



**UNIVERSIDAD CENTRAL  
DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**ELABORACIÓN DE COBERTURAS COMESTIBLES A PARTIR  
DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta C.*) Y SU  
APLICACIÓN EN LA CONSERVACIÓN DE CAMBUR MANZANO  
(*Musa AAB*)**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentado ante la Ilustre Universidad  
Central de Venezuela, por la Br.

**TURIBE MONTERO SOL MERARI**

Como requisito para optar al  
Título de Licenciado en Biología.

Tutor(a): Elevina Pérez

CARACAS, VENEZUELA

MAYO - 2017

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE CIENCIAS

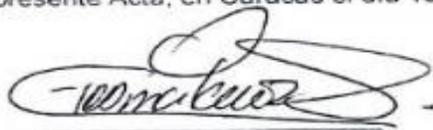
ESCUELA DE BIOLOGÍA

### ACTA

Quienes suscribimos, miembros del jurado evaluador designado por el Consejo de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo Especial de Grado titulado "Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*)" presentado por la Br. Sol Merari Turipe Montero, C.I.: 20.875.653, a los fines de optar al título de Licenciado en Biología, dejamos constancia de lo siguiente:

Leído como fue dicho trabajo, por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 19 de Mayo de 2017, a las 09:00 am, para que la autora lo defendiera de forma pública, mediante una presentación oral de su contenido, luego de lo cual respondió a las preguntas formuladas. Finalizada la defensa pública del Trabajo Especial de Grado, considerando que dicho trabajo cumple con los requisitos exigidos en los reglamentos respectivos, el jurado decidió **APROBAR**, con una calificación de 20 puntos.

En fe de lo cual se levanta la presente Acta, en Caracas el día 19 de Mayo de 2017.



Dra. Elevina Pérez

Tutora



MSc. Carolina Palomino

Jurado



MSc. Unai Emaldi

Jurado

## **Dedicatoria**

Quisiera dedicar este Trabajo de Grado:

### **A mis padres,**

Quienes me proporcionaron incondicionalmente todo su amor, por estar conmigo en todos los momentos de mi vida y sobre todo por ser los mejores padres de todo el mundo.

### **A mi hermano,**

Por ser mi confidente y amigo, porque gracias a su apoyo incondicional pude concluir esta etapa de mi vida.

### **A mi familia,**

Que me brindaron su amor, paciencia y apoyo ante diversas situaciones.

## **Agradecimientos**

En primer lugar quisiera agradecer a Dios, por darme paciencia y fuerza para continuar en todo momento.

A mis padres (Rosa M. Montero G. y José R. Turipe S.) por todo el amor incondicional que me proporcionan día a día, por ser el impulso para ser una mejor persona, por alentarme a seguir mis sueños, y ser cómplices de ellos.

A mi hermano (Daniel E. R. Turipe M.) por darme su apoyo y comprensión en todo este camino.

A mis primas hermanas (Nárriman y Marycarmen) que a pesar de las dificultades y momentos difíciles, siempre nos apoyamos y que con sus palabras de aliento me incentivaron a seguir adelante.

A Carlos Riera por brindarme su amor, paciencia, apoyo y por ser cómplice de la culminación de una etapa de mi vida y el comienzo de otra.

A mí querido amigo Jose por los momentos compartidos durante toda la carrera, por brindarme su amistad, apoyo, cariño, consejos de moda y darme la fuerza que necesité para culminar esta etapa de mi vida.

A todos mis amigos, en especial a Keily, Jefferson, Radha, Nani, Estef, Ina, Katy, Rosa y Ale por haberme ayudado tanto en esta etapa y formar parte de los mejores recuerdos y aprendizajes de la Universidad.

A mis amigos del ICTA, en especial a Joely, Andrea, Michael y Samuel por su cariño y apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

A la Dra, Elevina Pérez por su paciencia y dedicación, a mis jurados el MSc. Unai Emaldi y Msc. Carolina Palomino por ayudarme en mi formación académica y también por darme toda la ayuda posible para la realización de este trabajo.

Un especial agradecimiento al Dr. Romel Guzmán por su apoyo, colaboración, orientación y calidad humana.

Al ICTA y a todos sus profesores, en especial a los profesores Zurima González y Miguel Morón por su conocimiento, orientación y consejos para el desarrollo de este trabajo.

Al personal del ICTA, en especial a Víctor Márquez, Ana Paredes y Bernadette Da Fonte por su gran ayuda, apoyo y orientación.

A todas aquellas personas que durante el desarrollo de mis estudios me prestaron su ayuda.

## ÍNDICE GENERAL

LISTA DE TABLAS .....	8
LISTA DE FIGURAS .....	10
RESUMEN.....	11
I.- INTRODUCCIÓN.....	13
II.- OBJETIVOS .....	16
II.1.- OBJETIVO GENERAL .....	16
II.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
III.- MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	17
III.1.- Coberturas comestibles.....	17
III.1.a.- Definición y generalidades.....	17
III.1.b.- Propiedades funcionales.....	18
III.1.c.- Clasificación de las coberturas comestibles.....	19
III.1.d.- Aplicaciones de las coberturas comestibles.....	20
III.1.e.- Coberturas comestibles a base de almidón.....	22
III.2.- Generalidades del Almidón.....	24
III.2.a.- Definición.....	24
III.2.b.- Estructura química del almidón.....	25
III.2.c.- Características del almidón.....	26
III.2.d.- Gelatinización y retrogradación.....	27
III.3.- Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> C.) como fuente de almidón.....	28
III.3.a.- Composición química de las raíces de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> C.).....	29
III.3.b.- Composición química del almidón de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> C.).....	31
III.4.- Cambur manzano ( <i>Musa AAB</i> ).....	31
III.4.a.- Aspectos generales y botánicos.....	31
III.4.b.- Características del cambur manzano ( <i>Musa AAB</i> ).....	33
III.4.c.- El cambur manzano y su comercialización.....	35
IV.- MARCO METODOLÓGICO .....	37
IV.1.- MATERIALES .....	37
IV.2.- MÉTODOS .....	37
IV.2.a.- Extracción del almidón de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> C.).....	37
IV.2.b.- Caracterización del almidón de yuca mediante análisis químicos, físicos y morfométricos.....	39

IV.2.b.1.- Análisis químicos. ....	39
IV.2.b.2.- Análisis fisicoquímicos. ....	40
IV.2.b.3.- Análisis morfométrico.....	41
IV.2.b.4.- Consistencia del gel.....	41
IV.2.c.- Preparación de las coberturas comestibles. ....	42
IV.2.d.- Caracterización fisicoquímica de las coberturas comestibles a base de almidón.....	43
IV.2.d.1.- Determinación de humedad.....	43
IV.2.d.2.- Determinación de color.....	43
IV.2.d.3.- Determinación del pH y $a_w$ .....	43
IV.2.d.4.- Viscosidad de la solución formadora de cobertura.....	43
IV.2.d.5.- Determinación del grosor.....	43
IV.2.e.- Recubrimiento de los cambures manzano ( <i>Musa AAB</i> ) con las coberturas en tres dimensiones y a diferentes tiempos.....	44
IV.2.f.- Estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura.....	45
IV.2.f.1.- Determinación de la pérdida de peso.....	46
IV.2.f.2.- Desarrollo de color en la superficie.....	46
IV.2.f.3.- Determinación del pH y $a_w$ .....	46
IV.2.f.4.- Determinación de humedad.....	46
IV.2.f.5.- Apariencia de la cobertura y microscopía óptica.....	46
IV.2.f.6.- Determinación de textura.....	47
IV.2.g.- Estabilidad microbiológica durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzano enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura.....	48
IV.2.h.- Estabilidad sensorial durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzano enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura.....	48
IV.2.h.1.- Determinación del índice de calidad y el atributo de calidad.....	50
IV.3.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	50
V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
V.1.- Caracterización química, fisicoquímica y morfométrica del almidón de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> C.).....	51
V.1.a.- Caracterización química del almidón.....	51
V.1.b.- Caracterización fisicoquímica del almidón.....	53
V.1.c.- Análisis morfométrico.....	56
V.1.d.- Consistencia del gel.....	57

V.2.- Caracterización fisicoquímica de las coberturas comestibles a base de almidón de yuca. ....	58
V.2.a.- Grosor de las coberturas comestibles. ....	60
V.3.- Estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura. ....	61
V.3.a.- Pérdida de peso. ....	62
V.3.b.- Color. ....	64
V.3.c.- pH.....	70
V.3.d.- Aw.....	72
V.3.e.- Humedad.....	72
V.3.f.- Apariencia de la cobertura y microscopia óptica.....	76
V.3.g.- Textura.....	77
V.4.- Estabilidad microbiológica durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas cubiertos con la cobertura. ....	80
V.4.a.- Evolución de las poblaciones de aerobios mesófilos. ....	80
V.4.b.- Evolución de las poblaciones de aerobios psicrófilos. ....	84
V.4.c.- Evolución de las poblaciones de mohos y levaduras. ....	84
V.5.- Estabilidad sensorial durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas cubiertos con la cobertura. ....	90
VI.- CONCLUSIONES.....	96
VII.- RECOMENDACIONES .....	98
VIII.- BIBLIOGRAFÍA .....	99
IX.- ANEXOS .....	111

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Principales componente de la raíz de yuca (INN, 2001) y valores de referencia (INN, 2000).....	30
<b>Tabla 2.</b> Condiciones de ensayo de los análisis de perfil de textura de las muestras de cambur manzano recubiertas con la cobertura a base de almidón.....	47
<b>Tabla 3.</b> Caracterización química en base seca del almidón de yuca nativo ( <i>Manihot esculenta</i> C.). .....	51
<b>Tabla 4.</b> Caracterización fisicoquímica del almidón de yuca ( <i>Manihot esculenta</i> C.). .....	54
<b>Tabla 5.</b> Consistencia del gel del almidón de yuca a los 30 min. ....	58
<b>Tabla 6.</b> Parámetros fisicoquímicos de las coberturas a base de almidón de yuca.....	58
<b>Tabla 7.</b> Grosor de las coberturas comestible de almidón de yuca.....	61
<b>Tabla 8.</b> Porcentaje de pérdida de peso para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos. ....	63
<b>Tabla 9.</b> Parámetros de color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ y $\Delta E$ ) en cambur manzano entero almacenado bajo refrigeración a 4°C, durante 7 días.....	65
<b>Tabla 10.</b> Parámetros de color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ y $\Delta E$ ) en cilindros de cambur manzano almacenado bajo refrigeración a 4°C, durante 7 días.....	67
<b>Tabla 11.</b> Parámetros de color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ y $\Delta E$ ) en tajadas de cambur manzano almacenado bajo refrigeración a 4°C, durante 7 días.....	69
<b>Tabla 12.</b> Valores de pH para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos.....	71
<b>Tabla 13.</b> Valores de $a_w$ para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos.....	73
<b>Tabla 14.</b> Resultados de humedad (%) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos. ....	74
<b>Tabla 15.</b> Dureza para los cambures manzanos en cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos.....	79

**Tabla 16.** Recuento de microorganismos (aerobios mesófilos) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días. .... 82

**Tabla 17.** Recuento de microorganismos (aerobios psicrófilos) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días. .... 85

**Tabla 18.** Recuento de microorganismos (mohos y levaduras) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días. .... 88

**Tabla 19.** Valores de importancia conferidos por el consumidor a varios atributos sensoriales a la hora de consumir cilindros de cambur manzano recubiertos con una cobertura comestible..... 90

**Tabla 20.** Evaluación sensorial de los cilindros de cambur manzano recubiertos con coberturas comestibles durante su almacenamiento en refrigeración, de acuerdo a la escala hedónica utilizada para evaluar los parámetros de color, aroma, sabor, textura y aceptación global..... 92

**Tabla 21.** Calidad total de los cilindros de cambur manzano recubiertos con doble coberturas comestibles durante su almacenamiento en refrigeración ..... 95

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Estructura química del almidón. (A) representación esquemática de la molécula de amilosa, estructura química y conformación helicoidal. (B) representación esquemática de la molécula de amilopectina, estructura química y ramificada. Los círculos abiertos y cerrados representan los extremos reductores y no reductores respectivamente. .... 26
- Figura 2.** (A) planta de cambur donde se observa el racimo junto con el brote floral. (B) clones triploides de cambur con gen acuminata y balbisiana (*Musa AAB*). ..... 33
- Figura 3.** Esquema tecnológico para la extracción de almidón (Pérez y col., 1993). ..... 38
- Figura 4.** Esquema para la elaboración de las coberturas comestibles a base de almidón de yuca. Fuente: Modificado de Romero y col., 2005..... 42
- Figura 5.** Esquema de procedimiento usado para el recubrimiento de los cambures manzanos cilindros, tajadas y enteros. .... 45
- Figura 6.** Esquema del procedimiento usado para el conteo de aerobios mesófilos, aerobios psicrófilos, mohos y levaduras mediante plaqueo en profundidad y superficie. . 49
- Figura 7.** Microfotografías de luz polarizada de gránulos de almidón de yuca con aumento de 750 X (A) y 1500X (B)..... 57
- Figura 8.** Micrografías de cortes transversales de cilindros de cambur manzano. (A) y (B) cilindros tratados en el segundo tiempo (doble capa), con un aumento de 20X observados desde una lupa y 60X observados desde un microscopio de luz, respectivamente. (C) y (D) cilindros tratados en el primer tiempo (sumergidos en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos), con un aumento de 20X observados desde una lupa y 60X observados desde un microscopio de luz, respectivamente. .... 76
- Figura 9.** Curva típica obtenida a partir de un análisis de perfil de textura..... 78
- Figura 10.** Recuento de microorganismos (aerobios mesófilos) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días. .... 83
- Figura 11.** Recuento de microorganismos (aerobios psicrófilos) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días. .... 86
- Figura 12.** Recuento de microorganismos (mohos y levaduras) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días. .... 89

## RESUMEN

En los últimos años, se han desarrollado técnicas de preservación de frutas y hortalizas que permiten prolongar su vida de anaquel manteniendo sus características físicas, químicas y nutricionales lo más parecidas al estado fresco, ya que, actualmente los consumidores están más interesados en ese tipo de productos, que en los altamente procesados. La aplicación de coberturas comestibles puede mejorar la calidad de los alimentos, la conveniencia, la inocuidad y en algunos casos pueden sustituir a los materiales sintéticos. Las coberturas comestibles se definen como matrices continuas que pueden ser formadas por proteínas, polisacáridos y lípidos, proveen la posibilidad de mejorar la calidad de los alimentos mediante la limitación de migración de humedad, grasas, oxígeno y compuestos responsables del sabor, color y aroma.

La ventaja de la utilización de coberturas comestibles, no solo radica en la sencillez de su elaboración y aplicación, sino también en la posibilidad que presentan las mismas como posible empaque comestible funcional, ya que estas pueden ser vehículos de aditivos que mejoren las características nutricionales del sistema alimento-cobertura.

Uno de los materiales poliméricos más empleado para la elaboración de coberturas y películas comestibles es el almidón. El almidón de yuca posee potencialmente ciertas propiedades en su estructura que son las requeridas para la elaboración de coberturas o películas comestibles, como su bajo contenido de amilosa que permite que hinchen bien, dan una viscosidad elevada y aún a bajas temperaturas retrogradan poco. Debido a su alto contenido en almidón, la yuca se utiliza, junto con el maíz, como las principales fuentes de la materia prima para la extracción de almidón.

Los objetivos de la investigación fueron desarrollar una cobertura comestible a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.), y aplicar sobre cambur manzano (*Musa AAB*) con mínimo proceso, con adecuadas propiedades sensoriales y que permita un aumento de vida útil en el anaquel. Para ello se aisló y purificó almidón de la parte comestible de raíces de yuca. El almidón obtenido fue caracterizado física, química,

fisicoquímica y morfométricamente y utilizado para la elaboración de coberturas comestibles. Las coberturas fueron, asimismo, caracterizadas por análisis fisicoquímicos y aplicadas en dos tiempos sobre piezas (enteras, cilíndricas y tajadas) de cambur manzano. Entre los resultados más relevantes se obtuvo, que las coberturas a base de almidón de yuca ejercieron un efecto protector sobre los trozos de cambur manzano, en cuanto a pérdida de peso, color, pH, aw, humedad y dureza, al ser comparada con el control, sin cobertura. El análisis de estabilidad microbiológica (aerobios mesófilos, psicrófilos, mohos y levaduras) de los trozos de cambur manzano cubiertos, almacenado a temperatura de refrigeración, mostró una baja carga microbiológica, al ser comparada con el control, sin cobertura. Las coberturas fueron sensorialmente compatibles con la fruta cortada, preservando sin afectar las propiedades sensoriales y conservando la calidad total del cambur manzano en almacenamiento refrigerado.

**Palabras clave:** coberturas comestibles, recubrimientos comestibles, almidón de yuca, conservación, cambur manzano.

## I.- INTRODUCCIÓN

La aplicación de coberturas o películas comestibles, es una tecnología que ha ganado importancia para prolongar la conservación de la calidad de frutas y hortalizas en fresco. Estas coberturas se adhieren en frutos intactos y en productos mínimamente procesados.

