

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“CONSERVACIÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) MEDIANTE LA  
ADICIÓN DE ÁCIDO SALICÍLICO AL RECUBRIMIENTO DE  
PARAFINA”.**

**AUTORA:**

Ayón Mero María Guadalupe

**e-mail:** [marylu\\_1294@hotmail.com](mailto:marylu_1294@hotmail.com)

**TUTORA:**

Ing. María Isabel Mantuano Cusme

MANTA – MANABI - ECUADOR

2017

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos miembros del tribunal correspondiente, declaramos que se ha APROBADO la tesis titulada “**CONSERVACIÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) MEDIANTE LA ADICIÓN DE ÁCIDO SALICÍLICO AL RECUBRIMIENTO DE PARAFINA**”, ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por María Guadalupe Ayón Mero, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA APROBACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

---

Ing. Ángel Prado Cedeño  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Stalin Santacruz Terán PhD  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Luis Coloma Hurel  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DERECHO DE AUTORIA**

Yo, Ing. María Isabel Mantuano Cusme, certifico haber tutelado la tesis titulada **“CONSERVACIÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) MEDIANTE LA ADICIÓN DE ÁCIDO SALICÍLICO AL RECUBRIMIENTO DE PARAFINA”**, que ha sido desarrollada por Ayón Mero María Guadalupe, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA APROBACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Ing. María Isabel Mantuano Cusme

**TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo, María Guadalupe Ayón Mero declaro bajo juramento que, el trabajo aquí descrito es de mi total y absoluta autoría, que no ha sido previamente presentada por ningún grado o calificación profesional, y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí, y a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de dicha universidad, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

**María Guadalupe Ayón Mero**

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar quisiera agradecer de manera especial y sincera a la Ing. María Isabel Mantuano por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Por su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas, sin lugar a duda su experiencia como docente ha logrado en mí formarme como una gran profesional, gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a esta facultad.

Quiero también expresar mi agradecimiento al Ing. Luis Coloma por su aporte, disponibilidad y paciencia que tuvo en los momentos en los cuales acudí a pedir su ayuda.

Al Ing. Patricio encargado del Laboratorio de Análisis de Alimentos de CESSECA le agradezco por haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis, su amistad y sus conocimientos sin lugar a duda se ven reflejados en los resultados obtenidos.

Agradezco de igual manera al Ing. Marlon su colaboración fue de gran ayuda dentro del laboratorio, le agradezco por sus siempre atentas y rápidas respuestas a las diferentes inquietudes surgidas durante el desarrollo de este trabajo.

A mi hermana María y mi cuñado Paúl por jamás dejarme sola por su ayuda y aporte económico y por siempre estar conmigo en los momentos más difíciles, les estaré infinitamente agradecida.

A Rudy unas de mis pocas amigas y más que eso casi una hermana, gracias por cada abrazo por cada palabra de aliento y por jamás dejarme caminar sola en aquellos ratos de oscuridad, espero seguir contando con tu apoyo y darnos la mano siempre que la necesitemos.

Y a todas las personas que han formado parte de mi vida profesional, sin importar en donde estén muchas gracias.

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante y no desmayar a pesar de los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A mi madre Inés Mero por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional y confiar siempre en mí. A mi padre Manuel Ayón, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo dándome esas palabras de aliento para nunca detenerme en el camino y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mis hermanas, sobrinos y mi familia en general por compartir conmigo todos los buenos y malos momentos.

Y finalmente a Ammy mi querida hija, quien fue la causante de mi anhelo de salir adelante, progresar y culminar con éxito este proyecto, dedico a ella cada esfuerzo que realice en la construcción de esta tesis pues en algún momento me detuve y pensé en que si quería lo mejor para ella tenía que realizar los sacrificios que fueran necesarios, eres y serás la motivación más grande que Dios me ha regalado.

La vida consiste en tener a quienes realmente te quieren y yo los tengo a ustedes.

## RESUMEN

La yuca en Ecuador constituye un producto básico en la alimentación, esta raíz se destina en un alto porcentaje al consumo en fresco; es llevada a distintos mercados internos y en algunos casos suele ser exportada. Uno de los mayores problemas que dificultan su exportación es su rápido deterioro fisiológico pos-cosecha que sufren a más de 48 horas. Uno de los métodos de conservación empleados por los productores es el parafinado, que contribuye a retardar los procesos fisiológicos y microbiológicos que afectan a la yuca. Sin embargo, un estudio realizado, logró destacar propiedades del ácido salicílico como activador de defensas contra el ataque de hongos. Es por ello, que tomando en cuenta las características de estos dos elementos se plantea adicionar ácido salicílico en 3 concentraciones diferentes (1mmol/L, 1,5 mmol/L y 2 mmol/L) al recubrimiento de parafina para determinar la efectividad que tendría para la conservación de la yuca en condiciones de almacenamiento de T° 4°C y HR 70%, durante 8 semanas, se proyecta realizar un control semanal de los parámetro físico-químicos y microbiológicos. Teniendo como resultado de esta investigación que a una temperatura de almacenamiento de 4°C las yucas recubiertas con parafina + ácido salicílico a 2 mmol/L de concentración, logran perder menos porcentaje de peso, conservar por más de 8 semanas el color blanco característico de la pulpa, así como se evita el crecimiento de hongos, siendo por ende un tratamiento que permite alarga la vida útil de las yucas por un periodo más prolongado.

**Palabras claves:** yuca, parafina, deterioro pos-cosecha, deterioro microbiológico y ácido salicílico.

## SUMMARY

Cassava in Ecuador is a basic product in food, this root is intended for a high percentage of fresh consumption; Is carried to different domestic markets and in some cases is usually exported. One of the major problems hindering its export is its rapid post-harvest physiological deterioration lasting more than 48 hours. One of the methods of conservation used by the producers is the waxing, which contributes to delay the physiological and microbiological processes that affect the cassava. However, a study carried out, managed to highlight properties of salicylic acid as activator of defenses against the attack of fungi. Therefore, taking into account the characteristics of these two elements, it is proposed to add salicylic acid at 3 different concentrations (1 mmol / L, 1.5 mmol / L and 2 mmol / L) to the paraffin coating to determine the effectiveness For the conservation of cassava under storage conditions of T ° 4 ° C and 70% HR, during 8 weeks, a weekly control of the physical-chemical and microbiological parameters is projected. As a result of this investigation, at a storage temperature of 4 ° C, the yuccas coated with paraffin wax + salicylic acid at 2 mmol / L concentration, lose less percentage of weight, retain for more than 8 weeks the characteristic white color of The pulp, as well as avoiding the growth of fungi, being therefore a treatment that allows to extend the useful life of the yuccas for a longer period.

**Key words:** cassava, paraffin, post-harvest deterioration, microbiological deterioration and salicylic acid.

# INDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	II
DERECHO DE AUTORIA.....	III
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
RESUMEN .....	VII
SUMMARY .....	VIII
INDICE GENERAL .....	IX
INDICE DE TABLAS .....	XII
INDICE DE GRÁFICOS .....	XIII
CAPÍTULO I	
ANTECEDENTES .....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	6
1.4. OBJETIVOS .....	7
1.4.1. Objetivo general.....	7
1.4.2. Objetivos específicos .....	7
1.5. HIPOTESIS .....	8
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. ANTECEDENTES DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES .....	9
2.1.1. Propiedades funcionales .....	9
2.1.2. Procedimientos de obtencion de recubrimientos .....	10
2.1.3. Componentes de los recubrimientos .....	11
2.2. PARAFINADO.....	12
2.2.1. Parafina .....	12
2.2.2. Temperatura de proceso de parafinado.....	13
2.3. ÁCIDO SALICÍLICO .....	13
2.3.1. Generalidades .....	13
2.3.2. Origen.....	13

2.3.3.	Propiedades .....	14
2.3.4.	Efecto en las plantas .....	14
2.3.5.	Efecto antimicrobiano .....	15
2.4.	GENERALIDADES DE LA YUCA .....	16
2.4.1.	Origen.....	16
2.4.2.	Importancia de la yuca.....	16
2.4.3.	Taxonomía.....	17
2.4.4.	Morfología.....	17
2.4.5.	Composición química de la yuca .....	20
2.5.	VARIETADES DE YUCA COMERCIALES .....	21
2.6.	PRODUCCIÓN DE YUCA EN EL PAÍS .....	21
2.7.	ASPECTOS DE CALIDAD DE RAÍCES DE YUCA .....	23
2.8.	DETERIORO POSCOSECHA.....	24
2.8.1.	Factores que afectan la calidad de las raíces de yuca. ....	26
2.9.	ALMACENAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DE LA YUCA.....	27
2.9.1.	Métodos tradicionales.....	28
2.9.2.	Métodos modernos .....	28
CAPÍTULO III		
	DISEÑO METODOLÓGICO .....	29
3.1.	UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	29
3.3.	VARIABLES EN ESTUDIO .....	29
3.2.1.	Variables independientes .....	29
3.2.2.	Variables dependientes .....	29
3.4.	FACTORES EN ESTUDIO.....	30
3.5.	TRATAMIENTOS .....	30
3.6.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	32
3.6.1.	Tipo de diseño .....	32
3.6.2.	Número de repeticiones.....	32
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	32
3.8.	METODOLOGÍA .....	33
3.8.1.	Materiales y métodos.....	33
3.8.2.	Manejo del experimento .....	34
3.8.3.	Métodos de evaluación.....	36

## CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1. ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS.....	39
4.1.1. Pérdida de peso (PP) .....	39
4.1.2. Color .....	40
4.1.3. Índice de deterioro .....	41
4.1.4. Firmeza en muestra cruda y previamente cocida .....	44
4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS.....	46
4.2.1. Mohos y Levaduras .....	46

## CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	47
5.1. CONCLUSIONES.....	47
5.2. RECOMENDACIONES .....	47
BIBLIOGRAFÍA .....	49
ANEXOS .....	54

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contenido de nutrientes en la planta de yuca.....	20
<b>Tabla 2.</b> Combinación de los factores en estudio .....	31
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza (ADEVA) $P < 0,05$ .....	32
<b>Tabla 4.</b> Prueba de Tukey al 5 % de la pérdida de peso de yucas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.....	40
<b>Tabla 5.</b> Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad del valor de luminosidad respecto al valor “L” de yucas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.....	41
<b>Tabla 6.</b> Comparación mediante fotografías del índice de deterioro de las raíces de yuca con cuatro distintos recubrimientos por un periodo de ochos semanas de almacenamiento a 4°C.....	43
<b>Tabla 7.</b> Prueba de Tukey al 5% de probabilidad de firmeza de yucas crudas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.....	44
<b>Tabla 8.</b> Prueba de Tukey 5% de probabilidad de firmeza de yucas cocidas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.....	45

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Síntomas de deterioro fisiológico pos-cosecha (izquierda) y fuerte fluorescencia azul bajo luz ultra violeta en yuca (derecha) .....	25
<b>Gráfico 2.</b> Deterioración microbiana presente en una raíz de yuca.....	26
<b>Gráfico 3:</b> Pérdidas de peso de yuca recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C. ....	39
<b>Gráfico 4:</b> Valor de luminosidad de las yucas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante las 8 semana de almacenamiento a 4°C. ....	40
<b>Gráfico 5.</b> Valores de Firmeza expresada en Newton (N) de yucas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C. ....	44
<b>Gráfico 6.</b> Valores de Firmeza expresada en Newton (N) de yucas cocidas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4 ° C. ....	45

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES

La yuca (*Manihot esculenta*), es la cuarta fuente de calorías para alrededor de 500 millones de personas, después del arroz, el azúcar y el maíz, en lo referente a cantidad de calorías producidas, se cultiva fundamentalmente en los trópicos y en terrenos considerados marginales, infértiles, ácidos y con largos períodos de sequía (Mederos V, 2006). Sus raíces, tanto frescas como secas, se emplean en la alimentación humana y animal, vislumbrándose un gran potencial agroindustrial y posibilidad de exportación.

Es producida en su mayor parte por pequeños agricultores que no dependen de insumos ni tecnologías asociadas con la agricultura moderna, en los países tropicales, la yuca ocupa el cuarto lugar, después del arroz, del maíz y la caña de azúcar. Desde fines de 1985 en el país existe un mayor interés por cultivar esta raíz, debido a nuevos usos dado especialmente por nuevas alternativas de post-cosecha (Booth R, 1976).

Ecuador se ha convertido en un fuerte competidor en algunos puertos estadounidenses, como Boston, Nueva York y México también lo hace en el mercado de Dallas y sus alrededores. Sin embargo uno de los mayores problemas para el desarrollo de la yuca, como cultivo, tanto para los agricultores como para los procesadores es su rápido deterioro fisiológico pos-cosecha (DFP) (Booth R, 1976, Reilly *et al*, 2003), el cual puede disminuir su palatabilidad y valor comercial después de 24-72 horas de haber sido cosechadas (Beeching *et al*, 1998), debido a cambios fisiológicos, bioquímicos y de ultra-estructura en la raíz (Rickard & Coursey, 1981).

