiente de almidón, acaparando alrededor del 60% de la producción total del almidón. El jarabe de la glucosa y la dextrosa cristalina se usa en grandes cantidades en la industria de la conserva, confitería, confites, jaleas, mermeladas, mantecados, helados, productos de panadería, productos farmacéuticos, bebidas y fermentaciones alcohólicas.

El uso de la glucosa y la dextrosa es complementario al de la sacarosa en la industria de la confitería. Su función es impedir la cristalización de la sacarosa. En la industria de panadería suministra carbohidratos fermentables; en las conservas de frutas, industrias similares, aumenta los sólidos sin causar un incremento indebido en el dulzor total, aumentando así el aroma natural de la fruta. La glucosa también evita la formación de cristales de hielo que destruyen la textura suave de las conservas de frutas.

5.6.11. Alcohol de Yuca

Sánchez y Alonso (2002), afirman que la yuca es una de las sustancias fermentables más ricas para la producción del alcohol. Las raíces frescas, contienen, aproximadamente, un 30% de almidón y un 5% de azúcares y las

raíces secas contienen alrededor del 30% de sustancias fermentables, aptas para la producción de alcohol etílico.

La producción del alcohol etílico a partir de la yuca sigue un proceso similar a la producción de dicho alcohol a partir de otros amiláceos. El control implica, básicamente, las siguientes operaciones: Tratamiento de las raíces, hidrólisis y sacarificación, fermentación y destilación.

La obtención del alcohol a partir de la yuca presenta ventajas con relación a la caña de azúcar, tales como: el mayor tiempo disponible de industrialización de la yuca, que puede repartirse sobre casi 300 días al año pudiendo utilizarse tanto las raíces frescas, como el almidón industrial almacenado.

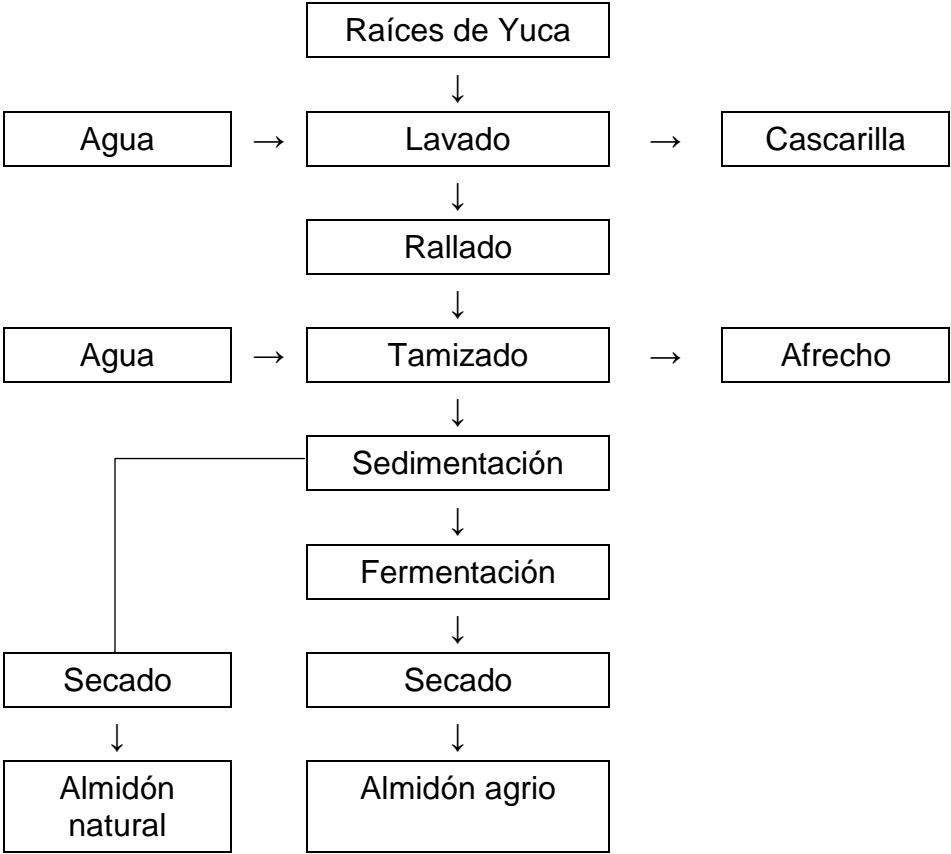
La utilización primordial del alcohol etílico está en la sustitución de los combustibles derivados del petróleo, de gran trascendencia en los países que, no poseen petróleo. El alcohol etílico puede usarse en su forma hidratada como combustible en los motores y en su forma anhidra (alcohol absoluto), en una mezcla con la nafta, denominada comercialmente alcohol-nafta. La proporción alcohol/nafta suele ser de 10/90 y de 20/80.