Las coberturas comestibles son capas delgadas de un material biopolímero (proteína o polisacárido como una solución hidrocoloide o como una emulsión con lípidos), que son adheridas sobre la superficie de un alimento en adición o reemplazo de la corteza natural y que se comportan principalmente como barreras que reducen la difusión de gases ( $O_2$ ,  $CO_2$  y vapor de agua), permitiendo extender la vida útil del alimento (Kester y Fennema, 1986, Baldwin y col., 1997). Las coberturas comestibles no deben causar riesgos para la salud del consumidor al no ser metabolizados y deben ser inocuos durante el paso por el tracto gastrointestinal (Vázquez y Guerrero, 2013). El uso de coberturas comestibles no sólo mejora la calidad de los productos alimenticios, sino que también son utilizados como transportadores de agentes antioxidantes, antimicrobianos y de otras sustancias bioactivas, que podrían mejorar las características del producto, tales como resaltadores del aroma y sabor (Han y Gennadios, 2005., Hernández, 2006., Rojas-Graü y col., 2007).

Referente a la calidad de los alimentos, con cubierta comestible se han realizado una infinidad de estudios e investigaciones, conteniendo estos trabajos un gran número de formulaciones, aplicaciones y caracterizaciones de dichas cubiertas.

Uno de los materiales poliméricos más utilizado para la elaboración de coberturas y películas comestibles es el almidón, debido a su abundancia y bajo costo de producción (Palacín, 2012). El almidón es considerado una matriz apropiada para la formación de coberturas y películas comestibles el mismo es un producto de uso agrícola y uso común, en relación con otras alternativas (García y col., 2000). De manera creciente, el almidón es utilizado como recurso energético renovable aprovechándose para numerosas

aplicaciones industriales por su gran versatilidad y por la facilidad en que las propiedades funcionales pueden modificarse por diversas técnicas químicas, físicas y enzimáticas (Jiménez, 2007).

Se han usado diferentes fuentes de almidón para la elaboración de coberturas y películas comestibles entre las cuales, las más usadas son las de almidón de papa, maíz y yuca, en sus formas nativas y/o modificadas (Pagella y col., 2002, Hernández, 2006). Las coberturas elaboradas a partir de almidón de yuca son claras, flexibles, transparentes y presentan excelentes barreras al oxígeno (Saavedra y Algecira, 2010), dado que el almidón de yuca presenta características como una alta pureza, sabor neutro, fácil hinchamiento y solubilización, desarrollo de viscosidad considerable y una baja retrogradación (González y Pérez, 2003).

La utilización de almidones obtenidos a partir de raíces y tubérculos tropicales, como materia prima en la elaboración de productos, se ha convertido en una forma de incentivar e incrementar la producción y demanda de estos tubérculos (Pérez y col., 2005). En Venezuela, la yuca ocupa el renglón productivo significativo en la alimentación humana tradicional, la alimentación animal, la industria doméstica y en la industria de alimentos, a través de los almidones extraídos de sus raíces (Rangel, 1980, Montaldo, 1991).

Por otro lado, en razón de la creciente demanda de alimentos y de los índices de desnutrición en algunas poblaciones de bajos recursos, se hace necesario ofertar alimentos de bajo costo pero nutritivos, por lo tanto, la implementación de coberturas comestibles, las cuales permiten conservar los parámetros de calidad desde diferentes factores como aceptabilidad comercial, pérdida de peso, firmeza y color en la superficie, en una fruta como el cambur manzano, mínimamente procesado, fuente de minerales y vitaminas necesarios para un mejor rendimiento del organismo, ayudaría a aliviar los niveles de desnutrición que se presentan en esas zonas del país (Viña y col., 2007).

El cambur “Silk” (*Musa AAB*) es conocido con el nombre de Cambur Manzano en la mayor parte del país, Guineo Blanco en el Zulia y estados vecinos y Cambur de Seda y Reinoso en ciertos sitios de la zona oriental (Sosa, 1991). Nutricionalmente es importante por su aporte de energía, hierro, vitamina C, calcio, entre otros (Fundación Polar, 2007). El cambur manzano se consume directamente como fruta madura, contribuyendo a satisfacer la dieta del venezolano. Durante la cosecha y la comercialización, se genera una gran cantidad de pérdidas debido a la excesiva maduración de la fruta (Nava y col., 2005).

En este trabajo de investigación, se planteó elaborar una cobertura comestible a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) para aplicarla a cambur manzano (*Musa AAB*) con un grado de madurez con apropiadas propiedades sensoriales en diferentes formas y tamaños y con mínimo proceso, a fin de que restrinja la pérdida de humedad y permita un aumento de vida en anaquel. En tal sentido, se propusieron los siguientes objetivos del trabajo de investigación.

## **II.- OBJETIVOS**

### **II.1.- OBJETIVO GENERAL**

Elaborar y caracterizar coberturas comestibles usando como matriz almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y aplicar sobre cambur manzano (*Musa* AAB).

### **II.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Extraer almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.).
2. Evaluar las características físicas, composición proximal, pureza y morfometría del almidón de yuca extraído.
3. Elaborar las coberturas comestibles.
4. Evaluar la estructura fina, las características químicas y físicas de las coberturas.
5. Recubrir trozos de cambur manzano en tres dimensiones y evaluar los parámetros de calidad y estabilidad microbiológica.
6. Caracterizar los trozos de cambures manzanos recubiertos con las coberturas comestibles elaboradas a partir de almidón de yuca a través de métodos físicos y químicos.

### **III.- MARCO TEÓRICO REFERENCIAL**

#### **III.1.- Coberturas comestibles.**

##### **III.1.a.- Definición y generalidades.**

Una cobertura comestible se define como una matriz continua, delgada, que se estructura alrededor del alimento, generalmente mediante la inmersión del mismo en una solución formadora de la cobertura. Dichas soluciones formadoras de las coberturas pueden estar conformadas por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de los mismos (Quintero y col., 2010). Las coberturas comestibles se diferencian de las películas comestibles en que, las películas comestibles se definen como una capa continua comestible preformada, la cual es colocada sobre o entre alimentos, mientras que las coberturas comestibles se aplican directamente al alimento y se forman en la superficie del producto (Gennadios y Weller, 1990, Wu y col., 2002).

Las coberturas se han desarrollado con el fin de extender la vida útil de los productos alimenticios, usarse como soporte de agentes antimicrobianos, antioxidantes o nutricionales, para enlentecer la migración de humedad y lípidos o el transporte de gases y solutos. Estos, deben poseer propiedades mecánicas que garanticen la adecuada adhesividad a los alimentos y manipuleo de ellos sin deterioro de las mismas (Famá y col., 2004).

El uso de una cobertura comestible en productos mínimamente procesados, como los pertenecientes a la cadena hortofrutícola, se basa en ciertas características tales como costo, disponibilidad, atributos funcionales, propiedades mecánicas (tensión y flexibilidad), propiedades ópticas (brillo y opacidad), su efecto barrera frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua, a microorganismos y su aceptabilidad sensorial (Guilbert y col., 1996). Estas características son influenciadas por parámetros como el tipo de material implementado como matriz estructural (conformación, masa molecular,

distribución de cargas, entre otras), las condiciones bajo las cuales se prefoman las películas (tipo de solvente, pH, concentración de componentes, temperatura, entre otras), y el tipo y concentración de los aditivos (plastificantes, agentes entrecruzantes, antimicrobianos, antioxidantes, emulsificantes, etc.) (Rojas-Graü y col., 2009).

### **III.1.b.- Propiedades funcionales.**

Kester y Fennema (1986), mencionan cuáles deben ser las propiedades funcionales potenciales de los revestimientos comestibles, siendo estas las siguientes:

#### **a) Reducir la pérdida de agua y solutos.**

La migración de humedad en alimentos es un problema que puede causar efectos adversos en la textura, valor nutritivo, venta y salubridad del alimento. La pérdida de agua conlleva a la pérdida de sustancias hidrosolubles, tales como azúcares, ácidos orgánicos y algunas vitaminas (Greener y Fennema, 1989).

#### **b) Retardar el transporte de gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y etileno).**

Procesos como el cortado y pelado dejan expuestos los tejidos de frutas y vegetales, liberando de esta forma enzimas que promueven diversas reacciones, entre ellas, las de oscurecimiento; por lo tanto, los recubrimientos comestibles ayudan a prevenir estas reacciones, así como retardan la pérdida de compuestos volátiles y restringen el intercambio de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> (Baldwin y col., 1995).

#### **c) Transportadores de agentes antioxidantes, acidulantes y preservantes para prolongar la vida útil de frutas frescas cortadas.**

Baldwin y col. (1996) señalan que coberturas comestibles a base de celulosa pueden transportar estos componentes y prolongar la vida útil de manzanas cortadas almacenadas bajo refrigeración.

### **III.1.c.- Clasificación de las coberturas comestibles.**

Las coberturas comestibles se clasifican en tres categorías de acuerdo a su composición, según Donhowe y Fennema (1994) aquellas que contienen hidrocoloides, las lipídicas y las compuestas. Los hidrocoloides incluyen proteínas, celulosa y sus derivados, alginatos, pectinas, almidones y otros polisacáridos. Los lípidos incluyen acilgliceroles y ácidos grasos; mientras que las coberturas compuestas contienen ambas.

#### **a) Hidrocoloides.**

Las coberturas elaboradas a base de polisacáridos (celulosa, pectina, almidón, alginatos, quitosano, carragenanos, etc.) son generalmente buenas barreras a los gases y se adhieren bien a la superficie cortada de frutas y vegetales, pero su naturaleza hidrofílica las hace barreras pobres a la humedad (Baldwin y col., 1995).

#### **b) Lipídicas.**

La principal función de los recubrimientos a base de lípidos es bloquear el transporte de humedad (Kester y Fennema, 1986). La permeabilidad al vapor de agua de las coberturas y películas de lípidos es mayor a medida que se incrementa su polaridad, el número de insaturaciones y de ramificaciones o cuando el agua es absorbida en la porción polar de la película (Baldwin y col., 1997).

#### **c) Compuestas.**

Cuando los lípidos, proteínas y polisacáridos son combinados, estos podrían interactuar física y/o químicamente, resultando en coberturas o películas con mejores propiedades. Tomando en cuenta la compatibilidad de los componentes, cuando se trata con mezclas de biopolímeros, esto permite alterar drásticamente el desempeño de los compuestos de la película (Diab y col., 2001).

Las propiedades mecánicas de las coberturas comestibles, dependen en gran medida del tipo de material empleado en su elaboración y, especialmente, de su grado de

cohesión, es decir, de la habilidad del polímero para formar numerosos puentes moleculares estables entre las cadenas poliméricas, los cuales impiden su separación (Guilbert y col., 1996). Por lo tanto, la elección de las sustancias a emplear y/o aditivos activos a añadir están totalmente relacionadas con la función para la cual se desea utilizar la cobertura comestible, la naturaleza del alimento y el método de aplicación (Debeaufort y col., 1998).

En los últimos diez años, los materiales que han recibido más atención para el desarrollo de coberturas comestibles son esteres de celulosa, almidón, almidón hidroxipropilado, zeína de maíz, proteína de leche y polisacáridos como el alginato y gelano (Krotchta y De Mulder, 1997).

#### **III.1.d.- Aplicaciones de las coberturas comestibles.**

Es un hecho que la aplicación de coberturas comestibles para proteger los alimentos se remonta a muchos años atrás; sin embargo, dichos recubrimientos recientes todavía no están ampliamente aplicados en la industria de alimentos. En la actualidad, existe una amplia gama de investigaciones dedicadas al análisis de nuevos componentes para la formulación de soluciones de recubrimiento y metodologías más eficientes. Tales investigaciones contribuyen al desarrollo de la tecnología del recubrimiento y, por lo tanto, a un mayor interés por los productos recubiertos (Kokoszka y Lenart, 2007).

Hay un interés creciente por producir alimentos de alta calidad con mayor vida útil y envasados o protegidos con materiales compatibles con el entorno ambiental, bajo este contexto, el estudio y desarrollo de coberturas comestibles se ha convertido en una alternativa de investigación de grandes alcances, ya que en una sola formulación se pueden conseguir diferentes propiedades funcionales, no sólo para la conservación del alimento, sino incluso para otorgarle un valor agregado nutricional con los biopolímeros incorporados como los de tipo proteico y/o con capacidad para prevenir enfermedades crónicas degenerativas (Ramos y col., 2010).

Actualmente, la mayoría de las coberturas son adicionadas con glicerol (García y col., 2000; Mali y col., 2005; Rojas-Graü y col., 2008; Raybaudi y col., 2008), utilizándolo como plastificante o simplemente para garantizar en el recubrimiento mayores propiedades de barrera a la pérdida de agua.

Moreno (2005) desarrolló una cobertura comestible en fresas (*Fragaria sp.*) almacenadas bajo refrigeración a base de almidón acetilado de papa, encontrando que las coberturas de mayor contenido de amilosa (nativo y acetilado a 3,1%) presentaron menos permeabilidad al vapor de agua, así mismo al final del almacenamiento, menor pérdida de peso, además de conservar mejor la textura. Las coberturas fueron sensorialmente compatibles con las fresas, preservando sus características sensoriales, las cuales se mantuvieron durante el almacenamiento refrigerado.

Por otro lado, Talja y col. (2007) investigaron el efecto de diferentes plastificantes (glicerol, xilitol y sorbitol), así como también las propiedades físicas y químicas de películas comestibles a base de almidón de papa. Concluyeron que un aumento en el contenido de plastificante incrementa la permeabilidad al vapor de agua, así como también disminuye la resistencia a la tensión y con ello un crecimiento de la rotura.

Raybaudi y col. (2008) emplearon coberturas comestibles a base de alginato con compuestos activos naturales incorporados (ácido málico y aceites esenciales de canela, palmarosa y hierba de limón) sobre trozos de melón, evaluando la posibilidad de mejorar su vida útil desde el punto de vista microbiológico y fisicoquímico, obteniéndose resultados satisfactorios y constituyendo una alternativa prometedora para la conservación del melón recién cortado.

Rojas-Graü y col., (2008) estudiaron el efecto de coberturas de alginato y gelano sobre la vida útil de manzanas *Fuji* recién cortadas. La aplicación de las coberturas comestibles retardó el deterioro microbiológico de las manzanas frescas cortadas hasta por dos semanas, en comparación con el control, el cual mostró un considerable oscurecimiento en la superficie y ablandamiento de los tejidos, limitando su vida útil.

Segovia (2010) aplicó sobre plátano verde, coberturas y películas comestibles a partir de almidón de mapuey (*Dioscorea trifida* L.) nativo y modificado por entrecruzamiento, obteniendo que, tanto la permeabilidad al vapor de agua, así como la solubilidad al agua, fue mayor en las películas de almidón entrecruzado y que las coberturas a base de almidón nativo y modificado ejercieron un efecto protector sobre los trozos de plátano.

Mehyar y col. (2012) elaboraron coberturas comestibles con almidones de distintas fuentes. Los autores probaron la adherencia del sorbato de potasio, que posee actividad antifúngica, a recubrimientos de goma guar, almidón de chícharo y almidón de papa aplicados a manzanas y tomates frescos enteros. Los recubrimientos mostraron una buena retención de sorbato de potasio, protegiendo su actividad antifúngica durante el almacenamiento refrigerado.

### **III.1.e.- Coberturas comestibles a base de almidón.**

Las coberturas comestibles de almidón se usan principalmente para disminuir el intercambio gaseoso entre el medio ambiente y el alimento, más que retardar la pérdida de humedad debido a sus características hidrofílicas (Krotchta y De Mulder, 1997). Los plastificantes como el glicerol, sorbitol y polietilenglicol, aumentan la flexibilidad de las coberturas, debido a su capacidad para reducir los enlaces de hidrógeno internos entre las cadenas de los polímeros, mientras aumentan el espacio molecular (Lourdin y col., 1995).

El almidón forma coberturas transparentes, inodoras y con baja permeabilidad al oxígeno. Esto se aplica sobre todo en aquellos almidones que presentan un alto contenido en amilosa, siendo la amilosa responsable de la capacidad de formación de coberturas de almidón, los cuales tienen un especial interés debido a sus características propiedades de barrera y su bajo costo de producción (Martin y col., 2005).

García y col. (2000) evaluaron películas comestibles basadas en almidón y aceite de girasol. El objetivo del trabajo fue reducir la permeabilidad al vapor de agua de películas y/o coberturas a través de la incorporación de aceite de girasol, además de la adición de glicerol y/o sorbitol como plastificante. Los resultados determinaron que la permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono fue significativamente más alta para las películas sin plastificante que para las películas con plastificante. Además, la adición de un plastificante mejoró las propiedades de barrera frente al vapor de agua, tanto para la película con o sin lípidos. Por su parte, el sorbitol produjo valores más bajos de permeabilidad al vapor de agua comparados con cubiertas en las que el glicerol fue el plastificante.

Hu y col. (2009) elaboraron películas comestibles a base de almidón de papa oxidado, con glicerol como plastificante en diferentes concentraciones. Los investigadores obtuvieron que las películas se mostraron flexibles y transparentes, y que una mayor concentración de glicerol exhibió propiedades mecánicas deseables.

Barco y col. (2011) trabajaron con coberturas basadas en almidón de yuca (*Manihot esculenta* C) modificado, evaluaron el efecto de estas coberturas sobre tomate "larga vida" (*Solanum lycopersicum*) bajo condiciones ambientales. Emplearon un diseño al azar para la valoración de los tratamientos, con tres réplicas y tres repeticiones en cada tratamiento. Cubrieron los tomates con solución de almidón de yuca, ácido cítrico, glicerina, extracto de ajo, aceite esencial de canela y sal, por inmersión, durante 22 días cada 2 días. Concluyeron que las coberturas con un 4% de almidón fueron las más efectivas en la conservación del tomate de mesa.