Se ha indicado que la principal causa que ha incidido en esta reducción de las exportaciones ha sido la mala calidad con que este producto ha sido comercializado en los mercados consumidores. La aplicación de técnicas de conservación que no llenan las expectativas de los productores hace imposible mantener de manera prolongada la conservación de la yuca (Mantilla, 1996).

Es por ello que el presente documento corresponde a un estudio investigativo, de la elaboración de un recubrimiento comestible a base de diferentes concentraciones de ácido salicílico con parafina, para lograr identificar cuál de ellos logrará una mejor conservación de la yuca, que le permita un mayor tiempo de vida en el mercado.

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el país, una de las mayores limitantes para aumentar el consumo humano, es la dificultad de conservar las raíces después de la cosecha, pues se deterioran rápidamente, disminuyendo su calidad y presentando problemas de comercialización en fresco.

Los síntomas de deterioro de las raíces se manifiestan con cambio de coloración en los tejidos parenquimatosos y los haces xilemáticos, adquiriendo éstos últimos una coloración azulada que luego se convierte en estrías vasculares de color marrón (Montaldo A, 1973). Luego de este proceso las raíces pueden ser atacadas por microorganismos que provocan pudrición a los 5 ó 6 días después de la cosecha (Booth R, 1976). Si bien se ha podido identificar a los componentes que causan el deterioro fisiológico, poco se conoce sobre los mecanismos bioquímicos que conducen a la formación de éstos compuestos (Wheatley, C, & Gómez, 1985).

Debido a estos factores negativos, ultimadamente se está tratando de dar soluciones para la conservación de alimentos perecederos con el empleo de los llamados recubrimientos comestibles, los cuales deben poseer ciertas características funcionales que permitan controlar o minimizar las causas de alteración de los alimentos a recubrir (Castro A, 2013).

Un recubrimiento comestible es definido como una sustancia aplicada en el exterior de los alimentos de manera que el producto final sea apto para el consumo. Estos recubrimientos deben ser legales, inocuos, aceptables sensorialmente y deben proporcionar un valor agregado al alimento (Baldwin, 2012). La función principal de los recubrimientos comestibles es proteger al producto de daños mecánicos, físicos, químicos y actividades microbiológicas que lo deterioren (Falguera, 2011). Su aplicación permite alargar la vida útil durante el almacenamiento al reducir las pérdidas de humedad y ralentizar la maduración de los frutos, ya que actúan como barrera al intercambio gaseoso (Krochta, 1997).

El desarrollo continuo de películas y recubrimientos comestibles aplicados a productos hortofrutícolas tanto frescos como mínimamente procesados ha generado recientes avances respecto al efecto sinérgico de los componentes sobre la vida de anaquel de dichos alimentos. Las películas y recubrimientos comestibles se suelen elaborar con biopolímeros naturales de alto peso molecular que proporcionan una matriz macromolecular con resistencia cohesiva alta (Krochta, 1997).

Dentro de la formulación de un recubrimiento elaborado a partir de parafina se pretende incorporar **ácido salicílico**, dicha combinación podría aportar beneficios dentro de la conservación de yuca. El ácido salicílico es un regulador endógeno del crecimiento de naturaleza fenólica, que participa en la regulación de numerosos procesos fisiológicos en las plantas, así como en sus mecanismos de defensa frente al estrés biótico y abiótico. Así mismo, por ejemplo, induce la floración en determinadas plantas, controla la toma de iones por las raíces y la conductividad estomática. También participa en el funcionamiento de las membranas celulares, las relaciones hídricas, la fotosíntesis, la inhibición de la biosíntesis del etileno e incremento del crecimiento (Chávez *et al.*, 2012)

Se pretende por ello en esta investigación que la combinación de parafina y el ácido salicílico permita obtener un recubrimiento comestible que brinde resultados favorables para la conservación de yuca, mejorando aspectos fisiológicos y microbiológicos que permitan un tiempo de vida útil más prolongado.

## **1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

El presente trabajo de investigación se realizó en lugares dentro de la provincia de Manabí, se empleó como materia prima yuca de la variedad valencia procedente de la ciudad de El Carmen, la parte experimental se desarrolló dentro de las instalaciones de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí de la ciudad de Manta, se tomó información importante sobre la conservación de la yuca recubierta con parafina y los beneficios del uso del ácido salicílico, de igual manera se estudió cuál de los 3 tratamientos que se van a emplear ayuda a mejorar la conservación de la yuca tanto en aspectos fisiológicos como microbiológicos.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La forma de conservación de la yuca actualmente permite darle una vida útil de entre 5 a 6 semanas, las cuales hacen que el producto se exporte a lugares cercanos, sin embargo, el objetivo de una buena cosecha es conseguir que el producto logre ganar nuevos mercados y generar mejores ganancias, pero debido a la distancia esto se hace imposible (Domínguez C, 1983)

El problema principal, por el cual no se puede comercializar las raíces en zonas distantes al lugar de producción es el deterioro pos-cosecha que sufren a no más de 48 horas de extraídas del suelo. Los síntomas de deterioro de las raíces se manifiestan con cambios de coloración en los tejidos parenquimatosos y los haces xilógenos, adquiriendo éstos una coloración azulada para luego pasar a marrón, en forma de estrías vasculares (Montaldo A, 1973)

En los últimos 10 años, se han realizado numerosos estudios científicos que demuestran que los recubrimientos comestibles son una herramienta útil para mejorar la calidad de los alimentos vegetales mínimamente procesados debido a que forman una barrera semipermeable que reduce la pérdida de agua y de solutos, controlan el intercambio gaseoso incluida la velocidad de respiración ( $O_2$  y  $CO_2$ ) y la emisión de etileno, y disminuyen el riesgo de contaminación

microbiológica, los desórdenes fisiológicos y los cambios bioquímicos relacionados con reacciones oxidativas (pardeamiento enzimático) y la pérdida de firmeza (Tapia et al., 2008)

El método más empleado por los productores para la conservación de la yuca es el uso de parafina, que evita tener pérdidas de peso excesivas y disminuir el índice de deterioro, sin embargo estudios realizados demuestran que el deterioro microbiológico afecta al productos a partir de la semana 5. Se piensa que se pueden obtener mejores resultados de la aplicación del recubrimiento de parafina en yuca, mediante la adición de ácido salicílico, debido a que actúa como un activador de las defensas en las plantas contra hongos, virus, bacterias, nematodos e insectos.

Entonces nuestro estudio se basa en sumergir las yucas con un recubrimiento a base de parafina y 3 concentraciones distintas de ácido salicílico para determinar que tratamiento es más efectivo y permite una mejor conservación tanto fisiológica como microbiológica.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

- Conservar yuca (*Manihot esculenta*), empleando como recubrimiento parafina con adición de ácido salicílico.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la efectividad de los recubrimientos aplicados en yuca, respecto al deterioro microbiano, mediante análisis de mohos y levaduras.
- Determinar la efectividad de los recubrimientos aplicado en yuca, respecto al deterioro fisiológico, mediante análisis de pérdida de peso, color, índice de deterioro y firmeza.

## **1.5. HIPOTESIS**

El uso del recubrimiento de parafina con la incorporación de ácido salicílico podría ser una alternativa para extender el tiempo de vida útil de la yuca, y mejorar sus características físicas y microbiológicas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES**

A partir de los años 70, los polímeros petroquímicos, han sido el material más extensamente usado para embalar debido a su alto rendimiento y su bajo precio (Callegarin & Quezada-Gallo, 1997). Los recubrimientos comestibles fueron usados por cientos de años. Por ejemplo, la cera ha sido aplicada a los cítricos para retrasar su deshidratación del siglo XII en China (Debeaufort, 1998). La grasa de cerdo o cera fue usada para cubrir frutas y otros productos.

Las películas de gelatina fueron usadas para cubrir carnes y la sacarosa fue escogida como un recubrimiento comestible protector, sobre alimentos y avellanas. Recubrimientos de cera sobre frutas y verduras, recubrimientos de zeína sobre caramelos y de azúcar sobre almendras son los ejemplos comerciales más comunes de recubrimientos comestibles. +éteres de celulosa (carboximetil celulosa, hidroxipropil metilcelulosa y metilcelulosa) han sido usados como ingredientes en recubrimientos para frutas, verduras, carnes, productos de confitería, panadería, granos y otros productos agrícolas (Han J. G., 2005)

##### **2.1.1. PROPIEDADES FUNCIONALES**

Investigaciones realizadas han demostrado que los recubrimientos no pueden reemplazar los materiales de empaquetamiento tradicionales pues sus propiedades no son equivalentes a las de aquellos. Sin embargo sus atributos funcionales ayudan a afrontar los desafíos inherentes a la producción, distribución y almacenamiento de alimentos nutritivos, seguros, de alta calidad, estables y económicos (Campos *et al.*, 2011). Asimismo, pueden desarrollar una función complementaria de barrera por su baja permeabilidad al oxígeno,

permitiendo un envase tradicional de menor espesor, contribuyendo así a disminuir los problemas ambientales. Los recubrimientos pueden:

- **Retardar la migración de humedad:** la velocidad de transferencia de humedad entre un alimento y la atmósfera que lo rodea puede ser reducida si el producto entero es recubierto por una película. Un ejemplo típico es el uso de ceras para recubrir frutas y vegetales (Rojas Graü *et al.*, 2007).
- **Retardar la migración de aceites y grasas:** películas basadas en polímeros hidrofílicos, son altamente impermeables a grasas y aceites, atributo deseable cuando el alimento está destinado a ser freído en aceite (Rojas Graü *et al.*, 2007).
- **Retener compuestos volátiles del flavor** (Rojas Graü *et al.*, 2007).
- **Retardar el transporte de gases (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>):** las películas disminuyen la velocidad de la respiración aeróbica de frutas frescas y vegetales (Rojas Graü *et al.*, 2007).
- **Retardar el transporte de solutos:** las coberturas comestibles pueden mantener una alta concentración de distintos compuestos sobre la superficie del alimento (Rojas Graü *et al.*, 2007).
- **Mejorar las propiedades mecánicas frente al manipuleo e impartir integridad estructural adicional a los alimentos:** el refuerzo de la estructura por una película comestible podría mejorar la integridad durante el procesamiento, almacenamiento y/o distribución (Rojas Graü *et al.*, 2007).

### 2.1.2. PROCEDIMIENTOS DE OBTENCION DE RECUBRIMIENTOS

Algunas técnicas de aplicación para la obtención de recubrimientos, se detallan a continuación (Flores, 2007) :

- **Inmersión:** utilizado especialmente en alimentos de forma irregular que requieren una cobertura uniforme. Luego de la inmersión, el material excedente se deja drenar del producto y, finalmente, se seca o se deja solidificar.
- **Casteo:** es simple, permite controlar el espesor del film, ya que utiliza superficies planas. Involucra una etapa de secado que permite eliminar el exceso de solvente.
- **Prensado:** se coloca la suspensión entre dos placas y mediante una prensa se le aplica una dada presión en caliente. Luego se deja enfriar y secar retirando la placa superior.
- **Laminado:** se genera la película en forma de lámina en una calandra.

Las propiedades de las películas comestibles dependen de los materiales que la forman y sobre todo de su cohesión estructural. Las películas comestibles son muy hidrofílicas lo que puede limitar su aplicación. Por ellos, se ha tratado de mejorar su resistencia a la humedad y las propiedades de barrera al agua combinándolas con lípidos (Han *et al.*, 2006). La composición y las propiedades funcionales de películas y recubrimientos deben responder a la aplicación específica, tipo de producto alimenticio y principales mecanismos de deterioro (Guilbert & Gontard, 2005).

### 2.1.3. COMPONENTES DE LOS RECUBRIMIENTOS

Muchos biopolímeros han sido usados para formular películas y recubrimientos comestibles, por ejemplo, polisacáridos, proteínas, lípidos o sus mezclas. Las ceras y aceites (ejemplo: parafina, cera de abejas) son usadas como recubrimientos sobre naranjas, limones, manzanas, peras; ellas crean una barrera realmente eficiente al agua y pueden prevenir la pérdida de peso. Los polisacáridos usados en películas o recubrimientos incluyen, por ejemplo, la celulosa y sus derivados, el almidón, las pectinas y gomas (Debeaufort F, 1998).

Han sido usadas proteínas provenientes de origen vegetal y animal, incluyendo gluten de trigo, proteína de soja, zeína y proteína de leche. Los lípidos y sus derivados son principalmente usados en películas o recubrimientos para mejorar sus propiedades de barrera a la humedad (García, Martino, & Zaritzky, 2000).

## **2.2. PARAFINADO**

El parafinado es el tratamiento clave en la exportación de yuca fresca. Consiste en sumergir la yuca en parafina líquida, la cual está a una temperatura superior a los 100 ° C y dejarla solidificar o secarse a temperatura ambiente, para protegerla del deterioro vascular. En la operación de parafinado, la yuca húmeda perceptible debe evitarse, porque su efecto podría ser detrimentos cuando se encapsula humedad en la superficie interna de la cáscara en forma de vapor de agua, además, esta práctica promueve el deterioro microbiológico por incidencias de hongos (Fonseca & González, 1996).