VI. APORTE TEÓRICO (INDUSTRIALIZACIÓN DE LA YUCA).

Según Cárdenas (1991), la extracción del almidón de la yuca puede realizarse en plantas artesanales o plantas más tecnificadas; sin embargo, el proceso en esencia es el mismo y comienza con la descarga de la materia prima en un espacio cercano a la zona de lavado y pelado, donde es desempacada y vaciada en la tolva alimentadora, luego es macerada finamente por medio de la superficie cortante del cilindro y de las cuchillas que actúan como rallos, convirtiéndola en una pasta de ralladura de yuca y liberando el almidón. En seguida, el almidón y el agua (lechada de almidón) son separados las coladoras mecánicas (filtrado) de las fibras y proteínas que las raíces contienen. La lechada de almidón pasa a una zaranda auxiliar con malla para retener impurezas y el agua y el almidón son separados en los canales de sedimentación, en los cuales

los gránulos de diverso tamaño se sedimentan en el fondo. En algunos casos, parte de la mancha se separa en el tramo final de los canales; en otros, el agua sobrenadante pasa por tuberías de rebose a un tanque de sedimentación de mancha. El almidón fresco, que es retirado manualmente de los canales de sedimentación, es sometido a un proceso biológico de fermentación anaerobia por un período de dos a tres semanas, obteniéndose el almidón agrio que se extrae de los tanques en bloques compactos y se transporta a los patios para deshidratarlo mediante la exposición a la luz solar.

Diagrama de la industrialización de la yuca



6.1. Recepción de raíces de yuca fresca.

Álvarez *et al.* (2000), sostienen que las raíces una vez cosechadas deben ser transportadas a la planta de procesamiento dentro de las siguientes 24-48 horas para evitar su deterioro fisiológico y/o microbiano. Un factor importante en la producción de almidón de yuca de alta calidad, es que todo el proceso desde la cosecha de las raíces hasta el secado del almidón sea ejecutado en el más corto tiempo posible.

6.2. Lavado y pelado de las raíces

Aristizábal, y Sánchez (2007) indican que en esta etapa se elimina la tierra y las impurezas adheridas a las raíces. La cascarilla se desprende por la fricción de unas raíces con otras durante el proceso de lavado. Normalmente, las pérdidas en el lavado son de 2-3 por ciento del peso de las raíces frescas. Se debe evitar pérdida de la cáscara ya que esta también contiene almidón.

6.3. Rallado o desintegración

En esta etapa se liberan los gránulos de almidón contenidos en las células de las raíces de la yuca. La eficiencia de esta operación determina, en gran parte, el rendimiento total del almidón en el proceso de extracción. Si el rallado no es eficiente, no se logran separar totalmente los gránulos de almidón de las fibras; el rendimiento del proceso es bajo y se pierde mucho almidón en el afrecho desechado.

Por otra parte, si el rallado es demasiado fino, los gránulos muy pequeños de almidón sufren daño físico y más tarde deterioro enzimático; la sedimentación sería más lenta ya que el gránulo fino pierde densidad y además se formaría mayor cantidad de mancha (Cárdenas, 1991).

Un factor importante que es el cálculo de la eficiencia de rallado que determina la eficiencia de liberación de los gránulos de almidón. El cual fue calculado de la siguiente manera:

Colado o extracción: En esta etapa se realiza la separación de la pulpa o material fibroso de la lechada de almidón. Se debe evitar que pequeñas partículas de fibra pasen a la lechada de almidón; es por ello que en muchos casos se recomienda realizar un recolado de la lechada con el objeto de retener las fibras finas que pudieron pasar a la lechada.

Sedimentación o deshidratación: Se realiza por medio de sedimentación o centrifugación, para separar los gránulos de almidón de su suspensión en agua.

6.4. Secado:

Puede ser realizado dependiendo del nivel tecnológico por secado solar o artificial. En ambos casos, se busca remover la humedad del almidón hasta un 12-13 por ciento.

6.5. Acondicionamiento:

Comprende las etapas de molienda, tamizado y empaque.

6.6. Subproductos en el proceso del almidón de yuca.

En el proceso de extracción de Almidón de yuca se generan subproductos tanto sólidos como líquidos. Las principales características son:

Afrecho: Es el subproducto de la operación de colado. Una vez secado al sol, el afrecho se usa como complemento de concentrados para animales o se ofrece directamente en la alimentación animal. El análisis químico indica que el material tiene un contenido de materia seca de 80 a 85%, del cual el 60 a 70% es almidón y el 12 a 14% es fibra.