Kerdchoechuen y col. (2011) demostraron que la aplicación de coberturas comestibles a base de almidón de yuca y arroz aplicados en gajos de toronjas (*Citrus máxima* Merr), mantienen la apariencia física, contenido de ácido ascórbico, color característico y peso de la fruta mediante un proceso mínimo, en comparación con los

gajos de toronjas no recubiertos. Los autores concluyeron que el uso de la solución de almidón de yuca tiene un efecto mayor en la reducción de los cambios de calidad que el uso del recubrimiento a base de almidón de arroz.

Figuroa y col. (2013) evaluaron el efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca (*Manihot esculenta* C.) sobre la calidad de mango (*Mangifera indica*) variedad Tommy Atkins. Los investigadores concluyeron que el uso de recubrimientos logró disminuir significativamente el índice de respiración y transpiración de los frutos y que el almacenamiento del mango recubierto con la cobertura de almidón oxidado de yuca, resultó ser el mejor tratamiento en la retención de las propiedades fisicoquímicas evaluadas.

Pinargote y Gálvez (2015) elaboraron recubrimientos de almidón de yuca y gelatina con aceite esencial de orégano para la conservación de papayas (*Carica papaya*) a temperatura ambiente. Demostraron la eficiencia del recubrimiento como barrera al ataque de los microorganismos patógenos, característicos de la papaya en post-cosecha como son los hongos: el *Colletotrichum gloeosporioides* (CG) y el *Fusarium oxysporum* (FOG), inhibiendo el desarrollo de los mismos al ser inoculados sobre la superficie de la papaya. Además, demostraron la efectividad del mismo retrasando la senescencia de la fruta.

### **III.2.- Generalidades del Almidón.**

#### **III.2.a.- Definición.**

El almidón es el principal carbohidrato de reserva sintetizado por las plantas superiores, constituyendo una fuente de energía esencial para muchos organismos, especialmente el hombre. El almidón representa una fracción importante en un gran número de productos agrícolas, como en los cereales, encontrándose principalmente en el endospermo, cuyo contenido de almidón varía del 30 al 80%, en las leguminosas se localiza en la fracción formada por los cotiledones, con un 25 a 50% de almidón, y en los

tubérculos, en el parénquima, en los que el almidón representa entre el 69 y 90% de la materia seca (Thomas y Atwell, 1999). Los gránulos se presentan con distintas formas: esféricos, óvalos o irregulares según la especie. Dependiendo del tipo de especie, esta característica puede ser muy similar entre ellos, diferenciándose en base al tamaño (Hoover, 2001).

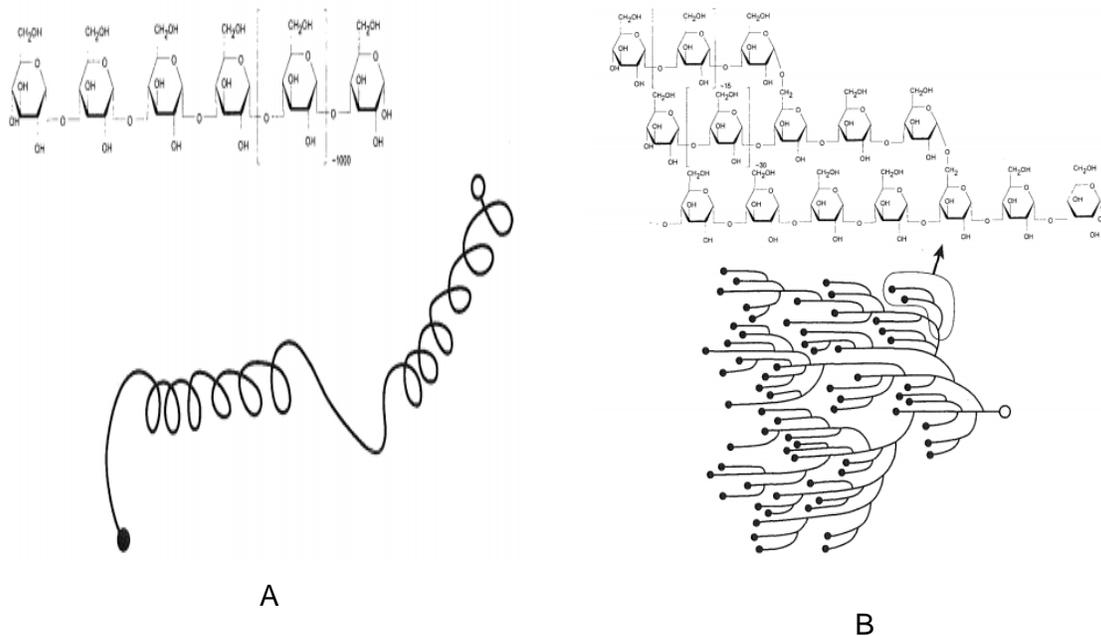
### **III.2.b.- Estructura química del almidón.**

El almidón puede analizarse desde dos niveles estructurales distintos: el nivel granular y el nivel molecular (Kennedy y col., 1987, Slattery y col., 2000, Thitipraphunkul y col., 2003). A nivel molecular, el almidón está formado por constituyentes menores y un material intermediario principalmente polímeros de amilosa y amilopectina, siendo la primera un polisacárido esencialmente lineal y el segundo, muy ramificado (Ellis y col., 1998).

La amilosa tiene un interior hidrofóbico que le permite formar complejos con moléculas no polares, incluyendo ácidos grasos y sus sales, mono y diglicéridos. Las moléculas de amilosa nativa experimentan retrogradación rápidamente, formando un gel opaco y parcialmente cristalino (BeMiller, 1993). La amilosa es un polímero lineal de residuos de glucosa unidos por enlaces  $\alpha$  1-4, mientras que la amilopectina es un polímero ramificado compuesto de cadenas lineales de residuos de glucosa unidos por enlaces  $\alpha$  1-4, con ramificaciones formadas por enlaces glucosídicos  $\alpha$  1-6 (**Figura 1**). (Ellis y col., 1998). La molécula de amilopectina, en solución acuosa, tiene dos dimensiones, lo cual es consistente con la formación de capas y otras propiedades del almidón (García, 2007). Cuando la amilopectina se utiliza como una dispersión molecular formada por calentamiento de una mezcla de almidón y agua bajo condiciones de trabajo mecánico, esta generalmente presenta poca retrogradación, sin embargo, es la que forma los cristales de la porción parcialmente cristalina del gránulo de almidón (BeMiller, 1993).

Los almidones nativos de tubérculos y cereales contienen entre 20 a 25% de amilosa y a causa de esto, están mucho más sujetos al fenómeno de retrogradación

(Cheftel, 1977), lo cual origina una serie de cambios indeseables en algunos alimentos (Coultate, 1987). Los almidones de yuca, papa y maíz ceroso (bajo contenido de amilosa) ensanchan bien y propician una viscosidad elevada y aún a bajas temperaturas retrogradan poco (Cheftel, 1977).



**Figura 1.** Estructura química del almidón. (A) representación esquemática de la molécula de amilosa, estructura química y conformación helicoidal. (B) representación esquemática de la molécula de amilopectina, estructura química y ramificada. Los círculos abiertos y cerrados representan los extremos reductores y no reductores respectivamente.

(Tomado de Laurentin, 2004).

### III.2.c.- Características del almidón.

A nivel granular, los almidones se encuentran empaquetados en estructuras denominadas gránulo, los cuales representan diferentes morfologías dependiendo de su fuente botánica (Gallardo y Bowler, 1987). La ubicación de los gránulos en la planta puede ser variable; se encuentran en tallos, hojas y frutos, pero las principales fuentes de extracción de almidón son las semillas, raíces y tubérculos (Melito, 1998).

Como se describió anteriormente la estructura rígida de los gránulos está integrada por capas concéntricas de amilosa y de amilopectina (distribuidas radialmente), las cuales permanecen inalterables, durante la molienda y la obtención de almidones comerciales. Los gránulos de almidón son birrefringentes, es decir, tienen dos índices de refracción, por lo cual se irradian con luz polarizada y desarrollan la típica “cruz de malta” (Badui, 2006). Esto se debe a que dentro del gránulo de almidón se localizan zonas cristalinas, las cuales están relacionadas básicamente con las moléculas de amilopectina.

El ordenamiento radial de las moléculas de amilopectina determina la formación de zonas cristalinas, mientras que las moléculas de amilosa definen a las zonas amorfas. La asociación de las moléculas de amilosa y amilopectina a través de puentes de hidrógeno, forman estructuras denominadas micelas, lo que da como resultado la insolubilidad del gránulo de almidón en agua fría (Badui, 2006, Tester y col., 2004).

#### **III.2.d.- Gelatinización y retrogradación.**

La gelatinización es quizá la transición más importante del almidón. Es una transición de orden–desorden que sufren los polímeros de almidón sometidos a procesos de calentamiento, lo cual tiene gran impacto en el procesamiento, calidad y estabilidad de los productos elaborados con almidón (Anchundia, 2005). Este fenómeno puede definirse como la ruptura del orden molecular de los gránulos de almidón, lo que trae como consecuencia cambios irreversibles en las propiedades de hinchamiento granular, pérdida de birrefringencia, desarrollo de viscosidad y solubilización de los gránulos de almidón. Los cambios que ocurren en la transición están influenciados por factores intrínsecos como tipo de almidón, tamaño de los gránulos, etc., y por factores extrínsecos, como la velocidad de calentamiento, el contenido de humedad, el daño mecánico de los gránulos, la historia térmica de la muestra y las condiciones de extracción del almidón, entre otras. Durante el proceso, las moléculas de almidón vibran rompiendo los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas de los gránulos, lo que provoca el hinchamiento

por una absorción progresiva e irreversible de agua que, finalmente, se asocian a la estructura (Thomas y Atwell, 1999, Anchundia, 2005, Jiménez, 2007).

Si en este punto se deja enfriar la pasta, ocurre un reordenamiento molecular, las moléculas de amilosa se vuelven a asociar lentamente, formando un precipitado (cristalización) o un gel (formación de una red tridimensional), aumentando nuevamente su viscosidad. Este fenómeno es denominado retrogradación (Badui, 2006). Dicha cristalización es consecuencia de la alineación de las cadenas de poliglucosa que interactúan unas con otras a través de puentes de hidrógeno, incrementando la insolubilidad del cristal en formación (Young, 1984, Kennedy y col., 1987, Biliaderis, 1991).

En resumen, la gelatinización se constituye de tres procesos basados en la termodinámica de no equilibrio (Biliaderis, 1991): a) difusión de agua dentro de los gránulos de almidón, b) fusión caracterizada por una transición hélice-enrollamiento que es facilitada por la hidratación, c) hinchamiento del gránulo como resultado de la desintegración de los cristales.

### **III.3.- Yuca (*Manihot esculenta* C.) como fuente de almidón.**

Las raíces y tubérculos pertenecen a la clase de alimentos que básicamente proveen de energía en la dieta humana de forma de hidratos de carbono. El término raíces y tubérculos se refiere a cualquier planta en crecimiento que almacena material comestible en raíces subterráneas o tallos modificados, tales como estolones, rizomas, cormos o tubérculos (León y Rossel, 2010).

La yuca (*Manihot esculenta* C.), pertenece a la familia *Euphorbiaceae* y responde a diversos nombres vulgares: yuca, mandioca, cassava y tapioca. El valor de la producción del trópico de este cultivo se encuentra entre los rubros más importantes, entre los que se mencionan el maíz, sorgo, papa, arroz, caña de azúcar, entre otros (Montaldo, 1991). Debido a su alto contenido en almidón, la yuca se utiliza junto con el maíz, como las principales fuentes de materia prima para la extracción de almidón

(Thomas y Atwell, 1999). La yuca constituye la principal fuente de calorías para alrededor de 500 millones de personas a nivel mundial y su uso se está incrementando en alimentos como materia prima para las industrias (O'Brien y col., 1992).

Existen dos tipos de yuca: la yuca amarga y la yuca dulce; la primera, de mayor desarrollo, rica en almidón y con un contenido superior de linamarina (glucósido cianogénico), mientras que la yuca dulce es generalmente para consumo directo (Grace, 1987). Una alternativa para minimizar pérdidas en este rubro es la obtención de almidón, el cual presenta características de particular interés en el ámbito industrial como, por ejemplo, una alta pureza, un sabor neutro, fácil hinchamiento y solubilización, desarrollo de viscosidad considerable y una baja tendencia a retrogradar.

De la producción mundial, cerca del 85% se consume en el lugar en que se produce, y de este porcentaje, alrededor de 60% se destina a la alimentación humana, 33% a la alimentación animal y el 7% restante a la producción de almidón y otras biotransformaciones (Alarcón y Dufour, 1998). En Venezuela alrededor de 40% es destinada a consumo humano, 10% para alimentación animal, 15% en la industria de alimentos, 5% en otras industrias y un 30% de pérdidas (Cartay, 2004).

### **III.3.a.- Composición química de las raíces de yuca (*Manihot esculenta* C.).**

El almidón es el principal componente de la raíz de yuca y además de éste, contiene otros hidratos de carbono solubles. El almidón y el azúcar representan aproximadamente el 90% de la materia seca, siendo el primero el componente mayoritario de ésta fracción (Alarcón y Dufour, 1998).

Según los datos del Instituto Nacional de Nutrición (INN, 2001), la yuca aporta 143 calorías por cada 100 g de parte comestible, y sus principales componentes se muestran en la **Tabla 1**, donde se comparan con los valores ponderados de referencia (RDA) para la población venezolana (INN, 2000).

**Tabla 1.** Principales componente de la raíz de yuca (INN, 2001) y valores de referencia (INN, 2000).

<b>Componente</b>	<b>Valor nutritivo/100 g de alimento</b>	<b>Valores de referencia (RDA)</b>
<b>Humedad</b>	61,6 g	-
<b>Proteína</b>	1,1 g	69 g/d
<b>Grasa</b>	0,2 g	-
<b>Carbohidratos</b>	34,2 g (disponibles)	-
	36,5 g (totales)	-
<b>Fibra dietética</b>	2,3 g (total)	-
	1,3 g (insoluble)	-
<b>Cenizas</b>	0,6 g	-
<b>Calcio</b>	29 mg	1000 mg/d
<b>Fósforo</b>	53 mg	670 mg/d
<b>Hierro</b>	0,7 mg	12 mg/d
<b>Magnesio</b>	70 mg	295 mg/d
<b>Zinc</b>	0,55 mg	13 mg/d
<b>Cobre</b>	0,16 mg	2 mg/d
<b>Sodio</b>	15 mg	-
<b>Potasio</b>	344 mg	-
<b>Vitamina A</b>	Trazas	840 mg/d
<b>Tiamina</b>	0,06 mg	1 mg/d
<b>Riboflavina</b>	0,03 mg	1,1 mg/d
<b>Niacina</b>	0,6 mg	14 Eq- mg/d
<b>Ácido ascórbico</b>	35 mg	60 mg/d

En la raíz fresca de yuca, aproximadamente un 80% corresponde al parénquima o pulpa, que es el tejido en el que la planta almacena el almidón. Estudios realizados han permitido evaluar la composición de la raíz de yuca, obteniéndose valores de 70,25% de humedad, 5,13% de azúcares, 1,12% de proteínas, 0,14% de grasa, 1,11% de fibra y 0,54% de cenizas (Grace, 1987). La raíz de yuca, aunque rica en carbohidratos, es a menudo calificada como un tubérculo inferior, debido a su bajo contenido de proteína y a la presencia de un factor antinutricional como es el cianuro (Padmaja, 1995).

Adeyemi y Bradbury (1993) encontraron que las raíces de yuca contienen de 0,1 a 3 mg/kg (bs) de  $\beta$ -caroteno y que, por tanto, es una buena fuente de carotenoides pro-

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

vitamina A, comparado con otras raíces y tubérculos. Omuesti y col. (1995) determinaron que hay una considerable variación de un año a otro, en el contenido de materia seca, vitamina C, almidón y cianuro total en la yuca. Niba y col. (2002) determinaron que el contenido de almidón y fibra varía entre los diferentes genotipos de yuca.

### **III.3.b.- Composición química del almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.).**

En el caso del almidón de yuca, se han reportado valores de contenido de humedad que oscilan entre 8,2 a 14% (Whistler y Paschal, 1967, Wurzburg, 1986, Matos y Pérez, 2003, González y Pérez, 2003). Whistler y Paschal (1967) señalan que la humedad puede variar hasta alcanzar valores de 15% dependiendo de las condiciones de almacenamiento; sin embargo, valores de 18% o mayores traen problemas principalmente por el desarrollo de mohos y otros microorganismos. Pérez, (1994), reportó un contenido de almidón total de 99,5%.

Matos (1996) y Matos y Pérez (2003) indicaron que el análisis químico, revela una alta pureza de almidón (98,12%). Pérez (1994), reportó un contenido de almidón total de 99,5%. El contenido de grasa presentó un valor de 0,17%, cenizas 0,11%, proteína cruda 0,75% y fibra cruda 0,49%.