### **2.2.1. Parafina**

Las ceras parafínicas, o sencillamente parafinas, son una mezcla de hidrocarburos saturados (enlaces sencillos entre carbonos) de cadena lineal, cuyo peso molecular oscila entre 320 y 560, y presentan consistencia sólida a temperatura ambiente. Se obtienen a partir de fracciones de la destilación al vacío de crudo reducido (fondos de la destilación atmosférica) con rango de destilación entre 350°C y 650°C, las cuales se someten a procesos de dilución con solvente, enfriamiento regulado, cristalización y filtración para separar las parafinas de los aceites (Fonseca & González, 1996).

- **Usos:** La principal aplicación de las parafinas es la manufactura de velas. En menor proporción se utilizan para la fabricación de cera para pisos, papeles parafinados, fósforos, vaselinas, recubrimiento de alimentos y otros usos industriales.

## **2.2.2. Temperatura de proceso de parafinado**

La temperatura a la cual se debe sumergir en la parafina deben contemplar varios factores, entre ellos el grado de pureza de la sustancia, relación costo/rendimiento, el sistema de parafinado (mecánico o manual), la apariencia visual (cuando la parafina está a temperatura baja, la superficie de la yuca queda de color blanco), por lo que se afecta la calidad final del producto.

Fonseca & González (1996), sugiere que la parafina tenga una temperatura de 140°C, porque así la yuca tendrá buena apariencia (cristalina transparente) y además, el proceso no provocará la evaporación de agentes extraños en ella, dará un buen rendimiento económico. Algunos trabajos han demostrado que una temperatura de 120°C o de 130°C llega a gastar alrededor de un 20% más de parafina que a 140°C.

## **2.3. ÁCIDO SALICÍLICO**

### **2.3.1. GENERALIDADES**

El ácido salicílico es un compuesto encontrado en todos los tejidos de las plantas, comenzó a sobresalir como molécula señalizadora en plantas cuando se descubrió su papel como inductor de la termogénesis en plantas de la familia Aráceae (Raskin, 1992), tiene los siguientes sinónimos: ácido otoxibenzóico o acidum salicylicum; su estructura química es el ácido 2-hidroxibenzoico. Su fórmula molecular:  $C_7H_6O_3$  (Cuéllar *et al.*, 2008)

### **2.3.2. ORIGEN**

El ácido salicílico es muy conocido gracias al extenso uso clínico de la aspirina o ácido acetilsalicílico. Desde el siglo V, Hipócrates recomendaba a sus pacientes una sustancia amarga obtenida de la corteza de sauce para aliviar el dolor, principalmente como tratamiento contra neuralgias y reumatismo, en forma de jugo o en infusiones (Cuéllar *et al.*, 2008).

Sin embargo se debe a Henri Leroux en el año 1827, farmacéutico francés, la obtención del ingrediente activo de la corteza, el glucósido salicilina. El nombre de ácido salicílico proviene de *Salix*, el árbol cuyas hojas y corteza tradicionalmente se utilizaban para el dolor y fiebre, y de donde Johann Buchner en 1828 aisló la salicina. En 1874 se inició la producción comercial de AS en Alemania, mientras que el nombre comercial de aspirina, aplicado al ácido acetilsalicílico fue introducido en 1898 por Bayer Company (Raskin, 1992).

Industrialmente se obtiene a partir de dióxido de carbono y fenolato sódico por sustitución electrolítica y posterior liberación del ácido de su sal mediante adición de un ácido fuerte (Cuéllar *et al.*, 2008).

### **2.3.3. PROPIEDADES**

#### **2.3.3.1. Físico-químicas**

La nomenclatura internacional, señala que el ácido salicílico tiene los siguientes sinónimos: ácido otoxibenzóico, *acidum salicylicum*; su estructura química es el ácido 2-hi-droxibenzoico. Su forma física se encuentra en cristales blancos, generalmente como pequeñas agujas, o como polvo blanco y veloso. La forma sintética es blanca e inodora pero el preparado de salicilato natural de metilo puede tener un tinte ligeramente amarillo. Es soluble 1 g en 460 mL de agua, 15 mL de agua hirviente, 3 mL de alcohol, 45 mL de cloroformo, 3 mL de éter, y en 135 mL de benceno (Cuéllar *et al.*, 2008).

### **2.3.4. EFECTO EN LAS PLANTAS**

El ácido salicílico se encuentra en las plantas en forma libre o en forma conjugada. A excepción de unas cuantas plantas como el arroz y la papa generalmente no se encuentra gran cantidad de AS endógeno en forma libre (Hennig *et al.*, 1993).

En cuanto a la distinción entre la aplicación de AS o de ácido acetilsalicílico en las plantas no se ha detectado diferencias importantes entre uno y otro. El acetilsalicílico es rápidamente convertido a AS en los tejidos tanto de plantas como de animales. Por lo que al AS cumple un papel muy importante en la transmisión de señales. Su actividad fisiológica más relevante ha sido demostrada como señal que interviene en la inducción de la resistencia sistémica adquirida, un efecto de respuesta de tipo inmunológica ante una infección por patógenos (Cuéllar *et al.*, 2008).

En los últimos años el papel más estudiado del AS es su participación como molécula señal en defensas locales y regulación de la respuesta sistémica adquirida (RSA) que se ejecuta en las plantas después de ser atacada por patógenos (Shah, 2003).

Además es considerado como un regulador endógeno del crecimiento de naturaleza fenólica, que participa en la regulación de numerosos procesos fisiológicos en las plantas así como en sus mecanismos de defensa frente al estrés biótico y abiótico. El ácido salicílico, induce la floración en determinadas plantas, controla la toma de iones por las raíces y la conductividad estomática. (Chávez *et al.*, 2012)

### **2.3.5. EFECTO ANTIMICROBIANO**

Los salicilatos en las plantas juegan un papel importante debido a que actúan como resistencia ante enfermedades (Park, 2007), en especial el ácido salicílico ya que es un activador de las defensas en las plantas contra hongos, virus, bacterias, nematodos e insectos, y en conjunto con el uso de los fosfitos para la inducción de resistencia a ciertos hongos para algunos cultivos (EDA, 2008).

## **2.4. GENERALIDADES DE LA YUCA**

### **2.4.1. Origen**

La yuca como cultivo tiene una tradición remota, los indígenas la utilizaron antes de la conquista de América. La usaban para consumo como raíces frescas, y procesadas en forma de harinas (fariña) casabe, masato o chicha de yuca, la cual sirve de alimento y también después del cuarto día de fermentación, como bebida alcohólica, especialmente de los Jíbaros o Shuares del Ecuador. Según Viegas A, (1976) señala el origen americano de la yuca (*Manihot esculenta*), al este del Brasil como su área original.

El nombre científico de la yuca fue dado originalmente por Cranz, en 1766. Posteriormente, fue clasificada como dos especies diferentes, dependiendo si se trataba de yuca amarga o dulce. Finalmente se propone que la especie *Manihot esculenta* sea dividida en tres subespecies: *M. esculenta*, *M. flavellifolia* y *M. peruviana*. La yuca podría ubicarse en una categoría que Harlan en el año 1971 llama cultivos “no-céntricos”, es decir, aquellos que parecen no tener un centro obvio ni de origen ni de diversidad y que parecen haberse domesticado en un área muy amplia (Hershey C, *et al.*, 1983).

### **2.4.2. Importancia de la yuca**

La yuca es el cuarto cultivo más importante, proveedor de calorías alimenticias después del arroz, trigo y maíz a nivel mundial (Wenham J, 1995; Ceballos, *et al.*, 2004). Es la fuente de calorías más importante para más de 250 millones de africanos y 600 millones de personas a nivel del mundo (Zhang P, *et al.*, 2003).

Atributos específicos, como alta eficacia en la producción del hidrato de carbono, tolerancia a sequía y diferentes calidades del suelo (Buschmann H, *et al.*, 2000) habilidad de resistir al ataque de plagas y enfermedades más importantes y flexibilidad de cosechar cuando los agricultores necesitan (Ceballos H, *et al.*, 2004) hace que la yuca sea un cultivo importante, sobre todo a los agricultores de pequeña escala y recursos limitados.

A pesar de su importancia económica, las raíces de yuca tienen pobre capacidad de almacenaje comparado con otros cultivos de raíz, puesto que en uno o dos días inicia el Deterioro Fisiológico Pos-cosecha (DFP) (Beeching *et al*, 1998) que afecta su palatabilidad y reduce su valor comercial con pérdidas que pueden alcanzar más de 90% de las raíces cosechadas (Wheatley, C, & Gómez, 1985).

### **2.4.3. Taxonomía**

La yuca pertenece a la Clase *Dicotyledoneae*, Subclase *Archichlamydeae*, Orden *Euphorbiales*, Familia *Euphorbiales*, Subfamilia *Manihotae*, Género *Manihot*, y especies *Manihot eculenta* Crantz. La familia *Euphorbiaceae* comprende 7200 especies, caracterizadas por tener vasos lactíferos compuestos de células secretorias (Ceballos & De la Cruz, 2002).

### **2.4.4. Morfología**

Este cultivo es perenne con porte arbustivo, monoico, generalmente con 1 a 3 m de altura. La planta se puede propagar vegetativamente, con finalidad comercial, y sexualmente, en programas de mejoramiento y ocasionalmente en campos de agricultores.

#### **a. Tallo**

Es el medio utilizado para la multiplicación vegetativa o asexual de la especie, pues ciertas porciones del tallo sirven como semilla para su cultivo. El tallo principal es muy variable dependiendo de factores como la edad, variedad de la planta, sequía, fertilidad disponible para la planta, etc., el tallo cuando está maduro es cilíndrico, su diámetro va de 2 a 6 cm y presenta tres colores: grisplateado, morado y amarillo verdoso. Está formado por nudos que son los puntos en los que el tallo se conecta a la hoja (Ceballos & De la Cruz, 2002)

En el nudo se inserta el peciolo de la hoja, una yema axilar protegida por una escama y dos estípulas laterales. El largo de los entrenudos en el tallo principal

es muy variable y depende no sólo de la variedad, sino también de otros factores como la edad de la planta, la ocurrencia de una sequía, etc. En cierto sentido, el tallo es un registro perdurable de la historia del desarrollo de la planta que permite deducir las condiciones y eventos que lo influyeron.

### **b. Hojas**

Son los órganos en donde ocurre la fotosíntesis, mueren, se avejentan y se desprenden en cuanto se desarrolla la planta, son simples con un tamaño típico de cada cultivar y en los primeros 3 o 4 meses de vida son más grandes que las producidas después del cuarto mes. El color de las hojas maduras carece de pubescencia y van desde una gama de color púrpura, verde oscuro hasta verde claro, el peciolo de la hoja puede tener una longitud entre 9 y 20 cm (Ceballos & De la Cruz, 2002)

Las hojas de yuca son uno de los vegetales verdes con mayor concentración proteica, siendo su composición proximal promedio la siguiente: 77,0 % de agua; 8,2% de proteína cruda; 3,3% de carbohidratos solubles; 1,2% de grasa y 7,2% de fibra cruda (Johnson & Raymond, 1965)

### **c. Inflorescencia**

No todas las variedades de yuca florecen en las mismas condiciones ambientales, y entre las que lo hacen hay marcadas diferencias en cuanto al tiempo de floración y la cantidad de flores que producen. El ambiente influye considerablemente en la inducción de la floración. Como todas las del género ***Manihot***, la yuca es una planta monoica, es decir, con flores unisexuales masculina y femeninas en una misma planta y, generalmente, en la misma inflorescencia (Ascencio J, 1996)

La polinización de la yuca es cruzada. La estructura básica del arreglo de las flores es el racimo, en el que las flores femeninas ocupan las posiciones basales y las masculinas las distales. Es frecuente que estas últimas son más numerosas que las femeninas.

- **Flores**

La yuca es una planta monoica, es decir, con flores unisexuales masculinas y femeninas en una bráctea primaria y una bractéola, dentro de una misma planta. Aunque no todos los cultivares florecen, las que lo hacen presentan protoginia, lo cual favorece la exogamia (Domínguez, 1983).

Las flores de la yuca tanto masculinas como femeninas son muy modestas y sencillas. No presentan ni cáliz ni corona, sino más bien una estructura indefinida, denominada perianto, compuesto de cinco tépalos (algo intermedio a los sépalos y pétalos en las flores completas), estos pueden ser amarillos, rojizos o morados, y en las flores femeninas se encuentran totalmente separados el uno del otro hasta su base, cosa que no sucede en las masculinas. Las flores masculinas y las femeninas no polinizadas, generalmente, se desprenden una vez inicia el proceso de maduración de los frutos exogamia (Domínguez, 1983).