Mancha: Al terminar la sedimentación en los canales, se obtienen tres capas: la inferior y más densa es el almidón; la intermedia, que es un almidón mezclado con material proteico, espesor variable y menos denso que el almidón, es la mancha y la capa superior es el agua residual. La mancha contiene almidón

de baja densidad y menor calidad y su nivel de proteína es alto, empleándose en la alimentación de porcinos y en la elaboración de adhesivos.

En algunas rallanderías, este material se sedimenta en el tramo final de los canales de sedimentación, en otras se deja sedimentar en un tanque y, en la mayoría de los casos, su separación es ineficiente debido al bajo tamaño de las partículas, lo que hace que finalmente sean arrastradas junto con el efluente líquido (agua residual). Este material líquido puede ser reutilizado en la etapa de lavado de la yuca, lo que representaría un ahorro del 17% del agua utilizada en el proceso. (Aristizábal y Sánchez, 2007)

Agua residual: Durante el proceso de extracción de yuca se utilizan de 8 a 9 m³ de agua por tonelada de yuca procesada. Considerando que en promedio una Rallandería tradicional procesa 4 toneladas de yuca por día y que la yuca en sí tiene un alto contenido de agua, se estima que cada Rallandería produce 36 m³ diarios de agua residual (Cárdenas 1991).

En el proceso se generan dos tipos de aguas residuales: las que provienen del lavado y pelado de la yuca que se caracterizan por contener gran cantidad de sólidos suspendidos (material inerte y cascarilla), valores de DQO bajos y una proporción de cianuro del orden de 40 a 70%. Las provenientes de los canales o tanques de sedimentación, presentan altas cargas orgánicas de DBO y DQO.

Mientras tradicionalmente el afrecho y la mancha han tenido un valor agregado por ser fuentes ricas en energía y proteína, siendo utilizados en la industria de alimentos concentrados para animales y en la alimentación directa de cerdos y otros animales de fincas de la región, con una producción promedio de 4450 toneladas/ año de afrecho seco y 750 toneladas/año de mancha seca, las aguas residuales normalmente han sido descargadas a los cuerpos receptores, causando un significativo impacto negativo sobre los mismos, lo que se ha reflejado en la inhabilidad de estas fuentes para otros usos.

VII. CONCLUSIONES

La recopilación, sistematización, análisis e interpretación de la bibliografía relativa al tema, permite efectuar las siguientes conclusiones:

- El cultivo de la yuca en el departamento Pando y particularmente en el municipio de Puerto Rico tiene una gran importancia para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos, especialmente en el área rural a nivel de pequeñas explotaciones. En nuestra región es el tercer rubro en importancia en cuanto a superficie cultivada después del arroz y el maíz.
- A nivel de productores, la yuca destinada para la venta es sembrada con doble propósito, para consumo directo y/o para la comercialización. Esta situación ocasiona a la que las posibilidades de industrializar la yuca tenga un cierto grado de inseguridad en la provisión de materia prima, sufriendo escasez de materia prima durante algunos meses del año y abundancia en otros, así como también pérdidas de la calidad de raíces frescas que son retenidas un tiempo largo para la entrega en la industria en épocas de oferta excesiva.
- Los obstáculos que han impedido la consolidación del cultivo de la yuca para la industria en la región son, en cierta medida, el costo de producción relativamente alto, la baja productividad y el uso de tecnología de producción muy rudimentaria. La yuca, en nuestra región, no se ha visto beneficiada por inversiones a nivel de tecnologías de siembra, cosecha y post-cosecha, ni de investigación sobre productos de alto valor agregado.
- La industrialización de la yuca podrá ayudar en gran medida a mejorar la rentabilidad, además, serviría para el despegue definitivo de este importante cultivo. Si se considerara a la yuca como uno de los productos estratégicos, esta raíz seguramente podría favorecer el desarrollo del sector agroalimentario e industrial de la región. Sin embargo, para hacer viable su consolidación, se deben desarrollar sistemas de producción rentables y sostenibles por lo cual es cada vez más urgente la adaptación o desarrollo de tecnologías que, una vez incorporadas, fortalezcan la cadena productiva y sus derivados industriales.