### **III.4.- Cambur manzano (*Musa AAB*).**

#### **III.4.a.- Aspectos generales y botánicos.**

El término cambur es sinónimo de *Musa* comestibles, también aplicado a los frutos que se comen maduros crudos en este sentido es sinónimo de los términos banano y guineo (Nava y col., 2005). Las especies de *Musaceae* comestibles, se agrupan en la sección *Eumusa* y tienen sus orígenes en *Musa acuminata* Colla y *Musa balbisiana* Colla, ambas silvestres y que por cruzamientos interespecíficos han segregado caracteres, formando una amplia gama de materiales con características de ambas. La primera fue denotada como AA y la segunda BB, contando entonces con diferentes combinaciones genéticas de acuerdo a su ploidía y composición genómica (Simmonds y Shepherd,

1955). Por ejemplo, el grupo genómico AA se compone de variedades que tienen dos genomas de *acuminata* en tanto que el grupo genómico ABB es para variedades que tienen un genoma de *balbisiana*. Los grupos genómicos están divididos en subgrupos que representan variedades que son muy afines unas a otras, o que parecen estar emparentadas (Aular y Cáceres, 2011).

En Venezuela es difícil distinguir su variedad, ya que existen muchos mutantes de dichas especies. En el trabajo de Haddad y OBorges, (2009) refieren que los cultivados y consumidos en Venezuela son de tipo *acuminata* porque poseen un grupo triploide *acuminata*.

El género musáceas representa la cuarta fuente de energía en países tropicales y subtropicales. En Venezuela, el primer renglón frutícola lo constituyen las musáceas como el plátano, cambur y topocho (Martínez y col., 2009).

La planta de cambur es una hierba perenne, monocotiledónea, de gran tamaño, con un tallo falso que produce un racimo único y luego muere (**Figura 2**). Esta planta no produce semillas, sólo se propaga vegetativamente (Nava y Vera, 2004). Los clones cultivados más importantes son el plátano (*Musa* AAB sub-grupo plátano cv. hartón.) y el cambur manzano (*Musa* sp (L.) AAB, sub-grupo Manzano cv. Manzano, 'Silk'), ya que sus frutos son utilizados para alimentación de seres humanos en Venezuela y en diferentes regiones del mundo (Abreu y col., 2007). El cultivo de musáceas es de gran importancia debido a su valor nutritivo, donde destaca el contenido de carbohidratos, el cual es de 35%, siendo transformados a glucosa, sacarosa y fructosa durante la maduración. También presenta 6 a 7% de fibra, 1% de proteína, magnesio, fósforo, calcio, hierro y vitaminas A y C, lo cual cubre las necesidades requeridas en la dieta básica de la población, además, es rico en potasio y representa uno de los alimentos más económicos que existen (Novak, 1992).



A



B

**Figura 2.** (A) planta de cambur donde se observa el racimo junto con el brote floral. (B) clones triploides de cambur con gen acuminata y balbisiana (*Musa AAB*).

(Tomado de Colmenares y col., 2012).

#### **III.4.b.- Características del cambur manzano (*Musa AAB*).**

Entre las distintas variedades que se conocen de banano en Venezuela, una de las que presenta alta demanda es el cambur manzano, debido a su sabor ya que adicionalmente representa una fuente de ingreso para los productores locales, gracias a su gran atractivo para la comercialización

El cambur manzano se caracteriza porque durante su maduración presenta un rápido incremento en la demanda de oxígeno y en la producción de dióxido de carbono hacia la etapa conocido como climaterio, a partir del cual disminuye la actividad respiratoria (Surga, 1988).

El fruto es una falsa baya epígina (fruto accesorio similar a la baya en estructura, pero procedente de plantas en las que la flor posee un ovario ínfero, es decir, ubicado debajo de la inserción de los otros componentes de la flor) de 7 a 11 cm de largo y hasta 5 de diámetro, que forma un racimo compacto. Está cubierta por un pericarpio coriáceo verde en el ejemplar inmaduro y amarillo intenso, rojo o bandeado verde y blanco al madurar. Es de forma falcada (como una hoz), entre cilíndrica y marcadamente angulosa.

La pulpa es blanca a amarilla, rica en almidón y con un sabor dulce cítrico, razón por la que es muy apreciado en Venezuela. De piel muy suave y también comestible (Sosa, 1991).

Belalcazar (1991) menciona que al momento de la cosecha, 100 g de pulpa pueden estar conformados en su mayor parte por agua (66,2%) y otros componente químicos de naturaleza orgánica e inorgánica, como hidratos de carbono (30,7%), proteínas (1,3%), grasas (0,3%), fibra (1,1%), vitaminas y cenizas (0,8%). El número de calorías alcanza un valor de 122.

El cambur manzano también se caracteriza por su fuente importante de carbohidratos que en condiciones de inmadurez están en forma de almidón, y luego se transforma en sacarosa cuando la fruta madura. Cuando avanza la maduración disminuye el contenido de taninos, y por lo tanto se reduce la astringencia que puede ocasionar molestias en algunos consumidores. Son alimentos extremadamente acuosos, y por lo tanto, voluminosos: cerca de las dos terceras partes de las mismas son agua, por lo que son utilizados en la alimentación como fuente de energía (Ly, 2004).

Dentro de los hidratos de carbono, priman por su contenido los polisacáridos y disacáridos, cuya cantidad está relacionada directamente con los proceso de llenado y madurez fisiológica. En relación a los polisacáridos se encuentran principalmente los almidones (23%) y la celulosa (11%), y entre los disacáridos la sacarosa (0,2 – 4,2%) y los monosacáridos (4%) (Belalcazar, 1991).

El potasio se encuentra en gran cantidad en el cambur manzano, es un mineral importante para controlar el equilibrio electrolítico del cuerpo, también es esencial para la función muscular, la transmisión de impulsos nerviosos y el buen funcionamiento del corazón y los riñones. Sin embargo, dado que el cambur es un fruto climatérico, su composición varía con el grado de madurez. En estado inmaduro, el almidón es el carbohidrato que constituye la mayor porción del fruto (Bello y col., 2000), situación que, una vez la fruta madura cambia, producto de una hidrolisis del almidón, tornándose en

este momento la fruta de color amarillo pálido, ahora con un atributo sensorial de sabor dulce (Happi y col., 2007).

#### **III.4.c.- El cambur manzano y su comercialización.**

Actualmente existe una gran demanda por parte de los consumidores hacia las frutas frescas cortadas, donde exigen mayor calidad y frescura en los alimentos tendiendo a ingerir alimentos lo más naturales posible y con propiedades beneficiosas para su salud, que requieran el menor tiempo de preparación posible.

Uno de los atributos más deseables del cambur manzano es su sabor similar al de la manzana, de ahí se deriva su nombre, su exquisito sabor hace posible la mezcla con otras frutas, y es frecuentemente utilizado en postres. Son ideales para ensaladas de frutas y para usarlo en decoración de postres. Sin embargo, una vez cortada la fruta se empieza a observar el pardeamiento enzimático, el cual está relacionado con la oxidación de compuestos fenólicos (generalmente de tipo flavonoides) en presencia de O<sub>2</sub>, estos compuestos se encuentran localizados principalmente en las vacuolas (Yang y col., 2001).

Las reacciones de pardeamiento enzimático durante el almacenamiento y procesamiento de algunos frutos y hortalizas, es debido a la acción de la enzima polifenoloxidasas. Esta enzima ha sido purificada y caracterizada a partir de la pulpa y piel de los plátanos, la cual utiliza como sustrato la dopamina (Yang y Paulson., 2000). La polifenoloxidasas es una enzima que utiliza el oxígeno molecular para catalizar la o-hidroxilación de monofenoles a o-difenoles, y su posterior oxidación a o-quinonas de color marrón. Estas o-quinonas polimerizan y reaccionan con aminoácidos y proteínas para formar complejos marrones, que conducen a modificaciones sensoriales y nutricionales, que conllevan a la depreciación del valor de los alimentos (Kumar y col., 2008).

Es visible como en cuestión de minutos para los alimentos como los cambures, se observa un cambio externo. Para el tratamiento con coberturas comestibles, el cambur manzano se debe manejar bajo condiciones estériles desde el proceso de cortado y luego

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

ser sumergido en el recubrimiento líquido después del corte. Las frutas terminadas se deben colocar en recipientes herméticos, para luego ser transportados al consumidor.

El cambur manzano al formar parte de la merienda de millones de personas en los países tropicales en vías de desarrollo, podría representar una alternativa interesante al ser comercializado como producto mínimamente procesado. Sin embargo, debido a los problemas tecnológicos asociados con este fruto, el uso de coberturas comestibles a base de almidón, podrían solventar este problema permitiendo de esta forma su aprovechamiento tecnológico a nivel comercial, prolongando la vida útil, al reducir la migración de humedad y solutos, minimizando el intercambio de gases, la respiración, los trastornos fisiológicos, así como la velocidad de las reacciones oxidativas (Ramírez, 2003, Rodríguez, 2004, Tapia y col., 2008).

## IV.- MARCO METODOLÓGICO

### IV.1.- MATERIALES

Para la realización de este trabajo se utilizaron raíces de yuca (*Manihot esculenta* C.), las cuales fueron adquiridas en el mercado de Quinta Crespo en la ciudad de Caracas, Venezuela. La procedencia de dicha materia prima es de Guanare, Edo. Portuguesa.

El cambur manzano *Musa AAB* (grado 6 de maduración) fue obtenido en uno de los locales del mercado de Quinta Crespo en la ciudad de Caracas, Venezuela, y cuyo proveedor era la distribuidora de alimentos Sur del lago.

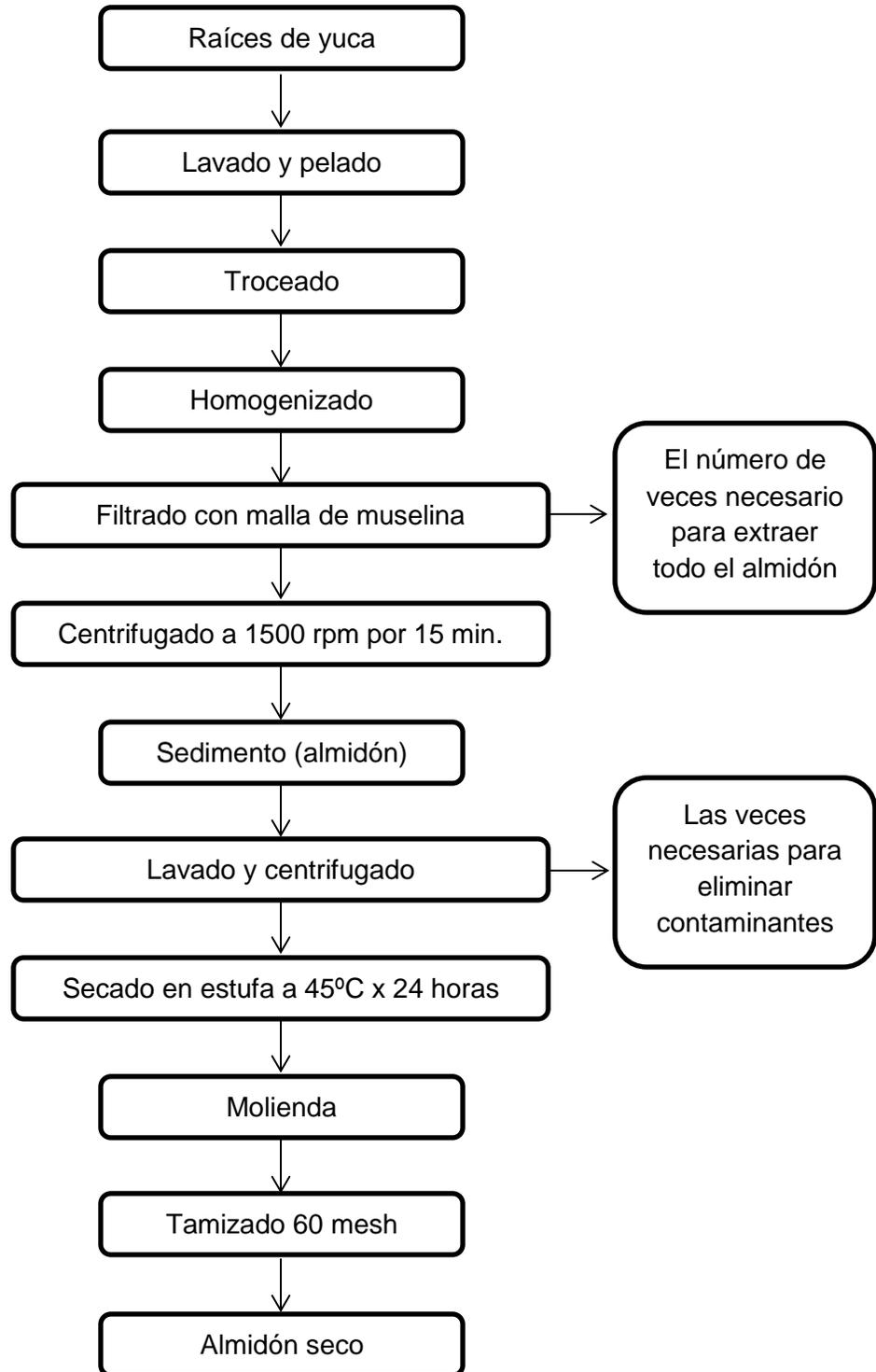
Los equipos para los diferentes análisis fueron facilitados por el Laboratorio de Cereales, Raíces y Tubérculos del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Central de Venezuela.

### IV.2.- MÉTODOS

#### IV.2.a.- Extracción del almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.).

Para la extracción y purificación del almidón de yuca, se siguió el método descrito por Pérez y col., 1993 (**Figura 3**). Se utilizaron 3 kg de yuca, la cual fue pesada, seleccionada y lavada para proceder a pelarla. Seguidamente, se ralló la yuca en un rebanador mecánico. La yuca rallada se homogenizó en una licuadora industrial Mertvisa modelo LQ4, 30129 de capacidad 10 L, hasta disrupción completa del tejido vegetal. Una vez obtenida la lechada, se pasó a través de una malla de muselina. La lechada obtenida se dejó asentar y el agua sobrenadante se eliminó. Posteriormente se centrifugó a 1500 rpm (Centrifuga Damon CRU-500, USA) por 15 minutos y se descartó el sobresaliente. La alta pureza del almidón se logró por medio de centrifugación, ya que se realizaron varios lavados, hasta no observar ninguna capa oscura en la parte superior del sedimento (almidón). Finalmente, el almidón se secó en un deshidratador de bandejas marca Mitchelll Modelo 645159, a 45 °C por 24 horas. Luego, se molió el almidón y se tamizó

empleando un tamiz Tyler con un tamaño de malla de 60 mesh, hasta obtener el almidón nativo de yuca.



**Figura 3.** Esquema tecnológico para la extracción de almidón (Pérez y col., 1993).

## **IV.2.b.- Caracterización del almidón de yuca mediante análisis químicos, físicos y morfométricos.**

### **IV.2.b.1.- Análisis químicos.**

Los análisis de humedad, proteína y cenizas, fueron determinados por triplicado según los métodos oficiales de la AACC (2003), 44-15A; 46-13, 32-10 y 08-01, respectivamente. La determinación de grasa se realizó siguiendo el método descrito por Schoch (1964), como se indica a continuación:

Se pesaron 5 g de almidón en un beaker, se humedecieron con 5 mL de etanol al 95% y se adicionaron 15 mL de HCl 8 N. Se mezcló todo con un agitador de vidrio. Seguidamente, los beakers fueron colocados en un baño de maría entre 70-80 °C por 1 hora, para hidrolizar el almidón. Al finalizar el período de 1 hora, se añadieron 5 mL de etanol. Se dejó enfriar a temperatura ambiente. Luego se transfirió cuantitativamente a un embudo de separación. Para ello los beakers fueron enjuagados con tres porciones de 7 ml de éter dietílico, 3 porciones de 7 ml de éter de petróleo; a continuación el embudo se tapó y se agitó, teniendo la precaución de dejar escapar los gases, abriendo la llave del embudo en intervalos de tiempo durante el mezclado. Con el embudo en posición vertical se retiró la capa etérea, la cual se recogió filtrada en un beaker limpio y previamente pesado. La fase acuosa fue colocada nuevamente en el embudo de separación y se procedió a repetir los lavados con éter dietílico y éter de petróleo. Posteriormente, se dejaron evaporar los solventes en el beaker y se colocó en la estufa a 100 °C por 30 min, para después, pesar y determinar el porcentaje (%) de grasa por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{\text{Peso de grasa (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

El contenido total de almidón o pureza del almidón, se determinó por diferencia del total de los otros constituyentes, presentes en el almidón:

$$\text{Almidón (\%)} = 100 - (\% \text{ proteína cruda} + \% \text{ grasa cruda} + \% \text{ cenizas})$$

#### IV.2.b.2.- Análisis fisicoquímicos.

El pH y la acidez fueron determinados por los métodos oficiales de la AACC (2003) 02-52 y 02-31, respectivamente.

El color se determinó utilizando un Colorímetro Macbeth<sup>R</sup>, modelo color-eye 2445, con escala CIE LAB y estandarizado con una placa blanca cuyos valores son  $L^* = 94,61$ ;  $a^* = -1,17$  y  $b^* = 2,17$ . Considerando el índice de claridad y luminosidad (L), matiz o índice de longitud de onda (a), intensidad de color (b) y el cambio total del color el cual indica el tamaño de la diferencia del color, pero no en qué sentido difieren, se calculó a través de la siguiente fórmula:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2}$$

El valor de  $L^*$  representa una mayor o menor reflectancia de la luz y sus valores pueden variar entre 0 (negro) y 100 (blanco).

Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  representan las coordenadas de cromaticidad, donde hay valores en una coordenada pasando por cero; en el caso de  $a^*$ , los valores positivos indican rojo, el cero representa el color gris y los valores negativos indican verde. En el caso de la coordenada  $b^*$ , los valores positivos indican el color amarillo, cero al color gris y los valores negativos son representados por el color azul.