**d. Raíz**

Las raíces son fibrosas, tiempo después una parte de ellas se agranda, debido a la acumulación de almidón, y se denominan tuberosas. Este tipo de raíz es morfológica y anatómicamente iguales a las raíces fibrosas; la diferencia radica en el cambio de la dirección del crecimiento, de longitud radial, cuando se inicia la acumulación de almidones (Mederos, 2006)

**e. Fruto**

Después de la polinización y la subsiguiente fertilización, el ovario se desarrolla para formar el fruto, el cual toma entre tres y cinco meses para completar su maduración. El fruto es una cápsula dehiscente y trilobular de forma ovoide o globular, de 1 a 1,5 cm de diámetro, con 6 aristas longitudinales, estrechas y prominentes. Al madurar la semilla, el epicarpo y el mesocarpo se secan. El endocarpo, que es de consistencia leñosa, se abre bruscamente cuando el fruto

está maduro y seco, para liberar y dispersar, a cierta distancia, las semillas (Suárez & Mederos, 2011)

#### **f. Semilla**

La semilla es el medio de reproducción sexual de la planta y, por consiguiente, de incalculable valor en el mejoramiento del cultivo. No es importante en reproducción, pero tiene un incalculable valor para el fito-mejoramiento, pues es a través de la reproducción sexual como se pueden producir nuevos cultivares genéticamente superiores. La semilla es de forma ovoide – elipsoidal y mide alrededor de 1 cm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. La testa es lisa, de color café, con moteado gris (Ceballos & De la Cruz, 2014)

#### **2.4.5. Composición química de la yuca**

Al utilizar yuca en alimentación, es importante conocer qué tipo de nutrimento aporta, en qué cantidades se encuentra y en qué parte de la planta se concentra en mayores proporciones (Domínguez M. , 2001). En la tabla 1 se presenta los diferentes nutrientes que constituyen a la raíz de yuca:

**Tabla 1.** Contenido de nutrientes en la planta de yuca.

<b>NUTRIENTES %</b>	<b>BASE HÚMEDA</b>	<b>BASE SECA</b>
<b>Materia seca</b>	35.00	89.40
<b>Proteína cruda</b>	1.12	3.19
<b>Extracto etéreo</b>	0.27	0.77
<b>Extracto no nitrogenado</b>	30.88	77.64
<b>Fibra cruda</b>	1.44	4.10
<b>Ceniza</b>	1.30	3.70
<b>Calcio</b>	0.05	0.15
<b>Fósforo</b>	0.04	0.11

Fuente: CIAT International Center for Tropical Agriculture.

## 2.5. VARIEDADES DE YUCA COMERCIALES

- **Variedad Valencia:** en la actualidad, esta variedad es la más productiva de las utilizadas para consumo fresco en el país, puede dar buenos rendimientos en producción, con buenas prácticas agrícolas, condiciones de suelo y clima favorable. Su ciclo de cultivo varía en función a la disponibilidad de riego. Es de porte alto, susceptible a trips (*Frankliniella sp*) y al chinche de encaje (*Vatiga sp*). Es tolerante a podredumbre radicular; produce raíces pedunculadas, alargadas y de cáscara gruesa de color pardo rojizo, adecuadas para el parafinado, de fácil pelado, pulpa de color blanco, con un tiempo de cocción de 10 a 11 minutos y suave al paladar una vez hervidas. Estas características hacen de esta variedad una de las más demandadas en los mercado internacionales (CIAT, 1987).
- **Variedad Negrita o Santa María:** con ciclo de cultivo entre 10 y 11 meses. Es de porte bajo y mucha ramificación lateral, susceptible a ácaros y a la pudrición radicular. Las raíces son de fácil pelado, con pulpa de color blanco y tiempo de cocción de 14 a 16 minutos (CIAT, 1987).
- **Variedad Lima 21:** es de porte alto y de doble propósito, consumo fresco y para procesamiento, tiene un ciclo de cultivo de 10 a 12 meses para consumo fresco y de 10 a 14 meses para la industria, es una planta tolerante a plagas y a la podredumbre radicular, de cascara gruesa de color pardo oscuro, pulpa de color blanco y tiempo de cocción de 16 a 17 minutos (CIAT, 1987).

## 2.6. PRODUCCIÓN DE YUCA EN EL PAÍS

Ecuador tiene una extensión de aproximadamente 278,730 Km<sup>2</sup> incluyendo la región de Galápagos, es uno de los países que posee una gran diversidad de ambientes geográficos lo que le permite producir diversos cultivos, desde frutos tropicales como son el café, cacao, banano hasta aquellos que solo se dan en climas fríos como el trigo la cebada y las papas (Hinostroza, 1991)

En el Ecuador la yuca (*Manihot esculenta*), se encuentra desarrollando su potencial por aportar sus derivados como materia prima a las industrias locales de textiles, balanceados, cartoneras, y otros, además de su consumo en fresco humano y animal; y recientemente en producto de exportación.

Por su uso en la alimentación tanto humana como animal, la yuca ha constituido uno de los productos agrícolas más antiguos y tradicionalmente cultivados en la provincia de Manabí, así como en la agro-industria local. En la actualidad su utilización como producto fresco en la industria y en las exportaciones, ha abierto y ampliado las perspectivas a pesar de que sus áreas de explotación anual han decrecido en los últimos años, afectado por factores climáticos (Muñoz Ch, s.f.).

Desde los años de 1985 en adelante las nuevas alternativas encontradas para darle un mayor y nuevo uso a esta raíz han sido mayores y mejores, dando como resultado una mayor atención por parte de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, y de grupo organizados de productores. A pesar de eso, en la yuca se evidencian problemas de pre y post cosecha, ocasionados por la distribución anormal de las precipitaciones, manejo inadecuado, suelos, variedades no adecuadas a las circunstancias de los agricultores/as, presencia de ciertas plagas y enfermedades.

Estimaciones estadísticas del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) indican que la superficie cosechada de esta raíz se ha mantenido en los últimos ocho años por encima de las 20000 ha, con rendimientos que varían según la región en donde se ha cultivado, sobresaliendo la costa, la cual representa el 37,0% del área sembrada en el país, mientras que las zonas bajas de las provincias de la sierra registran el 31,2%, el Oriente 31,4% y Galápagos 0,4%. Las referencias históricas y actuales indican que la provincia de Manabí sigue siendo la predominante en el cultivo de la yuca (Muñoz Ch, s.f.).

Según Castro M. (2003), 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. 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. A causa de la estacionalidad de las lluvias, gran parte de la producción de yuca se concentra en ciertas épocas del año. Esta situación ocasiona a la agroindustria una escasez de materia prima durante algunos meses del año.

Los obstáculos que han impedido la consolidación del cultivo de la yuca en muchos países con los altos costos de producción, y las técnicas inadecuadas de transformación. La industrialización de la yuca mejoraría la rentabilidad de la cadena y podría abastecer un mercado insatisfecho y reducir la dependencia de las importaciones de los países productores de yuca. Si se considerara el cultivo de la yuca como un producto estratégico y base para el desarrollo de numerosas industrias y se le diera el tratamiento correspondiente en cuanto a inversiones, esta raíz seguramente podría favorecer el desarrollo del sector agroalimentario e industrial.

## **2.7. ASPECTOS DE CALIDAD DE RAÍCES DE YUCA**

En productos basados en yuca, la materia prima es el reglón que tiene la mayor incidencia dentro de los costos totales del producto final, el control de calidad en las raíces frescas pueden definirse como el proceso mediante el cual éstas se seleccionan y se manejan adecuadamente, con el fin de obtener un producto que responda a los patrones de calidad establecidos por los consumidores finales. Cada variedad de raíz de yuca que se encuentran alrededor del mundo presenta características propias que tienen que ver con su cascara, color del parénquima, entre otras. Estas características de la raíz fresca le imprimen al producto final unas cualidades que determinan su comportamiento específico, dependiendo de la categoría de alimento donde se quiere incluir (CIAT, 1976).

El mercado para el cual se ofrece el producto debe dar las directrices que permitan elegir la variedad que mejor se ajuste a los requerimientos del consumidor, puede apreciarse que la variedad de yuca que tiene la mayor aceptación para el mercado fresco es “Valencia”, porque dentro de su calidad

física, su cascara permite un pelado más fácil, su tiempo de cocción es menor al de otras variedades, y su pulpa es de color blanco (CIAT, 1976).

## **2.8. DETERIORO POSCOSECHA**

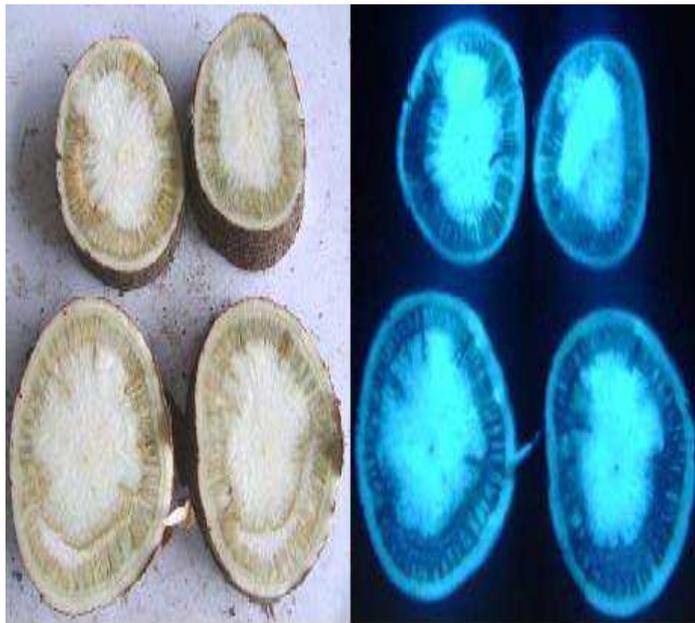
Se han reconocido dos tipos de deterioro, designados como deterioro fisiológico o primario y microbiano o secundario de las raíces (Booth R. , 1976)

### **a. DETERIORO FISIOLÓGICO POSCOSECHA**

El DFP en yuca es una respuesta de estrés abiótico, después de la cosecha se manifiesta entre las 24 a 48 horas presentando cambios fisiológicos, bioquímicos y ultra-estructura en la raíz (Rickard y Coursey, 1981) (Wheatley, et al, 1985). El DFP se inicia en la sección transversal de la raíz, con decoloración negro-azulosa en el tejido vascular, seguida por una decoloración acastañada de los tejidos parenquimáticos (Booth R, 1976) y una fluorescencia azul bajo luz ultravioleta, debido a la producción de compuestos fenólicos; tales que, por deshidratación del tejido, pueden liberarse por lesión o sitios de daño mecánicos en las raíces (**Gráfico 1; Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

El deterioro fisiológico necesita oxígeno para desarrollarse y se apoya en reacciones enzimáticas; por consiguiente, se puede evitar impidiendo el acceso de oxígeno a los tejidos parenquimatosos o inhibiendo las reacciones enzimáticas. Raíces de yuca con daños mecánicos y conservadas en un ambiente de baja humedad (60-80%) se deterioran más rápidamente que las conservadas en un ambiente saturado de humedad (100% de humedad relativa), esto debido a que la respiración de los tejidos se mantiene a niveles más altos en un ambiente de baja humedad (Marriot, *et al*, 1979)

Se ha señalado que algunas características varietales como la longitud de las raíces y la presencia de pedúnculos largos, y características del suelo como la textura y el grado de compactación (relacionados con las formas de cosecha manual o mecánica); son factores que afectan la incidencia de los daños mecánicos en las raíces (Wheatley C. , 1982)

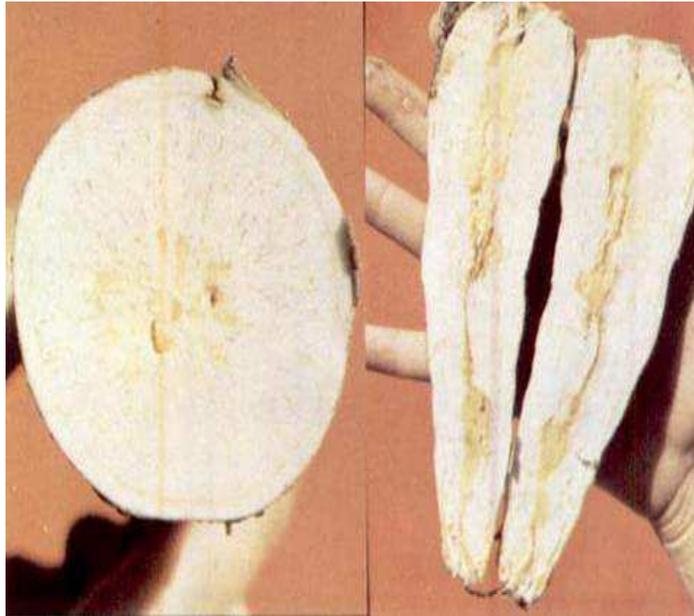


**Gráfico 1.** *Síntomas de deterioro fisiológico pos-cosecha (izquierda) y fuerte fluorescencia azul bajo luz ultra violeta en yuca (derecha)*  
**Fuente:** (Booth R. H., 1976)

### **b. DETERIORO MICROBIANO**

El deterioro microbiano o secundario es causado por agentes patógenos como son los hongos y bacterias, que inducen fermentación y ablandamiento de las raíces. Booth R (1976), afirma que este tipo de deterioro, ocurre después del deterioro fisiológico e implica pudrición microbiana a los 5 – 7 días después de la cosecha.