VIII. RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en la presente investigación a nivel bibliográfico, permite efectuar las siguientes recomendaciones:

- Considerando la importancia del cultivo en el municipio de Puerto Rico, es necesario efectuar investigaciones experimentales sobre sistema de producción mejoradas: empleando nuevas tecnologías, comparación de variedades mejoradas, uso de fertilizantes, manejo integrado de plagas, técnicas de almacenamiento post cosecha, etc.
- Se recomienda necesario realizar investigaciones analíticas a mayor profundidad sobre: la superficie cultivada, el rendimiento, la producción, la proporción destinada al autoconsumo y a la comercialización, los ingresos obtenidos, conocimientos sobre procesamiento y otras formas de uso.
- Considerando la fragilidad de los suelos de la región, se recomienda realizar investigaciones sobre el cultivo de la yuca como parte de los sistemas agroforestales, para conocer la interacción con otras especies, la factibilidad o viabilidad, así como la rentabilidad económica.
- Capacitar a la población local, principalmente al pequeño productor, sobre las técnicas de procesamiento de la yuca para diversificar los productos obtenidos de ella, dando un valor agregado, lo que repercutirá en mejorar sus ingresos familiares.
- Las instituciones responsables del desarrollo productivo a nivel departamental, municipal y organizaciones no gubernamentales, deben socializar a la población del área rural sobre la demanda y mercado internacional de la yuca y sus derivados, así como canalizar su comercialización al mercado nacional, creando mecanismos de organización de productores, etc.

IX. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Álvarez, H, Cobeña G., Cárdenas F. 2000 Estudio de síntesis de la yuca y su desarrollo agroindustrial en las principales áreas productoras del país. E.E. Portoviejo del INIAP.
- Aristizábal J, y Sánchez T. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. FAO. Roma 2007.
- Cárdenas, C. G. 1991. Secamiento natural de yuca picada. INIAP-CIID-FUNDAGRO. Boletín divulgativo. No. 208.
- Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el Mundo: Nuevas Perspectivas para un Cultivo Milenario. CIAT .CO. Vol. 327 Capitulo I. p. 1-13.
- Chávez, N. 1991. Estudio del Desarrollo Técnico y Socioeconómico de las Asociaciones de Productores y Procesadores de Yuca en Manabí. Período 1990-1991. Informe de Trabajo. Manabí, Ecuador. 34 p.
- FAO (FONDO INTERNACIONAL DE DESARROLLO AGRÍCOLA) 2002. Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos, para la alimentación y la agricultura: Plan de acción mundial e informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. IT. 10 p.
- Fretes, Francisco 2010. Mandioca. Una opción industrial. USAID. Paraguay Vende. Asunción, Paraguay.
- Fuenmayor, F; Segovia, V; Albarrán, JG; Rodríguez, A; Cabaña, W. 2005. Banco de Germoplasma de yuca del INIA-CENIP Venezuela.
- FUNDAGRO, INIAP, CIAT. 1992. El cultivo de la yuca en el Ecuador, su comercialización, impacto en la agroindustria, aspectos socioeconómicos y de organización de productores. Seminarios de Yuca 1988-1989-1990, Compendio de Ponencias, Editor: Ramiro Velastegui, Quito, Ecuador.

INIAP 1995. Utilización de la yuca en la alimentación humana. Las 50 mejores recetas de yuca para su hogar. EE Portoviejo. 62 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) 2014. Estadísticas Económicas por actividad. En línea disponible en: <http://www.ine.gob.bo/indice/general.aspx>

Kueneman, E. 2002. Iniciativa Mundial para el mejoramiento de la yuca, un cultivo tropical que alimenta a más de 600 millones de personas. FAO.

López, J. 2002. Semilla vegetativa de yuca., pp. 49-75. CIAT. Cali, Colombia. 586 pp.

Montaldo, A. 1989. Los cultivos de raíces y tubérculos. Revista de la Facultad de Agronomía. Raíces y tubérculos. Alcance 38: p. 213-256.

Montaldo, A. 1985. La yuca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica. 386 p.

Montoya S. 2007. *Industrialización de la yuca*. Obtención de almidón nativo y sus aplicaciones. Tecnología de Alimentos. Universidad del Valle. Colombia.

Ospina, B., García, M. y Alcalde, C. 2002. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, pp. 326-339. CIAT. Cali, Colombia. 586 pp.

PREFECTURA DEL DEPARTAMENTO PANDO (2007). Plan de desarrollo departamental de Pando (PDD) 2008 – 2015. Secretaria Departamental de Planificación. Cobija, Pando, Bolivia.

Sánchez, T. 2004. Evaluación de 6000 variedades de yuca. Cali, Colombia, Programa Mejoramiento de yuca-CIAT.

Sánchez, T. y Alonso, I. 2002. Conservación y acondicionamiento de las raíces frescas, pp. 503-526. CIAT. Cali, Colombia. 586 pp.