Adicionalmente, se calculó también el índice de blanco (IB), el cual representa la blancura total de la muestra, de acuerdo a la ecuación usada por Hsu y col., (2003):

$$IB = 100 - [(100-L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$$

La densidad relativa se determinó por el método descrito por Smith y Caruso, (1964) como se describe a continuación:

Se pesó aproximadamente 1 g de almidón y se colocaron en picnómetros llevados a peso constantes, se añade xileno (densidad = 0,865 g/mL) hasta llenar, se pesaron y se anotó la temperatura. Para la determinación de densidad se utiliza la siguiente ecuación:

$$D \text{ (g/mL)} = \frac{a \times D_x}{b + a - c}$$

Dónde:

$D_x$  = Densidad del xileno

$a$  = peso del almidón

$b$  = peso del picnómetro lleno de xileno

$c$  = peso del picnómetro con almidón y xileno

#### **IV.2.b.3.- Análisis morfométrico.**

El análisis morfométrico (forma de los gránulos de almidón), se realizó de acuerdo a la metodología descrita por Sívoli y col., (2005). Una pequeña porción del almidón estudiado se colocó sobre una lámina portaobjeto, luego se añadió una gota de agua, y se dispersó con un aplicador, posteriormente se colocó una lámina cubreobjeto.

Se observaron los gránulos de almidón en el microscopio con un filtro de luz polarizada, con el cual se visualizó la cruz de “malta”.

#### **IV.2.b.4.- Consistencia del gel.**

La consistencia del gel se determinó por el método descrito por Cagampang y col., (1973) como se indica a continuación:

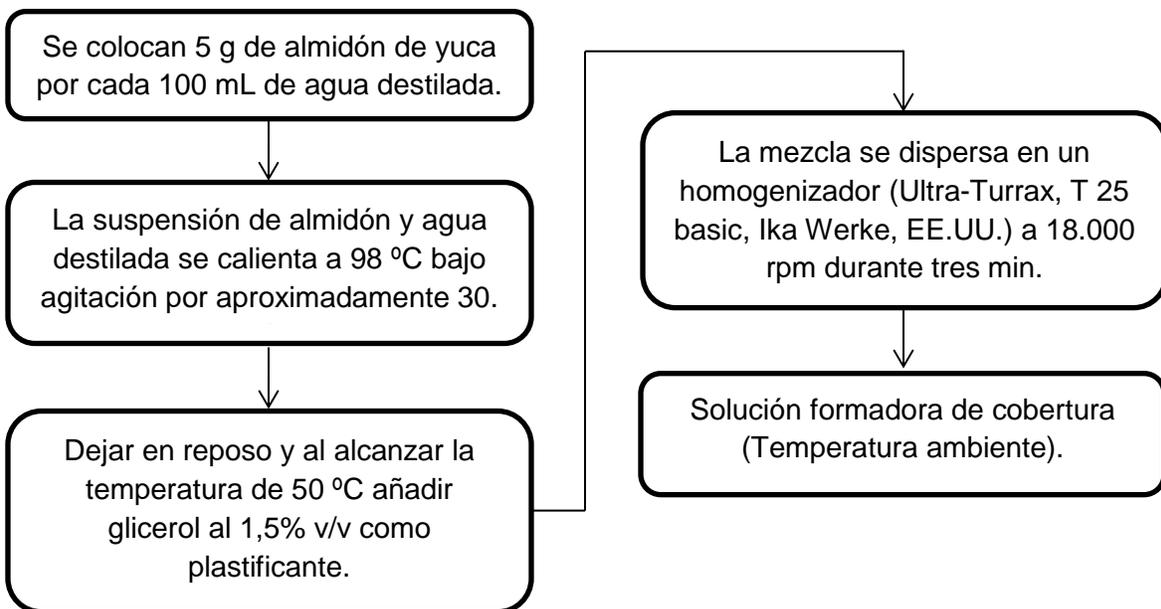
Se pesaron 100 mg de muestra y se colocaron en un tubo de ensayo de 13 x 100 mm, se agregó 0,1 mL del indicador azul de timol (etanol al 95% y azul de timol al 0,025%) y 1 mL de hidróxido de potasio 0,2 N. Luego se agitó en un vórtex; el tubo se cubrió con una metra y se calentó en un baño de agua hirviendo por 8 minutos. Transcurrido el tiempo, se removió del baño el tubo y se dejó reposar por 5 minutos. Después el tubo se enfrió en un baño de hielo por 15 minutos, se colocó el tubo en forma

horizontal sobre un papel milimetrado y se dejó reposar por 30 minutos. La longitud en milímetros del gel formado, medida desde el fondo del tubo hasta el frente del gel, es el valor de consistencia de la pasta en frío.

#### IV.2.c.- Preparación de las coberturas comestibles.

Para la elaboración de las coberturas comestibles se utilizó la metodología descrita por Romero y col., (2005) con algunas modificaciones, como se describe a continuación (Figura 4).

Se pesaron 5 g de almidón de yuca y se suspendieron en 100 mL de agua destilada, luego se colocó la mezcla en una plancha de calentamiento bajo agitación hasta alcanzar una temperatura de 95°C, la cual fue mantenida por 10 minutos. Posteriormente, al alcanzar la temperatura ambiente, se adicionó 1,5 % v/v de glicerol y se dispersó en un homogenizador (Ultra-Turrax, T 25 basic, Ika Werke, EE.UU) a 18.000 rpm durante tres minutos.



**Figura 4.** Esquema para la elaboración de las coberturas comestibles a base de almidón de yuca. Fuente: Modificado de Romero y col., 2005.

#### **IV.2.d.- Caracterización fisicoquímica de las coberturas comestibles a base de almidón.**

A las coberturas comestibles elaboradas a partir de almidón de yuca se les realizaron análisis de humedad, color, grosor, pH y actividad de agua.

##### **IV.2.d.1.- Determinación de humedad.**

La humedad se determinó por el método oficial de la AOAC (1980) 14.003.

##### **IV.2.d.2.- Determinación de color.**

La determinación de color se realizó a la solución formadora de cobertura, utilizando un colorímetro Macbeth<sup>R</sup> modelo color-eye 2445, que fue calibrado con un prisma blanco. Los parámetros medidos fueron: índice de claridad y luminosidad (L) y las coordenadas de cromaticidad ( $a^*$  y  $b^*$ ).

##### **IV.2.d.3.- Determinación del pH y $a_w$ .**

El pH se midió utilizando un potenciómetro (pH-metro) digital (Modelo Hanna), calibrado con soluciones buffer a pH 4,0 y pH 7,0. La actividad de agua ( $a_w$ ) de las coberturas se determinó por triplicado, empleando un equipo psicrométrico Aqualab CX-2 (Decagon, Pullman, Washington, EE.UU) previamente calibrado con agua destilada a 25 °C.

##### **IV.2.d.4.- Viscosidad de la solución formadora de cobertura.**

A la SFC se les fue determinada la viscosidad. Este parámetro se determinó mediante la utilización de un viscosímetro Brookfield (Synchro-Lectric Viscosimeter) modelo LVF.

##### **IV.2.d.5.- Determinación del grosor.**

La determinación del grosor de las coberturas comestibles se realizó mediante la utilización de un micrómetro. Se realizaron cortes transversales de los cilindros de cambur manzano, obteniéndose secciones de un espesor aproximado de 1mm. Con ayuda de un micrómetro, adaptado al ocular de un microscopio de luz marca NIKON modelo HFX-DX

(Japón), se procedió a medir 5 puntos distintos de cada sección obtenida y se calculó el promedio. Se determinó el grosor a 4 secciones por tratamiento. Los resultados obtenidos del micrómetro se transformaron a unidades milimétricas.

#### **IV.2.e.- Recubrimiento de los cambures manzano (*Musa AAB*) con las coberturas en tres dimensiones y a diferentes tiempos.**

Los cambures manzanos (grado 6 de madurez, siendo totalmente verde de grado 1 y totalmente maduro de grado 7) se pelaron y cortaron manualmente en dos formas distintas, en cilindros de 25 mm de altura, en tajadas de 10 mm de espesor y otros se dejaron enteros. Posteriormente se siguieron los pasos mostrados en la **Figura 5**.

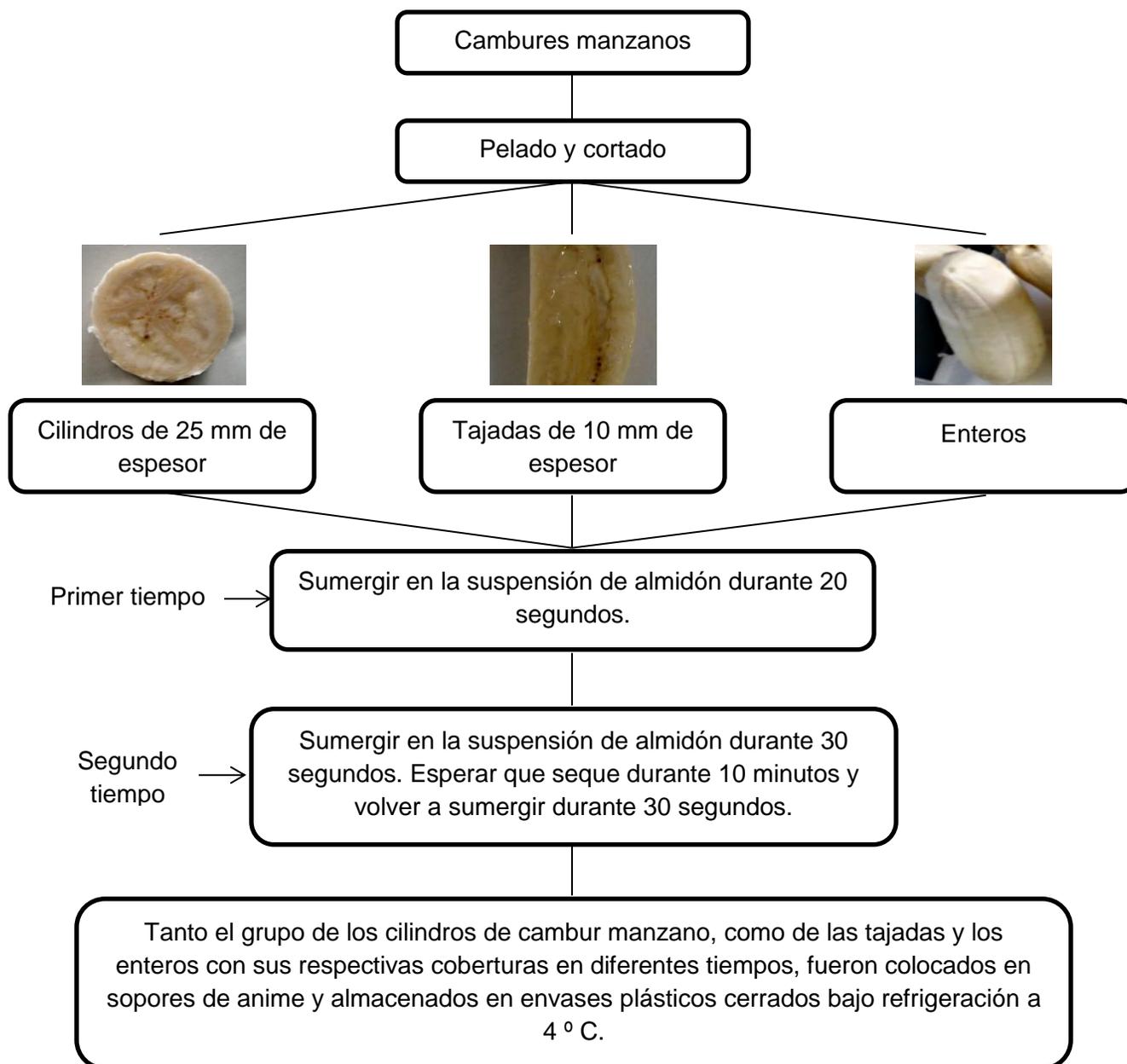
Tanto los cambures enteros como los cortados en dos dimensiones se sumergieron en la cobertura en diferentes tiempos:

Primer tiempo: cada uno de los cambures enteros, cilindros y en tajadas se sumergen inmediatamente después del corte en la solución de cobertura elaborada a partir de almidón de yuca durante 20 segundos.

Segundo tiempo: cada uno de los cambures enteros, cilindros y en tajadas se sumergen inmediatamente después del corte en la solución de cobertura elaborada a partir de almidón de yuca durante 30 segundos. Luego se esperó que se secase durante 10 minutos y se volvió a sumergir el cambur durante 30 segundos.

Para cada tiempo, se utilizaron 30 trozos de cambures manzanos (10 en cilindros, 10 en tajadas y 10 enteros). Los cambures recubiertos se almacenaron en envases de plástico y se analizaron a los 0, 3, 5 y 7 días de almacenamiento en refrigeración a 4 °C. También se preparó un lote de cambur manzano enteros, cilindros y tajadas sin cobertura y se almacenaron en envases de plástico, de manera que para cada día de análisis se utilizara una muestra control. Es importante mencionar que para los análisis químicos y físicos se preparó un lote de cambur manzano con cobertura y otro sin cobertura, para los

análisis microbiológicos se preparó un segundo lote y para la evaluación sensorial se preparó un tercer lote.



**Figura 5.** Esquema de procedimiento usado para el recubrimiento de los cambures manzanos cilindros, tajadas y enteros.

#### **IV.2.f.- Estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura.**

Se evaluó la estabilidad física y química durante almacenamiento refrigerado a 4 °C de muestra de cambures manzano (con dos tipos de corte: cilindros y tajadas, y enteros). Los parámetros determinados durante la estabilidad se muestran a continuación.

##### **IV.2.f.1.- Determinación de la pérdida de peso.**

Las muestras se pesan al comienzo del almacenamiento (día 0), día 3, 5 y 7. Los resultados se expresan en porcentaje de peso perdido.

##### **IV.2.f.2.- Desarrollo de color en la superficie.**

La determinación de color se realizó por triplicado, utilizando un Colorímetro Macbeth<sup>R</sup>, modelo color-eye 2445, calibrado con un prisma blanco (a= -1,17, b= 2,17, L= 94,61). Los parámetros medidos son L, a y b, el cambio total del color el cual indica la diferencia del color con respecto al color inicial, se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$\Delta E = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{1/2}$$

##### **IV.2.f.3.- Determinación del pH y $a_w$ .**

El pH se determinó por triplicado mediante la utilización de un potenciómetro (pH – metro) digital (Modelo Hanna) calibrado con solución buffer 4,0 y 7,0. La actividad de agua se efectuó por triplicado mediante el empleo del equipo psicrométrico Aqualab Cx-2 (Decagon, USA) previamente calibrado con agua a 25 °C.

##### **IV.2.f.4.- Determinación de humedad.**

La humedad se determinó según el método 986.21 del manual AOAC, 1990.

##### **IV.2.f.5.- Apariencia de la cobertura y microscopía óptica.**

Se tomaron rodajas del cambur manzano recubiertas y se realizaron cortes transversales para ser observados en un microscopio Nikon Eclipse E 200. Se observaron

las imágenes de las distintas cubiertas sumergidas en solución de lugol, para observar con detalle, utilizando un aumento de 20x.

#### IV.2.f.6.- Determinación de textura.

La dureza es uno de los parámetros que conforman el análisis de perfil de textura. Este análisis consiste en comprimir dos veces un trozo de alimento, en un movimiento que imita la acción de la dentadura. Este análisis emite una curva de fuerza vs. tiempo a partir del cual se obtienen muchos parámetros de textura, de los cuales muchas veces no todos son de interés para el alimento que se esté evaluando (Rodríguez, 2004).

En el caso de cilindros de cambur manzano, en el presente trabajo el parámetro de interés es la dureza. La dureza es definida como el máximo pico de fuerza durante el primer ciclo de compresión y es a menudo sustituido por el término de firmeza. La dureza fue medida a través de un texturómetro TA.XT2 (Stable Micro Systems), la misma será expresada en Newtons. Los parámetros de medición se muestran en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Condiciones de ensayo de los análisis de perfil de textura de las muestras de cambur manzano recubiertas con una cobertura a base de almidón.