Se manifiesta inicialmente por estriado vascular semejante al observado en deterioro fisiológico, posteriormente, éste se convierte en una pudrición húmeda (**Gráfico 2**), con fermentación y maceración de los tejidos (Sánchez & Alonso, 2002). Sin embargo, en algunos casos el deterioro secundario puede ser la causa inicial de la pérdida de aceptabilidad; cuando esto sucede, frecuentemente el estriado vascular y la decoloración de los demás tejidos radicales puede ser casi simultáneos (Booth R. , 1976)



**Gráfico 2.** *Deterioración microbiana presente en una raíz de yuca.*

**Fuente:** (Booth R. H., 1976)

### **2.8.1. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LAS RAÍCES DE YUCA.**

- **Suelos y necesidades nutricionales:** Las características físicas del suelo inciden en la forma de la raíz: aquellos suelos arcillosos, tenderán a producir yuca con un menor tamaño, pero con mayor grosor y con deformidades, y los suelos arenosos darán lugar a yucas alargadas y más delgadas. Además, como la yuca extrae muchos nutrientes del suelo, si se da una siembra inmediatamente después de una cosecha y no se fertiliza, se reducen considerablemente los rendimientos y la calidad (Alonso & Vélez, 2011).
- **Condiciones ambientales:** En general, la yuca se siembra en altitudes medias o bajas del trópico, y recibe unas 10 ó 12 horas de luz al día, por lo que ese factor no resulta limitante; incluso se han reportado cultivos que reciben ocho horas de luz y obtienen raíces con tamaños comerciales y buena calidad poscosecha. La alta pluviosidad, por su parte, unido a una mala preparación del terreno y a texturas pesadas o arcillosas, afecta considerablemente a la planta y también la calidad poscosecha de la yuca.

Durante épocas muy lluviosas, se presentan algunos hongos en yucas cosechadas, que causan pudriciones internas (Alonso & Vélez, 2011).

- **Plagas y enfermedades:** Los insectos que afectan la yuca con una acción devastadora, son los denominados "gusanos cachones" (*Erynnis Ello*) los cuales, aunque inciden en forma intermitente en las zonas, pueden eliminar toda el área foliar de una plantación. Si el daño ocurre en un estado temprano de desarrollo, la planta tendrá rendimientos extremadamente bajos (Alonso & Vélez, 2011).
- **Daños mecánicos:** la condición en que se encuentre el producto en el momento de almacenarse es uno de los factores más importantes para el éxito o el fracaso del almacenamiento, por ello se deben de reducir los daños al mínimo cuando se esté cosechando o manipulando, se ha comprobado que las raíces muy dañadas se deterioran más rápidamente (Booth R. H., 1975).

## **2.9. ALMACENAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO DE LA YUCA.**

- **Almacenamiento a corto plazo:** permite reducir las pérdidas de deterioro del producto durante un lapso de 7 a 10 días, es de un bajo costo, de fácil aplicación, permite impedir el deterioro fisiológico y microbiano de las raíces puesto que favorecen la curación de las heridas (CIAT, 1977).
- **Almacenamiento a mediano plazo:** permite un almacenamiento de 2 a 4 semanas suele ser más costoso y complejo que el de corto plazo. Su objetivo es proporcionar condiciones para que las heridas de las raíces se curen, deteniendo así el deterioro fisiológico y el microbiano (CIAT, 1977).
- **Almacenamiento a largo plazo:** permite que las raíces se conserven durante más de 4 semanas, es aún poco factible por la dificultad de mantener la calidad de las raíces durante periodos prolongados (CIAT, 1977).

### 2.9.1. MÉTODOS TRADICIONALES

- **Silos de Campo:** el silo permite mantener una humedad ambiental alta; en condiciones adecuadas, las raíces se curan por formación de suberina que cicatriza las heridas infligidas a ellas durante la cosecha y el transporte, se conservan durante periodos de 1 a 3 meses (Booth R, 1976).
- **Cajas de madera:** es un método muy efectivo en condiciones ambientales de CIAT; la humedad dentro de la caja debe ser 50% para favorecer la curación de las heridas de las raíces y evitarse una pérdida excesiva de humedad. Las cajas se sellan con una tapa de madera, se colocan a la sombra o en el campo, y se cubren con tela impermeable (Booth R, 1976).

### 2.9.2. MÉTODOS MODERNOS

- **Bolsas de polietileno:** en este método se consideran aspectos importantes como el tiempo entre la cosecha y el momento del empaque, el efecto del sol en la calidad de las raíces, y la coordinación de las actividades que requieren el método (cosecha, empaque). La temperatura interna de las bolsas no debe ser mayor a 40°C
- **Parafinación:** ayuda a inactivar parcialmente enzimas presentes en los tejidos de la yuca, disminuye la permeabilidad al oxígeno y control indirecto de la acción de la peroxidasas, disminuye la contaminación por microorganismos debido a la aplicación de alta temperatura producida en el tratamiento. Permite disponer de yuca fresca de buena calidad y sin cambios notables en sus características organolépticas durante un lapso de 20 a 30 días (IIT, 1972).

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO**

El presente trabajo experimental se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, ubicados en la ciudad de Manta a 0°57'35", de latitud Sur y 80°40'0" al Oeste, y posee una altitud de 6 metros sobre el nivel del mar.

#### **3.3. VARIABLES EN ESTUDIO**

##### **3.2.1. Variables independientes**

- Concentración de ácido salicílico + parafina
- Tiempo de conservación

##### **3.2.2. Variables dependientes**

###### **Características físico-químicas de la yuca**

- Índice de deterioro
- Textura
- Color
- Pérdida de peso fisiológico

###### **Características microbiológicas de la yuca**

- Mohos
- Levaduras

### 3.4. FACTORES EN ESTUDIO

**FACTOR A:** concentración de ácido salicílico + parafina

**Niveles:**

**A1:** Parafina + Ácido salicílico 1 mmol/L

**A2:** Parafina + Ácido salicílico 1.5 mmol/L

**A3:** Parafina + Ácido salicílico 2 mmol/L

**A4:** Parafina

**FACTOR B:** Tiempo de almacenamiento

**Niveles:**

**B1:** Semana 1

**B2:** Semana 2

**B3:** Semana 3

**B4:** Semana 4

**B5:** Semana 5

**B6:** Semana 6

**B7:** Semana 7

**B8:** Semana 8

### 3.5. TRATAMIENTOS

En la tabla 2 se presenta la combinación de los factores en estudio: **Factor A:** concentración de ácido salicílico + parafina y **Factor B:** tiempos de almacenamiento (1-8 semanas).

**Tabla 2.** Combinación de los factores en estudio

<b>Nº</b>	<b>Código</b>	<b>Tipos de Recubrimientos</b>	<b>Tiempos de almacenamiento</b>
1	A1B1	Recubrimiento P+ A.S 1mmol/L	Semana 1
2	A1B2	Recubrimiento P+ A.S 1mmol/L	Semana 2
3	A1B3	Recubrimiento P+ A.S 1mmol/L	Semana 3
4	A1B4	Recubrimiento P+ A.S 1mmol/L	Semana 4
5	A1B5	Recubrimiento P+ A.S 1mmol/L	Semana 5
6	A1B6	Recubrimiento P+ A.S 1mmol/L	Semana 6
7	A1B7	Recubrimiento P+ A.S 1mmol/L	Semana 7
8	A1B8	Recubrimiento P+ A.S 1mmol/L	Semana 8
9	A2B1	Recubrimiento P+ A.S 1,5 mmol/L	Semana 1
10	A2B2	Recubrimiento P+ A.S 1,5 mmol/L	Semana 2
11	A2B3	Recubrimiento P+ A.S 1,5 mmol/L	Semana 3
12	A2B4	Recubrimiento P+ A.S 1,5 mmol/L	Semana 4
13	A2B5	Recubrimiento P+ A.S 1,5 mmol/L	Semana 5
14	A2B6	Recubrimiento P+ A.S 1,5 mmol/L	Semana 6
15	A2B7	Recubrimiento P+ A.S 1,5 mmol/L	Semana 7
16	A2B8	Recubrimiento P+ A.S 1,5 mmol/L	Semana 8
17	A3B1	Recubrimiento P+ A.S 2 mmol/L	Semana 1
18	A3B2	Recubrimiento P+ A.S 2 mmol/L	Semana 2
19	A3B3	Recubrimiento P+ A.S 2 mmol/L	Semana 3
20	A3B4	Recubrimiento P+ A.S 2 mmol/L	Semana 4
21	A3B5	Recubrimiento P+ A.S 2 mmol/L	Semana 5
22	A3B6	Recubrimiento P+ A.S 2 mmol/L	Semana 6
23	A3B7	Recubrimiento P+ A.S 2 mmol/L	Semana 7
24	A3B8	Recubrimiento P+ A.S 2 mmol/L	Semana 8
25	A4B1	Recubrimiento Parafina	Semana 1
26	A4B2	Recubrimiento Parafina	Semana 2
27	A4B3	Recubrimiento Parafina	Semana 3
28	A4B4	Recubrimiento Parafina	Semana 5
29	A4B5	Recubrimiento Parafina	Semana 5
30	A4B6	Recubrimiento Parafina	Semana 6
31	A4B7	Recubrimiento Parafina	Semana 7
32	A4B8	Recubrimiento Parafina	Semana 8

## 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

### 3.6.1. TIPO DE DISEÑO

El diseño fue de Arreglo Bifactorial 4 x 8, en Bloques Completamente al Azar (BCA).

### 3.6.2. NÚMERO DE REPETICIONES

En esta investigación se realizaron 3 repeticiones.

## 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) y prueba de significancia Tukey al 5% de probabilidad. Los datos colectados fueron sometidos al análisis de varianza (ADEVA) que se exponen en la tabla 3. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software estadístico Infostat 2008.

**Tabla 3.** Análisis de varianza (ADEVA)  $P < 0,05$

Fuente de variación (FV)		Grados de libertad (GL)
Total	$tr-1$	95
Repeticiones	$r-1$	2
Tratamientos	$t-1$	31
Factor A	FA-1	3
Factor B	FB-1	7
Interacción (A x B)	FA x FB	21
Error	$(t-1)(r-1)$	62

## 3.8. METODOLOGÍA

### 3.8.1. MATERIALES Y MÉTODOS

#### ○ **Materiales**

- Olla con capacidad de 30 litros.
- Cepillos de cerdas suaves.
- Cuchillos
- Papel de aluminio
- Gavetas caladas apilables con capacidad de 15 kg.
- Termómetro -10 a 360°C
- Ventilador portátil
- Fundas plásticas estériles
- Puntas plásticas desechables
- Placas 3M™ Petrifilm™ para Mohos y Levaduras
- Canastas plásticas pequeñas

#### ○ **Insumos**

- Yuca variedad valenciana (*Manihot esculenta*)
- Parafina
- Ácido salicílico
- Agua destilada
- Agua de peptona

#### ○ **Equipos**

- Colorímetro (Konica Minolta CR-400)
- Texturómetro (Shimadzu EZ LX, Japón)
- Balanza analítica (SARTORIUS -TE4101)
- Cámara de refrigeración a 4°C
- Cocina industrial de dos hornillas
- Cabina de seguridad microbiológica, BIOBASE, BSC-1200IIA2-Z.

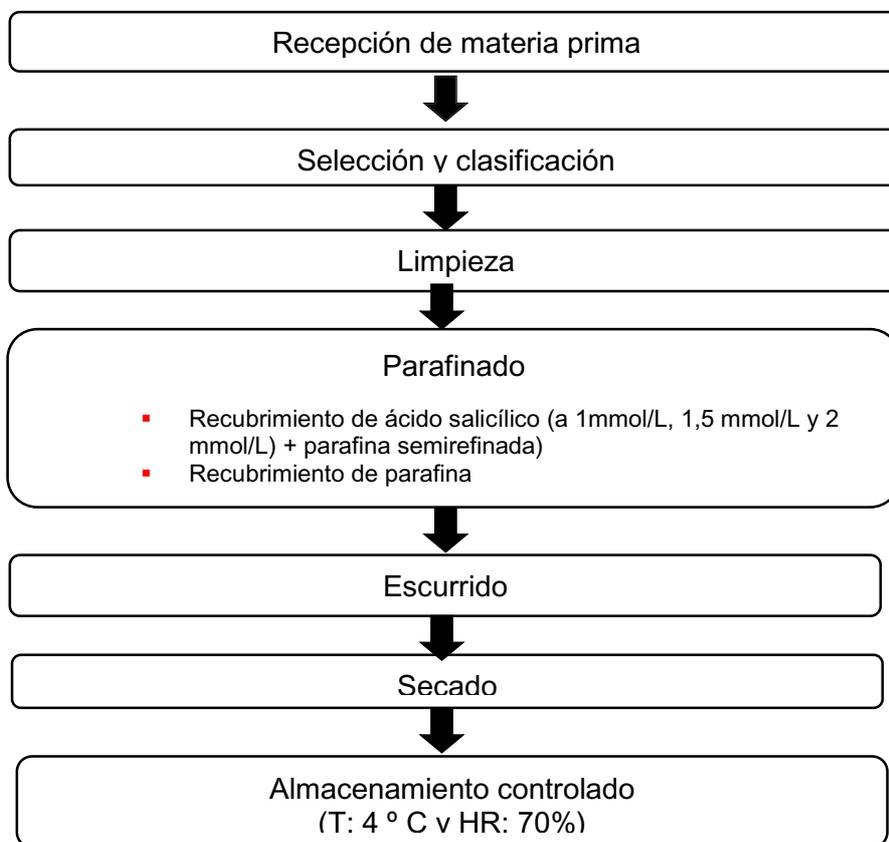
### 3.8.2. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Para esta investigación se compraron yucas recién cosechadas, de la microempresa exportadora PLATAYUC S.A, de la variedad valencia sin lesiones en el exterior, procedente del Cantón de El Carmen, las cuales se seleccionaron y se limpiaron para posteriormente aplicarle cada uno de los tratamientos.

Los tratamientos a aplicar consistían en una combinación a base de parafina con 3 distintas concentraciones de ácido salicílico (1 mmol/L, 1,5 mmol/L y 2 mmol/L) las cuales fueron almacenadas en condiciones controladas de temperatura (T: 4 °C) y humedad relativa constante (HR: 70%), teniendo como testigo un recubrimiento de parafina (método empleado por los exportadores para su comercialización), durante ocho semanas, realizando los análisis respectivos (físico-químicos y microbiológicos) como se especifica en la metodología.

#### 3.8.2.1. Diagrama de flujo

##### Proceso de parafinado en yucas frescas



### 3.8.2.2. Descripción del proceso

#### **Recubrimiento parafina-ácido salicílico.**

**Recepción de la materia prima:** se receptaron yucas frescas de la variedad valenciana, del área de acopio de la microempresa PLATAYUC S.A a las cuales se les realizó una inspección visual para controlar las características físicas a llegada (**Anexo 1**).

**Selección y clasificación:** En esta etapa se toma en cuenta los siguientes parámetros: tamaño, forma, color, firmeza, magulladuras, superficies cortadas, alteración y solidez (**Anexo 2**). Aquellos tubérculos de menor tamaño, o defectuosos fueron separados de los que presentaron las características aceptables, ya que estos pudieran perjudicar la calidad de los demás. Las yucas con características óptimas fueron clasificadas y puestas en gavetas para una mejor ventilación y almacenamiento hasta someterlas al proceso de parafinado (**Anexo 3**).

**Limpieza del producto entero:** Se realizó manualmente en seco con ayuda de cepillos con el fin de extraer la mayor cantidad de tierra contenida en la superficie de la yuca y poder pasar al proceso de parafinado (**Anexo 4**).

**Parafinado:** Consistió en sumergir y retirar inmediatamente la yuca en cada solución de parafina y de ácido acetil salicílico (1 mmol/L, 1,5 mmol/L y 2 mmol/L). El proceso para derretir la parafina se efectuó a 140°C, esta etapa es fundamental ya que su control influye directamente en la efectividad de los tratamientos aplicados (**Anexo 5**).

**Ecurrido:** Una vez que la yuca fue sumergida en el recubrimiento, se dejaron escurrir para eliminar el exceso de recubrimiento para posteriormente ir al proceso de secado (**Anexo 6**).

**Secado:** Las yuca fueron colocadas en gavetas caladas para obtener un proceso de secado más eficiente (**Anexo 7**).

**Almacenamiento:** Se realizó en una cámara de refrigeración con temperatura y humedad relativa controladas (4°C y 70%). En esta etapa se llevó un control semanal (8 semanas) de todo el proceso de deterioro de las yucas (**Anexo 8**).

La descripción anterior es el mismo procedimiento que se realiza para el parafinado de las raíces de yuca sin ninguna concentración de ácido salicílico.

### **3.8.3. MÉTODOS DE EVALUACIÓN**

#### **3.8.3.1. Análisis físico-químicos**

- ***Índice de deterioro***

Fue evaluado por un periodo de 8 semanas, con el objetivo de medir el deterioro físico de las yucas. Para ello se hizo un corte transversal en las yucas y se analizó visualmente cada una evaluando los siguientes niveles de deterioro mediante la escala descrita en (Sotelo & Acevedo, 2009).

0 – sin manchas ni estrías, superficie totalmente sana y de color blanco

1 – puntuaciones azuladas con una cobertura de hasta un 20 % de la superficie

2 – puntuaciones azuladas de mayor diámetro, alcanzando hasta 40 % de la superficie

3 – aparición de zonas marrones con ablandamiento de la pulpa, afectada hasta en un 60 %

4 – ampliación de la zona marrón y mayor ablandamiento de la pulpa, afectando 80 %

5 – total putrefacción de la raíz, con una afectación del 100 %

- ***Pérdida fisiológica de peso***

Consistió en obtener el peso de la muestra inicial y final semanalmente durante el tiempo de almacenamiento (**Anexo 9**). La pérdida de peso (PP) se expresó en porcentaje mediante la ecuación 1 según (Villamar, 2001)

## Ecuación 1

$$PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

**Donde:**

**PP** = Pérdida de peso (%)

**P<sub>i</sub>** = Peso inicial (g)

**P<sub>f</sub>** = Peso final (g)

### ○ **Índice de color**

Se lo realizó según el método Atzingen, et al., (2005), el mismo que consistió en partir la yuca de manera transversal y con ayuda de un colorímetro (**Anexo 10**) se obtuvo valores que representan coordenadas las mismas que están sujetas al sistema CIE- L\* a\* b\*, donde:

**L\*** = Eje vertical que presenta la luminosidad del color (claridad), donde cero indica negro y 100 el valor de blanco.

**a\*** = Tendencia del verde (valor -) al rojo (valor +),

**b\*** = tendencia del azul (valor -) al amarillo (valor +).

### ○ **Análisis de firmeza en muestra cruda y cocinada**

Para este análisis se empleó el método de Castro M, et al., (2014), que consistió en emplear una sonda de 3 mm de diámetro y 8 cm de longitud que se desplazó a una velocidad de 20 mm/s con una penetración de 15 mm en la muestra.

Se seleccionaron al azar 3 yuca de cada tratamiento (repeticiones), a las cuales se les quitó la corteza y se los cortó en cubos de 3x3x3 cm. Posteriormente fueron analizadas con un texturómetro (**Anexo 11**) marca Shimadzu (Modelo EZ LX, Japón) a través de la fuerza máxima de penetración expresada en Newton (N).

De la misma manera estas muestras luego fueron lavadas y sometidas a cocción en agua en estado de ebullición durante 10 minutos para realizar el mismo procedimiento (**Anexo 12**).

### **3.8.3.2. *Análisis microbiológico***

- ***Conteo de Mohos y Levaduras***

Se realizó de acuerdo al método AOAC 997.02, el cual se basa en el cultivo entre 22 °C Y 25°C de las unidades propagadoras de mohos y levaduras (**Anexo 13 y 14**).

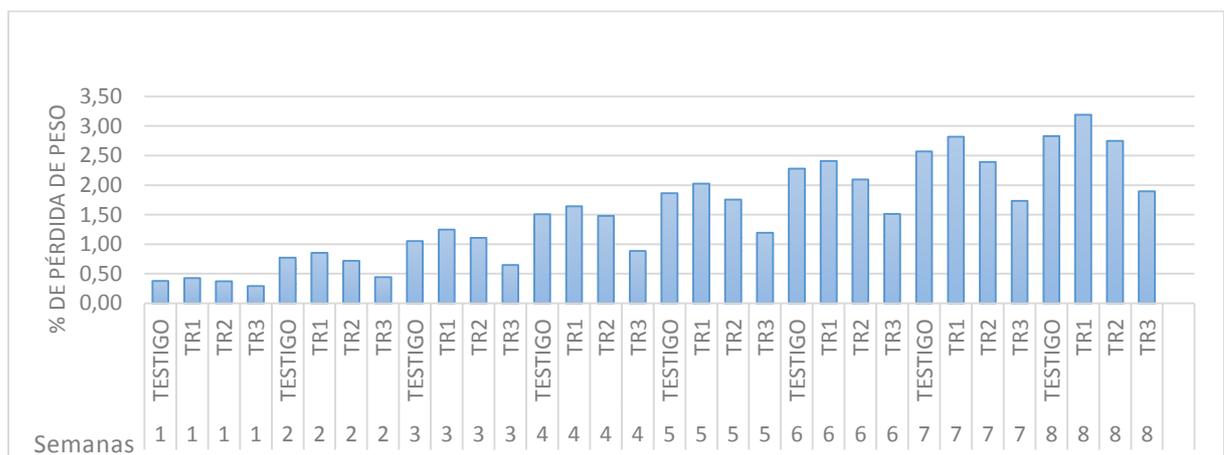
# CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

#### 4.1.1. PÉRDIDA DE PESO (PP)

En el gráfico 3 y la tabla 5 se muestra la pérdida de peso que tuvieron los diferentes tratamientos en las ocho semanas de estudio, la cual refleja una diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el tratamiento TR3 (parafina + ácido salicílico 2 mmol/L) el que menor peso perdió con un valor de 1,07% mientras que los otros tratamientos son iguales entre sí.



**Gráfico 3:** Pérdidas de peso de yuca recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.

Según Pastor, 2010 la parafina es una excelente barrera de vapor de agua, esto concuerda con un estudio realizado en Colombia en el año 2013 donde se ratifica que la parafina es un recubrimiento que impide pérdida de peso y que en combinación controlada de factores como la humedad relativa, temperatura de almacenamiento y movimiento del aire, aumenta su poder de efectividad, así mismo (CIAT, 1987) asegura que almacenar las raíces de yuca a T° de entre 2 a 4 °C permite conservarlas entre 30 a 60 días sin presencia de daños. Por lo antes mencionado se atribuye la mínima pérdida de peso reflejada por el tratamiento TR3 a la acción de la parafina y la mayor concentración de ácido

salicílico (2 mmol/L), ya que este ácido actúa cuando la planta está en condiciones de estrés o cambios drásticos de factores de almacenamiento como temperatura, luz, agua, minerales y nutrientes, permitiendo adquirir un estado prolongado de resistencia retrasando así el proceso de senescencia probablemente por un efecto combinado de inhibición en la biosíntesis de etileno y celulosa en los tejidos.

**Tabla 4.** Prueba de Tukey al 5 % de la pérdida de peso de yucas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,22540**

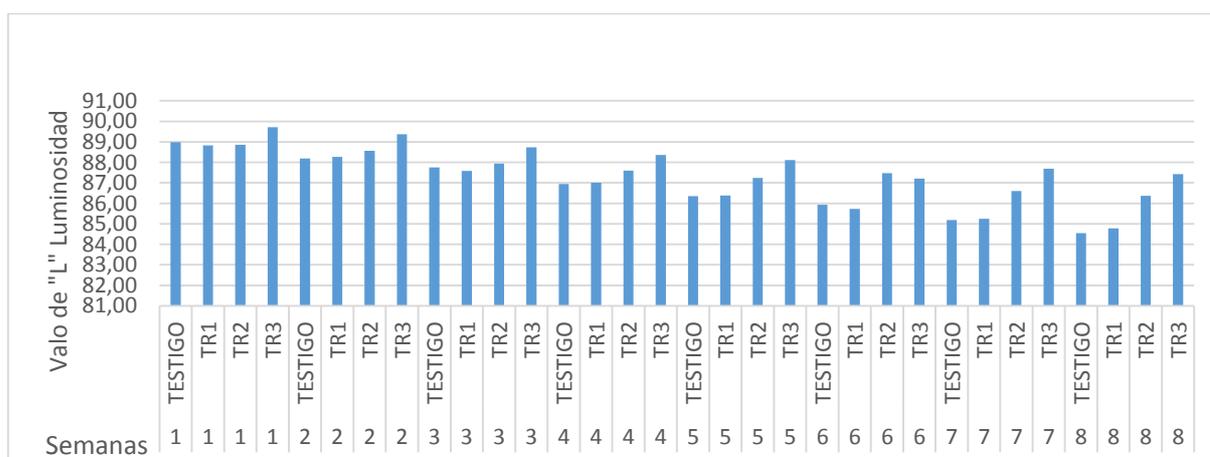
*Error: 0,0262 gl: 21*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.			
TR3	1,07	8	0,06	A		
TR2	1,58	8	0,06		B	
Testigo	1,66	8	0,06		B	C
TR1	1,83	8	0,06			C

*Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0,05$ )*

#### 4.1.2. COLOR

En el grafico 4 se muestra los valores de luminosidad de cada uno de los tratamientos obtenidos durante las 8 semanas de estudio, donde el tratamiento 3 obtuvo 88,74 como valor de luminosidad más alto, y el tratamiento 1 obtuvo una luminosidad menor de entre todos los tratamientos.