<b>Condiciones del Ensayo</b>	
Plato de compresión	P/75
Diámetro externo del plato	75 mm
Velocidad de pre-ensayo	2 mm/seg.
Velocidad de ensayo	1 mm/seg.
Velocidad de post-ensayo	10 mm/seg.
Distancia de compresión	50%
Tiempo	5 seg.
Celda	5 Kg.
Plato de compresión	P/75

#### **IV.2.g.- Estabilidad microbiológica durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzano enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura.**

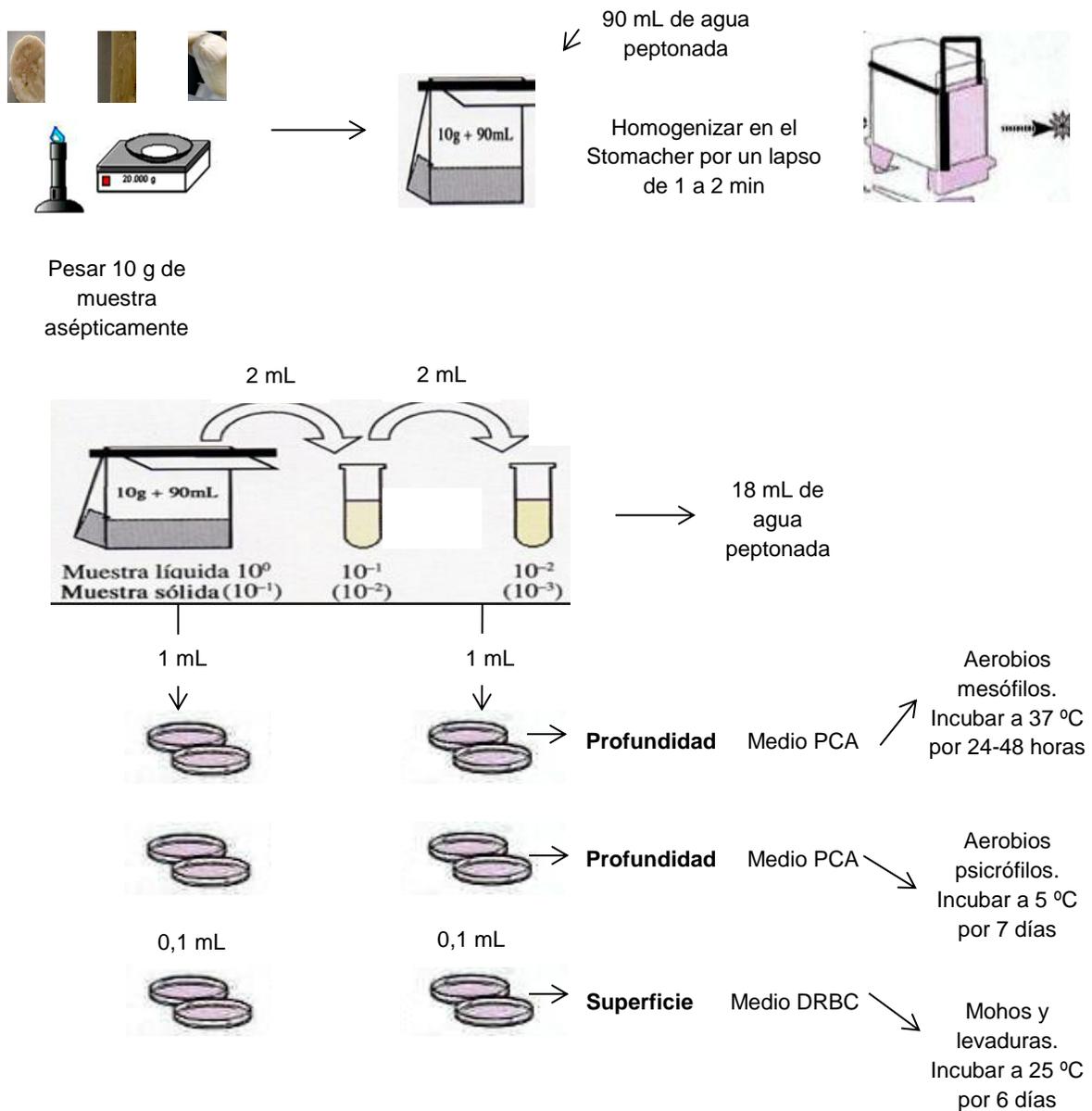
El recuento de los microorganismos aerobios mesófilos y psicrófilos se realizó de acuerdo a la norma COVENIN 902:1987; y para el recuento de mohos y levaduras se empleó la norma ISO 7954:1987 pero utilizando agar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC).

Se realizaron diluciones añadiendo 90 mL de agua peptonada a los 10 g de la muestra (cambur manzano en cilindro, tajada y entero recubierto y no recubierto) (**Figura 6**). Seguidamente se sembró en diferentes agares como el agar para recuento en placas (PCA) para los aerobios mesófilos y psicrófilos, y el agar Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC) para los mohos y levaduras. Las placas fueron posteriormente incubadas a 35-37°C durante 24-48 horas (aerobios mesófilos), 5-7°C durante 7 días (aerobios psicrófilos) y temperatura ambiente (25°C) por 6 días (mohos y levaduras).

#### **IV.2.h.- Estabilidad sensorial durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzano enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura.**

Las piezas de cambur manzano así como las piezas control se evaluaron sensorialmente en cuanto a los atributos de color, olor, sabor, textura y global, por un grupo de panelistas no entrenados y de ambos sexos (10 panelistas), utilizando una escala hedónica de 9 puntos que indicará los distintos niveles de aceptación (ver anexos, apéndice A). Las evaluaciones se realizan a los días 0, 2, 4, y 6 ó hasta que las muestras (almacenadas a 4 °C) dejen de ser aceptada por los panelistas.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).



El procedimiento se siguió tanto para los cambures manzanos en cilindro recubiertos en dos tiempos y cambures manzanos sin cobertura, así como para los cambures manzanos en tajadas y enteros.

**Figura 6.** Esquema del procedimiento usado para el conteo de aerobios mesófilos, aerobios psicrófilos, mohos y levaduras mediante plaqueo en profundidad y superficie.

#### **IV.2.h.1.- Determinación del índice de calidad y el atributo de calidad.**

Se realizó una encuesta, previo a los estudios de estabilidad en almacenamiento, a 30 personas para obtener el porcentaje de preferencia que el consumidor le confiere a los distintos atributos sensoriales que se evalúan en el estudio.

Se utilizó la metodología descrita por Carrasco y col. (2002) para determinar la calidad total, la cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Calidad} = \text{Color} \times \%c + \text{Olor} \times \%o + \text{Sabor} \times \%s + \text{Textura} \times \%t$$

Dónde:

%c: importancia conferido por el consumidor al atributo color

%o: importancia conferido por el consumidor al atributo olor

%s: importancia conferido por el consumidor al atributo sabor

%t: importancia conferido por el consumidor al atributo textura

### **IV.3.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para determinar diferencias significativas entre los distintos tratamientos (cambures manzanos recubiertos en tres dimensiones y a diferentes tiempos) utilizados en todas las fases del trabajo, se utilizó el programa estadístico Stat Graphics Versión 6.0. Estos análisis se efectuaron mediante un análisis de varianza multifactorial (ANOVA) y un análisis a posteriori (LSD).

## V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### V.- Caracterización química, fisicoquímica y morfométrica del almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.).

#### V.1.a.- Caracterización química del almidón.

Luego de la extracción del almidón de yuca, se realizó la caracterización del mismo. En la **Tabla 3** se presentan los valores obtenidos para la composición química del almidón de yuca.

Las características químicas iniciales son muy importantes en cualquier muestra alimenticia que se le aplique algún proceso, ya que estas mediciones reflejan las condiciones en las que se encuentra el alimento antes de ser sometido al procesamiento que se le quiera aplicar (Ramírez, 2003).

**Tabla 3.** Caracterización química en base seca del almidón de yuca nativo (*Manihot esculenta* C.).

Parámetro	Valores promedios (%)
Humedad	7,70
Proteína cruda <sup>1</sup>	0,42
Grasa cruda	0,18
Cenizas	0,14
Almidón total (*)	99,23

Los valores son el promedio de tres determinaciones.

<sup>1</sup> N x 6,25.

(\*) Calculada por diferencia.

El valor de humedad obtenido en el presente trabajo fue inferior a los referidos por Matos, 1996 (8,5%); Ciarrfella, 2009 (8,24% con un límite máximo de 13,86%) y Gutiérrez, 2013 (9,1%). El contenido promedio de humedad obtenido se encuentra en 7,70%, valor que según Radley (1976), se encuentra dentro del rango aconsejable para el almacenamiento seguro de almidones y harinas. Moorthy (2002) señala que el contenido de humedad de los almidones varía entre 6 – 16% dependiendo del proceso de secado,

contenidos superiores pueden conducir a daño microbiano y subsecuente deterioro de la calidad, además de impedir el flujo del material debido al apelmazamiento de las partículas.

Con respecto al contenido de proteína cruda se reportó 0,42%. Algunos autores reportan un contenido de proteína en almidón de yuca inferiores al obtenido en este trabajo, Lorenz, 1982 (0,14%), Kaneda y col., 1996 (0,03%), Becker y col., 2001 (0,1%), Peroni y col., 2006 (0,20%), Zaidul y col., 2007 (1%). También se han reportado contenidos de proteína superiores al de este trabajo, como los obtenidos por Matos (1996) de 0,75% y Alvis y col. (2008) entre 0,60% y 0,61%. Un alto contenido de proteína en los almidones puede afectar sus propiedades funcionales y la de los productos con ellos elaborados, y como lo señalan Aristizábal y Sánchez (2007) indican un proceso de extracción ineficiente.

El valor de grasa cruda presentó un valor superior al indicado por Ciarfella (2009) (0,08% y 0,15%) e inferior al encontrado por Alvis y col. (2008) (0,30% y 0,32%). El contenido de lípidos observado en este trabajo (0,18%) para el almidón de yuca está entre los valores reportados para la mayoría de las raíces y tubérculos, Lorenz, 1982 (0,17%), Matos, 1996 (0,15%), Becker y col., 2001 (0,1%), González y Pérez, 2003 (0,12%). Las grasas pueden afectar las propiedades fisicoquímicas y las características de “*pasting*” de los almidones, ya que puede formar complejo con la amilosa, lo que impide la hidratación del gránulo y retarda la gelatinización de los mismos. La presencia de cantidades apreciables de grasa también puede generar problemas de enranciamiento y mal olor durante el almacenamiento de los mismos (Iwuoha y col., 1997).

En cuanto al contenido de cenizas, este fue de 0,14%, otros autores han reportado un contenido de ceniza para el almidón de yuca entre 0,11 y 0,21 % como Matos (1996), Gunaratne y Hoover (2002), González y Pérez (2003), Peroni y col. (2006) y Gutiérrez

(2013). La cantidad de constituyentes inorgánicos presentes, medidos como el contenido de cenizas, puede ser indicativo de la cantidad de iones metálicos enlazados al almidón nativo. Además, puede indicar la calidad y pureza del almidón.

El contenido de almidón total, el cual presentó un valor de 99,23%, es un reflejo de una alta pureza. Pérez (1994) al evaluar la composición química del almidón de yuca encontró igualmente un alto valor para el almidón total (99,5%) y trazas de los otros componentes. En este sentido, los valores relativamente bajos, obtenidos en el presente trabajo para el resto de las fracciones constituyentes, tales como: proteína, grasa y ceniza permiten considerarlas como trazas. Pérez y col. (2005) señalan que el almidón total es dependiente, no solo de la fuente botánica, sino también del método de extracción que deja pequeñas cantidades de minerales y otros compuestos.

Los resultados obtenidos para la composición química del almidón de yuca son característicos de este almidón. Diferencias observadas entre estos y los referidos en la literatura pueden ser atribuidas a características propias de las muestras evaluadas, tales como variedad agronómica, condiciones de cultivo; así como también al método de extracción al cual ha sido sometido el almidón, y a la metodología y equipos utilizados para la determinación de cada componente evaluado.

#### **V.1.b.- Caracterización fisicoquímica del almidón.**

En la **Tabla 4** se muestran los resultados obtenidos para la caracterización fisicoquímica evaluadas del almidón de yuca.

El pH y la acidez constituyen un índice de calidad importante en los alimentos. En los almidones son indicadores de la aplicación de algún método de modificación química, fermentación o el uso de aditivos. Además, permite determinar si el mismo ha sufrido algún tipo de deterioro fisicoquímico o microbiológico.

En el presente trabajo se obtuvo un pH del almidón de yuca de 6,1. Otros autores han reportado que el pH de los almidones de yuca se encuentra entre 3,30 y 5,65 (Gutiérrez y Schultz, 1992), 6,9 (Numfor y col., 1995), 5,4 (Matos, 1996), 6,8 (Gutiérrez, 2013). Estas diferencias pueden ser debidas a variaciones fenotípicas y genotípicas de las raíces de yuca, las cuales se desconocen. También podría influir el tipo de clima y la zona geográfica donde son cosechadas estas raíces.

**Tabla 4.** Caracterización fisicoquímica del almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.).

<b>Parámetro</b>	<b>Valores promedios</b>
<b>pH</b>	6,1
<b>Acidez titulable (meq de NaOH/100g)</b>	0,19
<b>Luminosidad (L*)</b>	98,6
<b>Matiz (a*)</b>	-0,31
<b>Intensidad (b*)</b>	2,11
<b>Cambio total (<math>\Delta E</math>)</b>	4,08
<b>Índice de Blancura</b>	98,20
<b>Densidad aparente (g/mL)</b>	1,003

Los valores son el promedio de tres determinaciones.

La medición de acidez indica la presencia de ácidos orgánicos en los almidones, que pueden influir en el color, sabor y estabilidad de los mismos (Blanshard, 1987). El valor de acidez titulable obtenido para el almidón de yuca permite caracterizarlo como un almidón de relativa alta acidez (0,19 meq NaOH/100g). Pérez (1994) refiere un valor de acidez de 0,68 meq NaOH/100g, para almidón de yuca. Por otro lado, Gutiérrez (2013) reportó un valor de acidez para el almidón de yuca similar al obtenido en este trabajo (0,17 meq NaOH/100g).

El color representa un indicativo de calidad en cuanto a su pureza, contaminación o de infestación del almidón (Aristizábal y Sánchez, 2007). Con respecto a la luminosidad

y claridad ( $L^*$ ), la misma fue de 98,6. El valor obtenido nos indica que almidón tiene alta tendencia al blanco. Gutiérrez (2013) reportó un valor de luminosidad de 99,32 un valor un poco mayor al reportado en este estudio.

En lo que se refiere al matiz ( $a^*$ ), en una escala de verde (valores negativos) a rojo (valores positivos), se obtuvo un matiz de -0,31, por lo que el almidón presentó una ligera tonalidad verde, debido quizás a la presencia de trazas de clorofila.

El valor de intensidad ( $b^*$ ), en una escala de azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos), fue de 2,11, por lo que el almidón presentó una tonalidad amarilla, esto puede ser debido a la presencia de algunos pigmentos como los carotenoides.

La magnitud de cambio de color ( $\Delta E$ ) fue de 4,08, la cual se midió con los valores obtenidos de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  del almidón de yuca con respecto al prisma blanco (placa de calibración del equipo). En colorimetría, la manera de cuantificar la diferencia de color entre un estándar y la muestra de producción es a través de las ecuaciones de diferencias de color, las cuales, matemáticamente corresponden a la distancia geométrica, en un sistema cromático determinado, entre las coordenadas del estándar y las de la muestra (Carranza, 2000). Este valor nos indica que tan diferente es el almidón de yuca y el estándar, al ser este valor de 4,08 se puede considerar que representa poca diferencia de blancura, lo que es corroborado por el valor de  $L^*$  y el Índice de Blanco.

También fue determinado el índice de blancura, el cual representa la blancura total según Hsu y col. (2003), observándose para el almidón de yuca con un valor de 98,20. Gutiérrez (2013), reportó valores similares al obtenido en este estudio (99,11). Hsu y col. (2003), utilizaron este índice para observar el mayor grado de blancura entre sus harinas de ñame que habían sido sometidas a distintos procesos de secado.

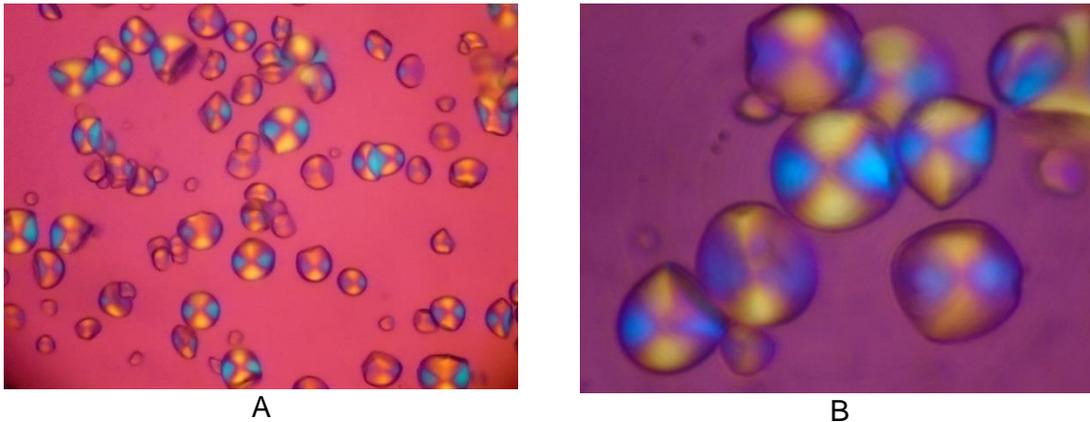
En cuanto a la densidad aparente del almidón de yuca, fue de 1,003 g/mL, este valor es ligeramente menor comparado con el reportado por Gutiérrez (2013) para el almidón nativo de yuca (1,007 g/mL). Galíndez, (1993) señala que la densidad es característica de cada producto y permite definir algunas propiedades de manejo que se deben tener en cuenta para su procesamiento. Tener conocimiento de su valor es importante en los proceso de separación de sólidos, tales como, sedimentación y centrifugación, así como también en el transporte neumático e hidráulico de polvos y partículas. Ella presenta gran importancia en la industria de alimentos, debido a que las materias primas son sometidas a procesos de agitación, mezclas, transporte, centrifugación, almacenamiento entre otros. Además, cuando un almidón presenta valores altos de densidad su estructura granular es más compacta y existe una menor capacidad de formar enlaces con el agua.

#### **V.1.c.- Análisis morfométrico.**

La observación microscópica bajo luz polarizada provee información en relación a la organización molecular de los gránulos de almidón. La birrefringencia de los gránulos indica un alto grado de orientación molecular (Pérez y col., 2012). Cuando se observa la cruz de malta bien definida en los gránulos de almidón, indica que existe un alto grado de organización por el arreglo ordenado en forma radial de las cadenas de amilosa y amilopectina.

Las micrografías del gránulo de almidón de yuca bajo microscopia de luz polarizada (**Figura 7 a y b**), revelaron la forma característica de huevo truncado, ovalado y esférico (Sívoli y col., 2005). Se observa la Cruz de Malta bien definida, al igual que los bordes de los gránulos y pequeñas aglomeraciones, indicando que el almidón no está gelatinizado, este es una técnica rápida para ver el grado de gelatinización del almidón. También se observan gránulos con algunas deformidades y con diversidad de tamaños.

En la bibliografía se han reportado tamaños del gránulo de almidón de yuca entre 5-35  $\mu\text{m}$  (Pérez y col., 2005), y que varían entre 6 y 17  $\mu\text{m}$  (Gregorová y col., 2006), y entre 21,4 y 23,2  $\mu\text{m}$ , de forma esférica/lenticular y distribución bimodal, siendo más representativos los grandes con formas truncadas. Los gránulos de almidón tienen una forma y un tamaño definido atendiendo a su fuente, en algunas aplicaciones de almidones el tamaño y la forma definen el comportamiento del producto terminado. Es importante señalar, que dependiendo de la fuente botánica la cruz de malta se observa de diferentes maneras. Sin embargo, en todos los casos, la presencia de la cruz de malta nos indica que existe un orden dentro del gránulo (Segovia, 2010).



**Figura 7.** Microfotografías de luz polarizada de gránulos de almidón de yuca con aumento de 750 X (A) y 1500X (B).

#### **V.1.d.- Consistencia del gel.**

La consistencia indica la estabilidad de la pasta, este parámetro está relacionado con el contenido de amilosa de un almidón al enfriarse (Bou Rached y col., 2006). Klucinec y Thompson (2002), señalan que las redes que conforman un gel de almidón se forma como resultado de los enlaces presentes entre las moléculas del polímero de almidón y que por lo tanto el contenido de amilosa como de amilopectina afectan las propiedades de los geles. El valor obtenido para la consistencia se muestra en la **Tabla 5**, observándose que el almidón de yuca presentó una consistencia de 113 mm/30min., este resultado nos indica que el almidón se comporta como una pasta relativamente fluida a

temperatura ambiente y que desarrolla un gel considerablemente débil, ya que el recorrido en frío fue largo. Consideraciones similares a estas fueron referidas por Pérez (1994) y Gutiérrez (2013) al evaluar almidón de yuca y compararlo con otros almidones de raíces.

**Tabla 5.** Consistencia del gel del almidón de yuca a los 30 min.

<b>Parámetro</b>	<b>Almidón de yuca</b>
<b>Consistencia del gel (mm)</b>	113

El valor es el promedio de tres determinaciones.

## **V.2.- Caracterización fisicoquímica de las coberturas comestibles a base de almidón de yuca.**

Luego de la elaboración de las coberturas comestibles descrita en la sección de materiales y métodos, se prosiguió a determinar un conjunto de características físicas y químicas, las cuales nos permiten predecir su comportamiento a la hora de ser incorporados en un alimento en forma de cobertura. Los resultados se muestran en la **Tabla 6.**

**Tabla 6.** Parámetros fisicoquímicos de las coberturas a base de almidón de yuca.

<b>Parámetro</b>	<b>Solución formadora de cobertura a base de almidón de yuca</b>
<b>Humedad (%)</b>	24,86 ± 0,16
<b>Aw (%)</b>	0,49 ± 0,008
<b>pH</b>	6,28 ± 0,01
<b>Luminosidad (L*)</b>	21,92 ± 0,09
<b>Matiz (a*)</b>	-0,39 ± 0,02
<b>Intensidad (b*)</b>	-3,11 ± 0,04
<b>Viscosidad (centipoise)</b>	96,2

Los valores son el promedio de tres determinaciones.

La humedad está determinada por la estructura química de la solución formadora de cobertura. De acuerdo con la **Tabla 6**, se puede señalar que la SFC posee una humedad de 24,86%. Gutiérrez (2015) reportó valores más altos de contenido de humedad para películas a base de almidón de yuca (34%). Por otra parte, Pinargote y Gálvez (2015) obtuvieron valores ligeramente más bajo de contenido de humedad para coberturas a base de almidón de yuca (21%). Un mayor contenido de glicerol puede influir en un mayor contenido de humedad, debido a que la interacción glicerol-amilopectina no es eficiente, lo cual genera un efecto de dispersión dentro de la estructura química del material termoplástico, trayendo como consecuencia una disminución en las interacciones entre las macromoléculas de almidón-almidón, lo que facilitaría la absorción de agua de los alrededores, causando esto mayores contenidos de humedad (Flores y col., 2007, Hu y col., 2009).

En cuanto al valor de actividad de agua encontrada para la solución formadora de cobertura, fue de 0,49%. La humedad y la actividad de agua se encuentran directamente relacionadas, mientras mayor sea el contenido de humedad mayor será la actividad de agua (Gutiérrez, 2015). Resultados similares fueron encontrados por Pinargote y Gálvez (2015) para coberturas a base de almidón de yuca, con un valor de 0,46. La determinación de  $a_w$  en las coberturas comestibles, nos da una idea de sus propiedades mecánicas, así como también de sus propiedades de barrera (Yang y Paulson, 2000).

En la **Tabla 6**, se reporta el valor de pH para la solución formadora de cobertura de almidón de yuca, presentando un valor de 6,28. Este valor es ligeramente superior al obtenido por Pinargote y Gálvez (2015), quienes obtuvieron un valor de pH para coberturas comestibles a base de almidón de yuca de 5,56. Rodríguez (2004) determinó el pH en una solución formadora de película de goma gelano obteniendo un valor de 5,92. El valor de pH es característico de cada solución formadora de cobertura, ya que depende

de la matriz utilizada, así como también de los polioles utilizados y sus cantidades, y del proceso utilizado para su elaboración.

En cuanto al color en la **Tabla 6**, se muestran los resultados para los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la solución formadora de cobertura a base de almidón de yuca. El índice de luminosidad ( $L^*$ ) fue de 21,92, lo cual nos indica que la cobertura tiende a ser oscura, es decir, mientras más cercano a cero sea el valor de luminosidad, más transparente será la solución formadora de cobertura. De acuerdo a Thunwall y col., (2008) una menor interacción almidón-plastificante (amilosa-glicerol), favorece el hecho de tener coberturas más transparentes. Rodríguez (2004) obtuvo un valor mayor de luminosidad (36,78) para una solución formadora de película de goma gelano.

Con respecto al parámetro  $a^*$  o matiz el valor obtenido para la solución formadora de cobertura mostró una ligera tendencia hacia valores negativos (-0,39), lo cual indica la presencia del color verde.

En cuanto a la intensidad de color  $b^*$ , se observa que la solución formadora de cobertura presentó valores negativos (-3,11), lo que señala una tendencia del mismo al color azul.

La **Tabla 6** presenta el valor de viscosidad en *centipoise (cpc)* obtenido con el viscosímetro Brookfield. El resultado obtenido para la solución formadora de cobertura fue de 96,2 *cps*. Este valor es superior al obtenido por Rodríguez (2004), quien presentó una viscosidad de 52 *cps* para la solución formadora de película de goma gelano, indicando que la viscosidad obtenida en este trabajo fue mucho mayor. La viscosidad puede afectar el grosor de las coberturas comestibles.

#### **V.2.a.- Grosor de las coberturas comestibles.**

En la **Tabla 7** se presentan los valores de la determinación de grosor utilizando micrómetro en observaciones bajo el microscopio de luz, de las coberturas de almidón de yuca en cilindros de cambur manzano sumergidos a distintos tiempos.

**Tabla 7.** Grosor de las coberturas comestible de almidón de yuca.

<b>Tratamiento</b>	<b>mm<sup>1</sup></b>
<b>Primer tiempo</b>	0,1336
<b>Segundo tiempo</b>	0,3273

<sup>1</sup>Promedio del grosor de 4 coberturas por tratamiento.

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

El grosor de las coberturas depende esencialmente de la técnica de aplicación sobre el alimento y de la viscosidad de la solución (Debeaufort y col., 1998). Esto se puede evidenciar en los resultados obtenidos en la **Tabla 7**, donde el grosor de la cobertura en los cilindros de cambur manzano con el segundo tiempo (doble capa) presentó un mayor grosor, dado que al sumergir el cilindro de cambur manzano en la solución formadora de cobertura dos veces, se obtiene una doble capa, más gruesa que en el caso de los cilindros donde sólo se sumergieron en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos (primer tiempo).

### **V.3.- Estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura.**

Es de gran importancia evaluar los cambios físicos, y químicos que ocurren en los alimentos almacenados a temperaturas de refrigeración, puesto que a bajas temperaturas pueden continuar reacciones enzimáticas, que pueden promover oscurecimiento, y además pérdida de agua y con ello del peso de los frutos, que se traducen en una disminución de la firmeza, debido a las diferencias entre la humedad del refrigerador y la de la fruta (Lamikanra y col., 2000). Por lo tanto, es necesario el estudio de los cambios físicos, químicos y microbiológicos que ocurren durante almacenamiento, además de cómo estos cambios repercuten en los atributos sensoriales del mismo.

### V.3.a.- Pérdida de peso.

En la **Tabla 8** se muestran los resultados de pérdida de peso de los trozos de cambur manzano con cobertura en dos tiempos en el transcurso de los días. La pérdida de peso aumenta a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. Según los resultados obtenidos se observan diferencias significativas al comparar el control de los cilindros con los cilindros tratados en dos tiempos, así mismo se observan diferencias entre el control de las tajadas y las tajadas recubiertas en dos tiempos, de igual forma, se observan diferencias entre el control del cambur manzano entero y los tratados con las coberturas en dos tiempos. Por otro lado, no se observa diferencias significativas entre los diferentes tiempos de aplicación de la cobertura para cada uno de los cortes en un mismo día. Este comportamiento podría deberse a que la cobertura aplicada ofrece protección a los trozos de cambur manzano evitando la pérdida excesiva de agua en comparación con las muestras control.

La pérdida de agua o la transpiración es un factor que afecta la calidad de corte de productos frescos. Además, junto a las pérdidas de agua, va la migración de un conjunto diverso de sustancias hidrosolubles, entre las cuales se encuentran, azúcares, ácidos orgánicos, algunas vitaminas, enzimas y compuestos orgánicos diversos (Martin y col., 2005).

Bico y col., (2009) también encontraron una menor pérdida de peso en trozos de banana (cv. *Cavendish*) con grado 4 de madurez (piel más amarilla que verde), cuando fueron recubiertos con un recubrimiento comestible a base de carragenina, en comparación con la más alta pérdida de peso observada en las muestras control (sin cobertura) durante el almacenamiento. Sin embargo la pérdida de peso encontrada por los autores fue menor a 4%, más baja a la encontrada en el presente trabajo.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

**Tabla 8.** Porcentaje de pérdida de peso para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos.

Días	Enteros			Cilindros			Tajadas		
	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3,28 <sup>b</sup> ±0,02	2,18 <sup>a</sup> ±0,02	2,01 <sup>a</sup> ±0,04	4,58 <sup>c</sup> ±0,08	2,47 <sup>ab</sup> ±0,03	2,29 <sup>a</sup> ±0,03	6,29 <sup>e</sup> ±0,02	2,51 <sup>ab</sup> ±0,03	2,36 <sup>a</sup> ±0,02
5	6,65 <sup>e</sup> ±0,04	4,44 <sup>c</sup> ±0,03	4,30 <sup>c</sup> ±0,01	7,15 <sup>f</sup> ±0,03	4,94 <sup>cd</sup> ±0,04	4,56 <sup>c</sup> ±0,02	10,03 <sup>h</sup> ±0,04	5,19 <sup>d</sup> ±0,03	4,85 <sup>cd</sup> ±0,05
7	9,84 <sup>g</sup> ±0,02	6,08 <sup>e</sup> ±0,07	6,42 <sup>e</sup> ±0,03	11,24 <sup>i</sup> ±0,09	6,67 <sup>e</sup> ±0,10	6,86 <sup>ef</sup> ±0,05	11,64 <sup>i</sup> ±0,04	6,92 <sup>ef</sup> ±0,05	6,71 <sup>ef</sup> ±0,04

Cada valor representa la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

### V.3.b.- Color.

En la **Tabla 9** se observan los valores obtenidos para la claridad ( $L^*$ ), el matiz ( $a^*$ ), la intensidad ( $b^*$ ) y la diferencia de color ( $\Delta E$ ) para los cambures manzanos enteros recubierto con la cobertura a diferentes tiempos. Al observar los cambios de color durante el tiempo se evidencia que la luminosidad disminuyó y en algunos tratamientos se mantuvo constante, mientras que el matiz y la intensidad de color disminuyeron con el tiempo de almacenamiento, para todos los tratamientos.

En cuanto la luminosidad para el día 0 se observa de manera significativa ( $p < 0,05$ ), un efecto depresor de la luminosidad al comparar cada uno de los tratamientos con el control, observando que los cambures manzano enteros con el primer tiempo (sumergido en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos) conservan en mayor grado la luminosidad. Sin embargo, durante el almacenamiento este patrón cambia, al ser los cambures manzanos enteros con el segundo tiempo (doble capa) los que mostraron mayor valor de luminosidad.

En términos generales se observa al transcurrir los días del almacenamiento, con respecto al parámetro  $L^*$ , un comportamiento diferente entre los tratamientos. En el control como era de esperarse, hubo una disminución de este parámetro tendiente al oscurecimiento, mientras que se observa que para el primer y segundo tiempo la luminosidad se mantiene al pasar los días, lo que explica que las coberturas a base de almidón de yuca evitan el oscurecimiento enzimático del cambur.

Con respecto al matiz ( $a^*$ ), se observa que para el tiempo inicial hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos con respecto al control, observándose en los dos tratamientos un aumento de este parámetro. Con el transcurso de los días el matiz se disminuye progresivamente, siendo el tratamiento que mejor conserva este parámetro de manera significativa el del segundo tiempo (doble capa).

**Tabla 9.** Parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y  $\Delta E$ ) en cambur manzano entero almacenado bajo refrigeración a 4°C, durante 7 días.

Parámetro	Tratamiento	Días			
		0	3	5	7
$L^*$	Control	72,59 <sup>de</sup> ±0,01	67,37 <sup>c</sup> ±0,04	64,64 <sup>b</sup> ±0,07	61,97 <sup>a</sup> ±0,02
	Primer tiempo	77,65 <sup>ef</sup> ±0,03	72,46 <sup>de</sup> ±0,01	72,31 <sup>de</sup> ±0,03	70,66 <sup>d</sup> ±0,01
	Segundo tiempo	75,73 <sup>fg</sup> ±0,04	75,52 <sup>g</sup> ±0,05	75,28 <sup>fg</sup> ±0,02	75,04 <sup>g</sup> ±0,02
$a^*$	Control	10,33 <sup>d</sup> ±0,09	9,98 <sup>cd</sup> ±0,05	7,62 <sup>b</sup> ±0,02	6,84 <sup>a</sup> ±0,02
	Primer tiempo	13,47 <sup>h</sup> ±0,03	11,57 <sup>e</sup> ±0,02	11,39 <sup>e</sup> ±0,06	10,82 <sup>d</sup> ±0,03
	Segundo tiempo	12,25 <sup>g</sup> ±0,02	11,66 <sup>ef</sup> ±0,04	11,44 <sup>e</sup> ±0,01	11,07 <sup>e</sup> ±0,08
$b^*$	Control	31,50 <sup>ef</sup> ±0,07	29,91 <sup>e</sup> ±0,03	27,52 <sup>c</sup> ±0,09	23,49 <sup>a</sup> ±0,02
	Primer tiempo	30,96 <sup>ef</sup> ±0,04	28,72 <sup>cd</sup> ±0,01	27,69 <sup>c</sup> ±0,03	26,53 <sup>b</sup> ±0,07
	Segundo tiempo	29,81 <sup>e</sup> ±0,06	29,67 <sup>de</sup> ±0,08	28,35 <sup>d</sup> ±0,17	27,72 <sup>bc</sup> ±0,05
$\Delta E$	Control	0 <sup>a</sup>	5,46 <sup>e</sup> ±0,05	9,30 <sup>g</sup> ±0,02	13,75 <sup>h</sup> ±0,04
	Primer tiempo	0 <sup>a</sup>	3,17 <sup>d</sup> ±0,03	5,12 <sup>e</sup> ±0,07	6,62 <sup>f</sup> ±0,01
	Segundo tiempo	0 <sup>a</sup>	0,64 <sup>a</sup> ±0,08	1,73 <sup>b</sup> ±0,03	2,49 <sup>c</sup> ±0,05

Cada valor representa la media de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

En cuanto a la intensidad ( $b^*$ ) de color al inicio del almacenamiento no se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos y el control. Así mismo se observa que los dos tratamientos hasta el día 5 las coberturas ejercen un efecto retardante en la pérdida de la intensidad, sin embargo, este efecto se pierde al llegar al

día 7 en donde los dos tratamientos muestran diferencias significativas con respecto a los días anteriores. Lo que indica que los cambures manzanos enteros se hacen menos amarillos, debido a un posible oscurecimiento.