**Gráfico 4:** Valor de luminosidad de las yucas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante las 8 semana de almacenamiento a 4°C.

A pesar de que la prueba de Tukey (tabla 5) arroja una diferencia significativa entre dos de los tratamientos 2 y 3, los resultados demuestran que las raíces de yucas analizadas logran conservarse de manera adecuada sin presentar coloraciones extrañas que puedan afectar su aspecto final. En estudios realizados por (FAO, 2009), la tonalidad blanca característica de la pulpa de yuca se tornó café en forma de anillo dentro de la periferia de la pulpa, típica del deterioro microbiano o decoloraciones negro-moradas de los rayos xilemáticos y parénquima periférico propio del deterioro fisiológico de la yuca, defectos que no se presentaron en esta investigación, lo que estuvo influenciado por la temperatura de almacenamiento y la acción antimicrobiana del ácido salicílico.

**Tabla 5.** Prueba de Tukey al 5 % de probabilidad del valor de luminosidad respecto al valor "L" de yucas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,57697**

*Error: 0,1714 gl: 21*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
TR1	86,73	8	0,15	A	
Testigo	86,74	8	0,15	A	
TR2	87,58	8	0,15		B
TR3	88,74	8	0,15		C

*Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0,05$ )*

#### 4.1.3. ÍNDICE DE DETERIORO

El índice de deterioro entre los tratamientos con los 4 tipos de recubrimientos (parafina, parafina + ácido salicílico 1mmol/L, parafina + ácido salicílico 1,5 mmol/L, parafina + ácido salicílico 2 mmol/L) no presentaron diferencias visibles durante las 8 semanas de almacenamientos (**tabla 6**), pues el resultado obtenido en la evaluación de esta variable, empleando la escala del método descrito por (Sotelo & Acevedo, 2009) fue equivalente a 0 es decir sin manchas ni estrías, superficies totalmente sanas y de color blanco, por ende no fue necesario someter los datos al programa estadístico Infostat.

El resultado obtenido de todas muestras concuerda con el estudio realizado por (CIAT, 1987), en el que se manifiesta que el proceso de parafinado en

condiciones controladas ( $T^{\circ}$  entre 2 – 4°C) mantienen a la yuca fresca sin cambios notables en sus características durante un lapso de 30 a 60 días, debido a que inhibe a la enzima polifenoloxidasas y otras enzimas responsables de la formación de los pigmentos típicos del deterioro fisiológico. Se cree además que los tratamientos que contenían ácido salicílico en su formulación obtuvieron efectividad en cuanto a la parte microbiana ya que acción del ácido salicílico que a temperatura de refrigeración (4°C) contribuye a evitar algún tipo de contaminación que pudiese afectar la calidad de la yuca.

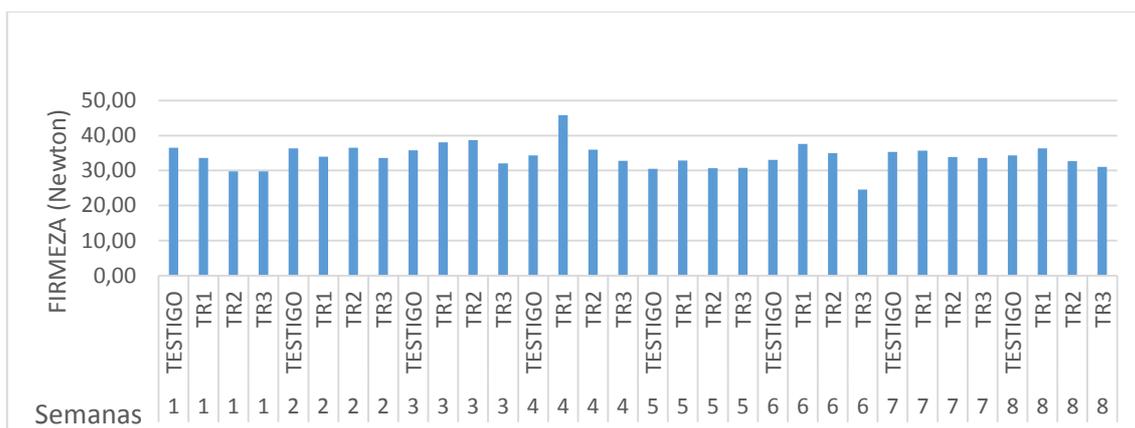
A continuación en la tabla 6 se muestran fotografías tomadas de cada tratamiento en donde se observa claramente que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento la pulpa de todas las muestras se mantiene fresca y de color blanco, propio de raíces sanas sin deterioro fisiológico ni microbiano.

**Tabla 6.** Comparación mediante fotografías del índice de deterioro de las raíces de yuca con cuatro distintos recubrimientos por un periodo de ochos semanas de almacenamiento a 4°C.

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TIPO DE RECUBRIMIENTO			
	PARAFINA 100%	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2	TRATAMIENTO 3
SEMANA 1				
SEMANA 2				
SEMANA 3				
SEMANA 4				
SEMANA 5				
SEMANA 6				
SEMANA 7				
SEMANA 8				

#### 4.1.4. FIRMEZA EN MUESTRA CRUDA Y PREVIAMENTE COCIDA

El gráfico 5 muestra la fuerza máxima de penetración expresada en Newton (N) de todas las muestras analizadas durante las 8 semanas de almacenamiento. La tabla 7 demuestra que existe diferencia significativa entre el tratamiento 3 y tratamiento 1.



**Gráfico 5.** Valores de Firmeza expresada en Newton (N) de yucas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.

En la tabla 7 se muestran los valores obtenidos de fuerza de penetración entre los tratamientos siendo el TR1 el que mayor fuerza de penetración presento con un valor de 36,74 N mientras que el tratamiento TR3 fue el que menor fuerza de penetración obtuvo de 31,01 N, mostrándose así una diferencia significativa entre los tratamientos, esto concuerda con la pérdida de peso que se registró durante el tiempo de almacenamiento, ya que fue el tratamiento TR3 que menos humedad perdió y por consiguiente su materia seca no aumento reflejando ser más blanda que las demás.

**Tabla 7.** Prueba de Tukey al 5% de probabilidad de firmeza de yucas crudas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,79123**

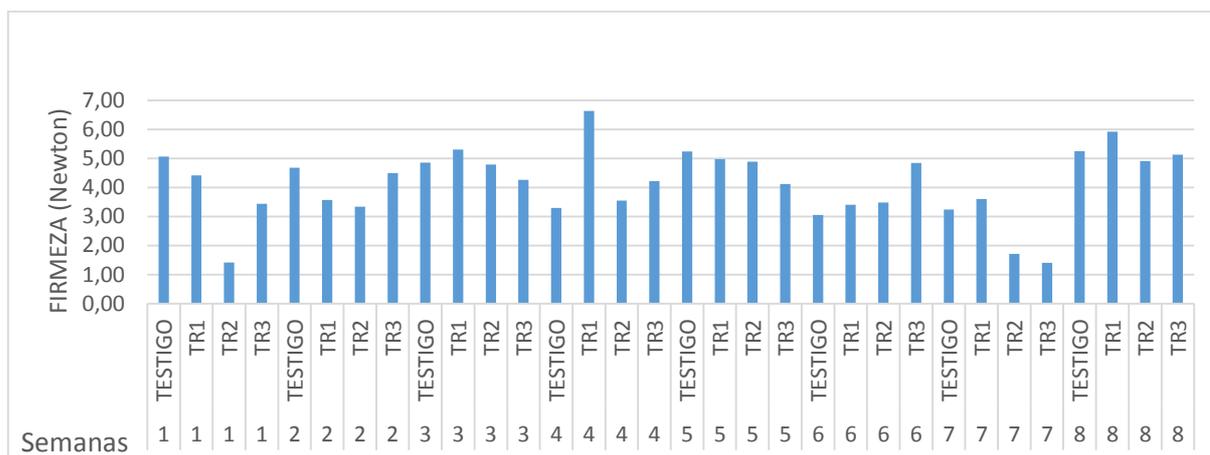
*Error: 7,4002 gl: 21*

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.		
TR3	31,01	8	0,96	A	
TR2	34,13	8	0,96	A	B
Testigo	34,52	8	0,96	A	B
TR1	36,74	8	0,96		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0,05$ )*

- **Muestras previamente cocidas**

En el gráfico 6 se muestran los valores de fuerza de penetración de las muestras de yucas cocidas, en donde se aprecia que el tratamiento TR2 es el que menor fuerza de penetración tuvo en comparación con el tratamiento TR1.



**Gráfico 6.** Valores de Firmeza expresada en Newton (N) de yucas cocidas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4 ° C.

En la tabla 8 la prueba de Tukey muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, esto se debe a la variedad y a la homogeneidad que tenían las muestras, según (CIAT, 1987) una de las características que posee esta especie de yuca es su poco tiempo de cocción el cual oscila entre 10 a 11 minutos para lograr su ablandamiento total.

**Tabla 8.** Prueba de Tukey 5% de probabilidad de firmeza de yucas cocidas recubiertas con parafina y ácido salicílico durante 8 semanas de almacenamiento a 4°C.

**Test: Tukey Alfa=0,05 DMS= 1,24430**

**Error: 0,7971 gl: 21**

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
TR2	3,51	8	0,32	A
TR3	3,99	8	0,32	A
Testigo	4,33	8	0,32	A
TR1	4,73	8	0,32	A

Medias con una letra común no son significativamente diferente ( $p > 0,05$ )

## **4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

### **4.2.1. Mohos y Levaduras**

En cuanto a los análisis de mohos y levaduras realizados a cada uno de los tratamientos, no se observó crecimiento de colonias que pudiesen demostrar daños en la calidad de las yucas, estos resultados concuerdan con el índice de deterioro e índice de color que presentaron cada una de las muestras analizadas.

La composición de los recubrimientos (parafina, parafina + ácido salicílico) se ajusta a lo descrito por (EDA, 2008) donde el ácido salicílico es considerado como un activador de las defensas en las plantas contra hongos, virus, bacterias, nematodos e insectos, la acción del ácido salicílico se combina perfectamente conjunto con la temperatura de almacenamiento lo cual aportó para inactivar el crecimiento de colonia durante las 8 semanas de almacenamiento.

La parafina en particular, disminuye la pérdida de agua o deshidratación y limita el intercambio de gases, por tanto, se da o se produce poco etileno (activador del proceso de acción de la enzima PPO, la cual es un aminoácido con acción catalítica, producida en procesos fisiológicos). Y por ende ante la ausencia de oxígeno, la producción de etileno se reduce considerablemente.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Refiriéndonos a los parámetros de calidad (físicos-químicos y microbiológicos) de las yucas se pudo apreciar que la acción ejercida por la parafina y el ácido salicílico permite la conservación de las yucas por un tiempo prolongado de 8 semanas, la parafina evita la pérdida de humedad y por ende la pérdida de peso disminuye, el ácido salicílico retrasa el proceso de senescencia debido a la acción que ejerce sobre la contaminación por hongos lo que disminuye notablemente daños en su estructura, presencia de manchas marrones que pongan en evidencia algún tipo de contaminación, la temperatura de almacenamiento a 4 °C también ejerce un papel muy importante junto con los componente antes mencionados.

Por lo antes mencionado se concluye que el tratamiento que generó mejores resultados entre los parámetros de estudio es el tratamiento TR3 (parafina + ácido salicílico 2 mmol/L) ya que fue el que menos porcentaje de pérdida de peso perdió, su textura en crudo requirió menor fuerza de penetración (lo que significó que era la más blanda), sin embargo microbiológicamente no se le puede atribuir esta acción solamente al ácido salicílico ya que la parafina en combinación con la temperatura de almacenamiento ejercen mayor poder de inhibición microbiano.

#### **5.2. RECOMENDACIONES**

Se propone aplicar el recubrimiento de parafina + ácido salicílico (2mmol/L) en otro tipo de variedad comercial de yuca, para que se compruebe si es posible prolongar la vida útil y verificar la efectividad de este tratamiento en cuanto a los parámetros físico-químico y microbiológicos.

Se recomienda aplicar temperaturas de congelación en el almacenamiento de las yucas y verificar variaciones en cuanto a color, pérdida de humedad y proliferación de contaminantes.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso , L., & Vélez, C. (2011). *Conservación de Raíces de Yuca con Cera Natural. CLAYUCA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.* Cali, Colombia: Universidad del Valle.
2. Ascencio, J. (1996). Algunos aspectos relacionados con la fisiología de la planta de yuca. En A. Montaldo, *La yuca frente a hambre del mundo tropical* (pág. 570). Universidad Central de Venezuela, Caracas.
3. Atzingen, M., Machado Pinto, & Silva, M. (2005). Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 4(5), 319-323.
4. Baldwin, E. H. (2012). *Edible coatings and films to improve food quality.* Boca Ratón: CRC Press.
5. Beeching, J., Yuanhuai, H., Gómez-Vásquez, R., Day, R., & Cooper, R. (1998). Wound and defense responses in cassava as related to post-harvest physiological deterioration, in Recent Advances in Phytochemistry. Vol 32. En *Phytochemical Signals in Plant-Microbe Interactions* (págs. 321-248). New York: Premium Press.
6. Booth, R. (1976). *Almacenamiento de raíces de yuca. Causas del deterioro que se presenta después de la cosecha de raíces frescas. Serie ES 16.* CIAT. Cali, Colombia.
7. Booth, R. H. (1975). Cassava production systems: storage. Annual Report 1974. Cali, Colombia.
8. Buschmann, H., Rodriguez, M. X., Tohme, J., & Beeching, J. R. (2000). Accumulation of hydroxycoumarins during post-harvest deterioration of tuberous roots of cassava (*Manihot eculenta* Crantz). *Ann. Bot* 86, 1153-1160.
9. Callegarin, F., & Quezada-Gallo, J. A. (1997). Lipid and biopackaging. *JAOC* 74, 1183-1192.
10. Campos, C., Gerschenson, L. N., & Flores, S. (2011). Development of Edible Films and Coatings with Antimicrobial Activity. *Food Bioprocess Technol* (2011) , 4: 849-875.
11. Castro, A. (2013). Efecto de la Aplicación de Recubrimientos Comestibles en la calidad postcosecha de tomate de árbol (*solanum betaceum* Cav.). *Tesis previo al título de ingeniera agroindustrial en la Escuela Politécnica Nacional.* Quito.

12. Castro, M. ( 10-14 marzo 2003). Las zeolitas naturales. Un importante producto de la naturaleza para la producción animal. *Seminario avanzado sobre zeolitas y materiales microporosos. VI Conferencia Nacional de zeolitas y materiales microporosos*. Instituto de Materiales y REactivos: Universidad de la Habana.
13. Castro, M., Rivadeneira, C., Mantuano, I., Santacruz, S., & Ziani, K. (2014). *Utilización de recubrimientos comestibles a base de quitosano y Aloe Vera en papaya (Carica papaya L. cv. "Maradol") cortada*. ESPAM-CIENCIA.
14. Ceballos , H., & De la Cruz, G. (2014). Taxonomía y Morfología de la yuca. En *La yuca en el tercer milenio, sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización* (págs. 17-33). Cali, Colombia: Ospina y Ceballos.
15. Ceballos, H., & De la Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y Morfología de la Yuca. En *La yuca en el tercer milenio. Cap2* (págs. 16-32). Cali, Colombia: CIAT.
16. Ceballos, H., Iglesias, C. A., Perez, J. C., & Dixon, A. G. (2004). Cassava breeding: opportunities and challenges. *Plant Molecular Biology* 56, 503-516.
17. Chávez, L., Álvarez, A., & Ramírez, R. (2012). Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. *Cultivos Tropicales Vol.33*, p. 47-56.
18. CIAT, (. I. (1976). Almacenamiento de raíces de yuca. En C. d. frescas. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
19. CIAT, (. I. (1977). Sistema de producción de yuca. En: Informe Anual 1976. Cali, Colombia.
20. CIAT, (. I. (1987). El cultivo de yuca en los llanos orientales de Colombia; variedades y prácticas agronómicas Reinhardt H. Howeler y Dario Ballesteros. Cali. Colombia.
21. Cuéllar, L., Sehtman, A., Donatti, L., & Allevato, M. (2008). Ácido salicílico. *ANTIGUOS Y VIGENTES* 31, 108.
22. Debeaufort, F. Q.-G. (1998). Edible films and coatings: tomorrow's packaging: a review. *Crit. Rev. Food Sci* 38(4), 299-313.
23. Domínguez, C. E. (1983). Yuca: investigación, producción y utilización. Cali, Colombia.
24. Domínguez, M. (2001). Manual de crianza porcina 3a ed. Barcelona, España: Acribia.

25. EDA. (2008). Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores. Boletín Técnico de Producción. *El uso de ácido salicílico y fosfonatos (Fosfitos) para activación de sistema de resistencia adquirida en la planta*. Honduras.
26. Falguera, V. Q. (2011). Structures, active functions and trends in their use. Trends in Food Science & Technology. 22. *Edible films and coatings*, 292-303.
27. FAO. (2009). Deterioro poscosecha y conservación de las raíces de yuca. En *Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca* (págs. 27,28).
28. Flores, S. (2007). *Estudios básicos y aplicados tendientes al desarrollo de películas comestibles que sena soporte del antimicrobiano sorbato de potasio*. Buenos Aires: Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires.
29. Fonseca, J., & González, C. (1996). *Alargamiento de la vida comercial de la yuca cv Valencia con el uso de materiales de cubierta*. Universidad de Costa Rica: Cebtro de Investigaciobes Agronómicas.
30. García, M., Martino, M. Y., & Zaritzky, N. (2000). Lipid Addition to Improve Barrier Properties of Edible Starch-based Films and Coatings. *J. Food Sci.* 65(6), 941-947.
31. Guilbert, S., & Gontard, N. (2005). Agro-polymers for edible and biodegradable films: review of agricultural polumeric materials, physical and mechanical characteristics. *Han J H (Ed), Innovtions in Food Packaging, Oxfors, UK: Elsevier Academic Press*, 263-276.
32. Han, J. H., Seo, G. H., Park, I. M., Kim, G. N., & Lee, D. S. (2006). Physical and mechanical properties of pea starch edible films containing beeswax emulsions. *J. Fodd Sci*, 71, 290-296.
33. Hennig, J., Malamy, J., Gryniewicz, G., Indulski, J., & Klessig, D. F. (1993). Interconversion of the salicylic acid signal and its glucoside intobacco. *Plant Journal* 4(4), 593-600.
34. Hershey, C., & Amaya, A. (1983). Genética, citogenética, estructura floral y técnicas de hibridación de la yuca. En *Yuca: investigación, producción y utilización. Programa de Yuca* (págs. 113- 126). Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
35. Hinostroza, G. (1991). *Mejoramiento genético de la yuca en América Latina*. Cali: Publicación CIAT N° 82.
36. IIT, (1972). La yuca parafinada. *Tecnología* 14(78), 47-51.

37. Johnson, R. M., & Raymond, W. D. (1965). The chemical composition of some tropical food plants. *Tropical Science*. Vol 7 , 109-115.
38. Kato, M., & Souza, S. (1987). Conservação de raízes após Colheita. V. 13. *Informe Agropecuario 145*, 9-14.
39. Krochta. (1997). *Edible protein films and coatings*. Nueva York: Marcel Dekker.
40. Mantilla, J. E. (1996). Producción de material de yuca. En A. (. Montaldo, *La yuca frente al hambre del mundo tropical* (págs. 35-55). Maracay, Venezuela.
41. Marriot, J., Been, B, O., & Perkins. (1979). The aetiology of vascular discoloration in cassava roots after harvesting: development of endogenous resistance in stored roots. En *Physiologia Plantarum*. Vol. 45. Elmont, (Sweden)
42. Mederos, V. (2006). *Embriogénesis somática en yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Cuba: Universidad de Ciego de Avila. Centro de Bioplasmas. Ciego de Avila.
43. Montaldo, A. (1973). Vascular streaking of cassava root tuber. *Tropical Science*. Vol 15, 39-46.
44. Muñoz Chilito, A. (s.f.). *Manual Técnico de la Yuca*. Recuperado el 16 de Junio de 2017, de Academia.Edu: [https://www.academia.edu/6149263/MANUAL\\_T%C3%89CNICO\\_DE\\_LA\\_YUCA](https://www.academia.edu/6149263/MANUAL_T%C3%89CNICO_DE_LA_YUCA)
45. Park, S. K. (2007). Methyl salicylate is a critical mobile signal for plant systemic acquired resistance. *Science*, 318, 113-116.
46. Raskin, I. (1992). Role of Salicylic Acid in Plants. *Plant Physiol. Plant Mol. Biol* 43, 439-463.
47. Reilly, K., Gómez-Vásquez, R., Buschamann, H., Tohme, J., & Beeching, J. (2003). Oxidative stress responses during cassava post-harvest physiological deterioration. *Plant Molecular Biology* 53, 669-685.
48. Reina, C. E. (1996). Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la yuca (*Manihot esculenta*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. *Proyecto de grado de pregrado, Universidad Sur Colombiana*.
49. Rickard, J., & Coursey, D. (1981). Cassava storage. I. Storage of fresh cassava roots. *Tropical Science*, 1-32.
50. Rojas-Graü, M.A., Avena-Bustillos, R. J., Friedman, M., Henika, P. R., Martín-Belloso, O., McHugh, T. H. (2006). Mechanical, barrier and

antimicrobial properties of apple puree edible films containing plant essentials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 9262-9267.

51. Sánchez, T., & Alonso, L. (2002). Conservación y Acondicionamiento de las Raíces Frescas. En *La yuca en el tercer milenio. Cap 27* (págs. 503-526). Cali, Colombia: CIAT .
52. Shah, J. (2003). The salicylic acid loop plant defense. *Current Opinion in Plant Biology* 6, 365-371.
53. Sotelo, R., & Acevedo, G. (2009). Conservación de las raíces frescas de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) aplicándole el proceso de parafinado. *Nexo. Revista científica*, 48-53.
54. Suárez, L., & Mederos, V. (2011). *Apuntes sobre el cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz). Tendencias actuales. Cultivos Tropicales*.
55. Tapia, M. S., Rojas-Grau, M. A., Carmona, A., Rodriguez, F. J., Soliva-Fortuny, R., & Martin-Belloso, O. (2008). Use of alginate-and gellan-based coating for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids* 22, 1493-1503.
56. Viegas, A. (1976). Estudios sobre mandioca. Instituto Agronómico de Sao Paulo. Sao Paulo, Brasil: EDANEE S.A.
57. Villamar, F. (2001). Manejo tecnológico poscosecha de frutas y hortalizas: manual de prácticas. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
58. Wenham, J. (1995). Post-harvest Deterioration of cassava: A Biotechnological Perspective. Rome: FAO
59. Wheatley, C. (1982). Studies on Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) root post-harvest physiological deterioration. PhD. Thesis. University of London.
60. Wheatley, C., & Gómez, G. (1985). Deterioración poscosecha en raíces de Yuca. En *Yuca: Investigación, Producción y Utilización* (págs. 393-510). CIAT.
61. Zhang, P., Bohl-Zenger, S., Puonti-Kaerlas, J., Potrykus, I., & Grissem, W. (2003). Two cassava promoters related to vascular expression and storage root formation. *Planta* 218, 192-203.

## ANEXOS

*Anexo 1. Recepción de las raíces de yuca.*



*Anexo 2. Selección de las raíces de yuca.*



**Anexo 3. Clasificación de las raíces de yuca.**



**Anexo 4. Limpieza manual de las raíces de yuca.**



**Anexo 5. Inmersión de yuca en recubrimientos.**



**Anexo 6. Yuca parafinada.**



**Anexo 7. Etapa de secado.**



**Anexo 8. Almacenamiento de las raíces de yuca a 4°C y HR 70%.**



**Anexo 9. Pesado de yuca para análisis de pérdida de peso.**



**Anexo 10. Análisis de color en muestra de yuca.**



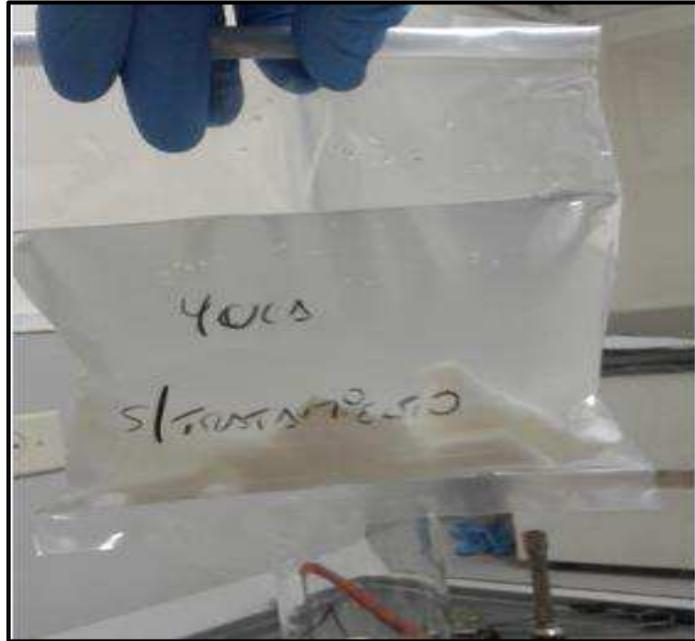
**Anexo 11. Análisis de textura en muestra cruda de raíz de yuca.**



**Anexo 12. Análisis de textura en muestra cocida de raíz de yuca.**



**Anexo 13. Muestra de yuca con solución APT para análisis de mohos y levaduras.**



**Anexo 14. Inoculación de muestra en placa Petrifilm.**