Es bien conocido que, durante el almacenamiento y procesamiento de algunos frutos y hortalizas, ocurren reacciones de pardeamiento enzimático, debido a la acción de la polifenoloxidasas. Esta enzima ha sido purificada y caracterizada a partir de pulpa y piel de los plátanos, que utiliza como sustrato la dopamina (Yang y Paulson., 2000, Yang y col., 2001).

En cuanto a la diferencia de color ( $\Delta E$ ) con respecto al día cero, se observa que esta incrementó al transcurrir los días de forma evidente, pero no tan conspicuamente como el control, observándose diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Sin embargo a estas diferencias, es de notar el efecto protector de las cubiertas a la oxidación enzimática.

En la **Tabla 10** se observan los valores obtenidos para la luminosidad ( $L^*$ ), el matiz ( $a^*$ ), la intensidad ( $b^*$ ) y la diferencia de color ( $\Delta E$ ) en los cilindros de cambur manzano recubierto con la cobertura a diferentes tiempos.

Con respecto a la brillantez o luminosidad de los cilindros de cambur manzano, se observa que, al transcurrir el tiempo, se va perdiendo dicho parámetro de manera significativa ( $p < 0,05$ ), siendo mayor la pérdida en el control. Sin embargo, los cilindros tratados en el segundo tiempo (doble capa) conservaron este parámetro hasta el día 5 de almacenamiento.

Por otra parte, diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para el matiz ( $a^*$ ) entre las muestras control y con los dos tratamientos no fueron encontradas para el día 0. Al transcurrir los días, este parámetro disminuyó significativamente en el control y

para los cilindros tratados con el primer tiempo (sumergido en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos), mientras que los cilindros tratados con el segundo tiempo (doble capa) retardaron la disminución de este parámetro.

**Tabla 10.** Parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y  $\Delta E$ ) en cilindros de cambur manzano almacenado bajo refrigeración a 4°C, durante 7 días.

Parámetro	Tratamiento	Días			
		0	3	5	7
$L^*$	Control	70,01 <sup>f</sup> ±0,02	65,45 <sup>d</sup> ±0,01	62,09 <sup>b</sup> ±0,01	61,97 <sup>a</sup> ±0,03
	Primer tiempo	72,24 <sup>h</sup> ±0,03	70,10 <sup>f</sup> ±0,03	65,94 <sup>d</sup> ±0,03	63,84 <sup>c</sup> ±0,01
	Segundo tiempo	71,44 <sup>gh</sup> ±0,02	71,08 <sup>g</sup> ±0,06	70,75 <sup>fg</sup> ±0,05	69,39 <sup>e</sup> ±0,01
$a^*$	Control	11,00 <sup>cd</sup> ±0,03	10,44 <sup>c</sup> ±0,03	8,97 <sup>ab</sup> ±0,01	8,10 <sup>a</sup> ±0,02
	Primer tiempo	12,69 <sup>de</sup> ±0,02	11,06 <sup>cd</sup> ±0,02	9,62 <sup>bc</sup> ±0,06	9,03 <sup>b</sup> ±0,01
	Segundo tiempo	13,53 <sup>e</sup> ±0,02	13,17 <sup>e</sup> ±0,07	12,70 <sup>de</sup> ±0,05	12,29 <sup>d</sup> ±0,06
$b^*$	Control	32,46 <sup>h</sup> ±0,09	26,58 <sup>cd</sup> ±0,02	21,36 <sup>b</sup> ±0,03	19,92 <sup>a</sup> ±0,06
	Primer tiempo	31,90 <sup>gh</sup> ±0,07	28,66 <sup>e</sup> ±0,04	26,21 <sup>cd</sup> ±0,06	25,82 <sup>c</sup> ±0,04
	Segundo tiempo	31,27 <sup>g</sup> ±0,05	30,36 <sup>f</sup> ±0,01	28,48 <sup>e</sup> ±0,02	27,00 <sup>d</sup> ±0,03
$\Delta E$	Control	0 <sup>a</sup>	7,46 <sup>e</sup> ±0,06	13,78 <sup>h</sup> ±0,11	15,17 <sup>i</sup> ±0,03
	Primer tiempo	0 <sup>a</sup>	4,21 <sup>d</sup> ±0,02	9,02 <sup>f</sup> ±0,05	10,99 <sup>g</sup> ±0,24
	Segundo tiempo	0 <sup>a</sup>	1,04 <sup>b</sup> ±0,01	2,98 <sup>c</sup> ±0,02	4,89 <sup>d</sup> ±0,01

Cada valor representa la media de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

En cuanto a la intensidad ( $b^*$ ) se observa en la **Tabla 10**, que para el tiempo 0 no se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el control y los dos tratamientos. Con respecto al tiempo de almacenamiento si fueron encontradas diferencias significativas. Los valores de intensidad hacia los últimos días de almacenamiento fueron mucho menores en las muestras control, lo cual nos indica que las muestras control se oscurecieron más.

En cuanto a la diferencia de color ( $\Delta E$ ) se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para todos los tratamientos, con el transcurso de los días lo cual es de esperarse, debido a lo obtenido por los parámetros ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ).

En la **Tabla 11** se observan los valores obtenidos para luminosidad ( $L^*$ ), el matiz ( $a^*$ ), la intensidad ( $b^*$ ) y la diferencia de color ( $\Delta E$ ) en cada uno de los tratamientos aplicados a tajadas de cambur manzano. De la misma forma que para los cambures manzanos enteros y en cilindros, se observa una disminución en el matiz ( $a^*$ ), y de la intensidad del color ( $b^*$ ) con el transcurso de los días.

Para el día 0 se puede apreciar diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para la luminosidad, en cuanto a los tratamientos con respecto al control. Con el transcurso de los días no se observan diferencias significativas entre los dos tratamientos, conservándose este parámetro. Es importante señalar que el comportamiento de la luminosidad para los tratamientos en los cortes de tajadas, fue similar a los cilindros de cambur manzano, sin embargo los valores obtenidos para estos últimos, son más bajos desde un inicio, lo que podría sugerir que el tipo de corte afecta este parámetro.

En cuanto al matiz ( $a^*$ ) se observa en la **Tabla 11**, que para el tiempo 0 hubo diferencias significativas de los tratamientos con respecto al control. Durante el almacenamiento se observa que este parámetro disminuyó de manera significativa en los dos tratamientos, siendo las muestras control quienes presentaron una disminución mucho más destacada.

**Tabla 11.** Parámetros de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y  $\Delta E$ ) en tajadas de cambur manzano almacenado bajo refrigeración a 4°C, durante 7 días.

Parámetro	Tratamiento	Días			
		0	3	5	7
$L^*$	Control	70,73 <sup>f</sup> ±0,04	64,83 <sup>c</sup> ±0,02	61,57 <sup>b</sup> ±0,04	60,83 <sup>a</sup> ±0,01
	Primer tiempo	67,72 <sup>de</sup> ±0,01	67,07 <sup>d</sup> ±0,02	65,11 <sup>cd</sup> ±0,01	62,92 <sup>bc</sup> ±0,02
	Segundo tiempo	69,21 <sup>ef</sup> ±0,03	68,67 <sup>e</sup> ±0,05	68,06 <sup>e</sup> ±0,02	67,30 <sup>de</sup> ±0,02
$a^*$	Control	10,37 <sup>c</sup> ±0,21	9,93 <sup>bc</sup> ±0,01	9,22 <sup>b</sup> ±0,02	8,59 <sup>a</sup> ±0,1
	Primer tiempo	11,01 <sup>d</sup> ±0,05	10,72 <sup>cd</sup> ±0,01	9,52 <sup>b</sup> ±0,05	9,31 <sup>b</sup> ±0,01
	Segundo tiempo	11,48 <sup>d</sup> ±0,10	10,65 <sup>c</sup> ±0,02	9,84 <sup>bc</sup> ±0,01	9,66 <sup>b</sup> ±0,02
$b^*$	Control	33,88 <sup>f</sup> ±0,05	29,31 <sup>d</sup> ±0,04	26,76 <sup>b</sup> ±0,06	21,52 <sup>a</sup> ±0,02
	Primer tiempo	30,22 <sup>e</sup> ±0,03	29,97 <sup>de</sup> ±0,18	29,16 <sup>d</sup> ±0,02	26,56 <sup>b</sup> ±0,01
	Segundo tiempo	29,92 <sup>de</sup> ±0,02	29,33 <sup>d</sup> ±0,03	28,85 <sup>cd</sup> ±0,01	27,76 <sup>c</sup> ±0,06
$\Delta E$	Control	0 <sup>a</sup>	6,71 <sup>f</sup> ±0,01	10,89 <sup>g</sup> ±0,08	14,85 <sup>h</sup> ±0,43
	Primer tiempo	0 <sup>a</sup>	1,46 <sup>b</sup> ±0,09	3,90 <sup>d</sup> ±0,03	6,97 <sup>f</sup> ±0,01
	Segundo tiempo	0 <sup>a</sup>	2,73 <sup>c</sup> ±0,02	3,71 <sup>d</sup> ±0,03	4,15 <sup>e</sup> ±0,06

Cada valor representa la media de tres determinaciones  $\pm$  desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Según los resultados obtenidos para la intensidad ( $b^*$ ), se observa que, para el primer día de almacenamiento, ambas coberturas reducen de manera significativa este parámetro con respecto al control. Asimismo se observa en los dos tratamientos que este

parámetro se mantienen hasta el día 5, no observándose diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre ellos. Posteriormente para el día 7, se observa una marcada disminución en ambos tratamientos, indicando la pérdida de color amarillo de los cambures manzanos, el cual puede ser causado por el oscurecimiento enzimático.

Con respecto a la diferencia de color ( $\Delta E$ ), al igual que en los cambures manzanos enteros y en cilindros, se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para ambos tratamientos, con el transcurso de los días.

### **V.3.c.- pH.**

En la **Tabla 12**, se muestran los valores de pH obtenidos para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas para los distintos tratamientos durante 7 días de almacenamiento bajo refrigeración a 4°C. Para el día 0 se observan diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al control, observándose que la aplicación de las coberturas incrementa el pH para los cambures manzanos enteros, como para los cilindros y tajadas en ambos tratamientos. Asimismo, se observa claramente que el pH disminuye de forma significativa en ambos tratamientos al transcurrir los días de almacenamiento, mostrándose menores valores en la muestra control.

Al ser los valores de pH de ambos tratamientos mayores que los valores de pH para el control, nos permite inferir que las coberturas a base de almidón de yuca disminuyen la tasa de respiración, y con ello retardan la madurez de los cambures manzanos, así como la velocidad de las reacciones metabólicas.

Resulta interesante resaltar que los valores de pH observados en las tajadas de cambur manzano son inferiores a los observados en los cambures manzanos enteros y en cilindros, lo que podría indicar que el tipo de corte influye en la estabilidad del cambur manzano durante el almacenamiento, además las tajadas son de un espesor inferior a los cilindros. Es importante recalcar que los diferentes tipos o grosores de corte pueden desencadenar respuestas distintas, en todos los procesos fisiológicos directamente

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

**Tabla 12.** Valores de pH para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos.

Días	Enteros			Cilindros			Tajadas		
	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo
0	5,35 <sup>b</sup> ±0,01	6,71 <sup>c</sup> ±0,02	6,70 <sup>c</sup> ±0,02	5,16 <sup>b</sup> ±0,02	6,60 <sup>c</sup> ±0,03	6,74 <sup>c</sup> ±0,01	5,75 <sup>b</sup> ±0,01	6,07 <sup>c</sup> ±0,02	6,48 <sup>c</sup> ±0,02
3	5,17 <sup>b</sup> ±0,00	6,56 <sup>c</sup> ±0,04	6,18 <sup>c</sup> ±0,01	4,93 <sup>a</sup> ±0,01	6,33 <sup>c</sup> ±0,09	6,44 <sup>c</sup> ±0,04	5,30 <sup>b</sup> ±0,01	5,37 <sup>b</sup> ±0,01	6,14 <sup>c</sup> ±0,04
5	4,87 <sup>a</sup> ±0,03	5,29 <sup>b</sup> ±0,01	5,31 <sup>b</sup> ±0,04	4,85 <sup>a</sup> ±0,01	5,25 <sup>b</sup> ±0,03	5,78 <sup>b</sup> ±0,03	4,89 <sup>a</sup> ±0,01	5,14 <sup>b</sup> ±0,02	5,20 <sup>b</sup> ±0,01
7	4,01 <sup>a</sup> ±0,01	5,12 <sup>ab</sup> ±0,06	5,23 <sup>b</sup> ±0,02	4,75 <sup>a</sup> ±0,08	5,19 <sup>b</sup> ±0,09	5,52 <sup>b</sup> ±0,03	4,22 <sup>a</sup> ±0,03	5,00 <sup>ab</sup> ±0,08	5,10 <sup>ab</sup> ±0,01

Cada valor representa la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

relacionados con la pérdida de calidad y por último, con la senescencia. Asimismo el corte aumenta la superficie de tejido susceptible de alteraciones microbianas (Martin y col., 2005).

#### **V.3.d.- Aw.**

En la **Tabla 13** se presentan los valores de actividad de agua para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas con ambos tratamientos durante 7 días de almacenamiento bajo refrigeración a 4°C.

En la **Tabla 13** no se observan diferencias significativas entre los controles y los tratamientos para el día 0. A pesar de observarse que a medida que transcurre el tiempo la actividad de agua disminuye en todos los tratamientos y en el control, no se muestran diferencias significativas entre ellos, sin embargo en ambos tratamientos y en el control el día 7 de almacenamiento muestra diferencias significativas de aw, con respecto al día inicial de almacenamiento.

Estos resultados reflejan que la aw no se vio afectada en ninguno de los tratamientos, sino hasta el día 7, sin embargo, en el control se observó que la misma disminuyó con el paso de los días observándose diferencias significativas entre los días 0, 3, 5 y 7, lo que indica que las coberturas ofrecieron protección de manera significativa frente a la pérdida de agua de los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas hasta el día 7, en donde hubo una reducción de la misma, lo cual indica que hay mínimas pérdidas de agua en los cambures manzanos.

#### **V.3.e.- Humedad.**

En la **Tabla 14** se muestra los valores de humedad obtenidos para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas durante 7 días de almacenamiento refrigerado a 4°C.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

**Tabla 13.** Valores de aw para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos.

Días	Enteros			Cilindros			Tajadas		
	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo
0	0,992 <sup>ij</sup> ± 0,002	0,993 <sup>ghi</sup> ± 0,001	0,994 <sup>ijk</sup> ± 0,003	0,994 <sup>ghi</sup> ± 0,000	0,991 <sup>efg</sup> ± 0,001	0,993 <sup>ghi</sup> ± 0,002	0,991 <sup>fg</sup> ± 0,000	0,992 <sup>ghi</sup> ± 0,001	0,994 <sup>ij</sup> ± 0,001
3	0,990 <sup>gh</sup> ± 0,000	0,992 <sup>fgh</sup> ± 0,001	0,993 <sup>ghi</sup> ± 0,002	0,990 <sup>def</sup> ± 0,001	0,990 <sup>def</sup> ± 0,001	0,991 <sup>efg</sup> ± 0,003	0,988 <sup>cde</sup> ± 0,000	0,991 <sup>efg</sup> ± 0,001	0,993 <sup>fghi</sup> ± 0,003
5	0,987 <sup>def</sup> ± 0,001	0,990 <sup>defg</sup> ± 0,002	0,991 <sup>efg</sup> ± 0,001	0,988 <sup>bc</sup> ± 0,002	0,987 <sup>cde</sup> ± 0,004	0,990 <sup>def</sup> ± 0,003	0,985 <sup>abc</sup> ± 0,001	0,989 <sup>cde</sup> ± 0,004	0,990 <sup>def</sup> ± 0,001
7	0,985 <sup>abc</sup> ± 0,001	0,986 <sup>bcd</sup> ± 0,001	0,987 <sup>bcd</sup> ± 0,003	0,983 <sup>ab</sup> ± 0,004	0,984 <sup>abc</sup> ± 0,003	0,988 <sup>cde</sup> ± 0,002	0,981 <sup>a</sup> ± 0,002	0,985 <sup>abc</sup> ± 0,003	0,987 <sup>bcd</sup> ± 0,01

Cada valor representa la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

**Tabla 14.** Resultados de humedad (%) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos.

Días	Enteros			Cilindros			Tajadas		
	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo
0	62,44 <sup>f</sup> ± 0,03	63,67 <sup>h</sup> ± 0,32	63,80 <sup>h</sup> ± 0,00	62,30 <sup>f</sup> ± 0,10	63,69 <sup>h</sup> ± 0,10	63,87 <sup>h</sup> ± 0,49	59,13 <sup>d</sup> ± 0,21	62,73 <sup>fg</sup> ± 0,06	62,95 <sup>g</sup> ± 0,40
3	61,57 <sup>e</sup> ± 0,01	63,40 <sup>gf</sup> ± 0,10	63,47 <sup>gh</sup> ± 0,06	61,23 <sup>e</sup> ± 0,06	63,19 <sup>gh</sup> ± 0,26	63,20 <sup>gh</sup> ± 0,12	54,79 <sup>c</sup> ± 0,25	62,30 <sup>f</sup> ± 0,00	62,73 <sup>fg</sup> ± 0,20
5	60,29 <sup>d</sup> ± 0,11	62,40 <sup>f</sup> ± 0,00	62,57 <sup>fg</sup> ± 0,12	60,10 <sup>d</sup> ± 0,00	62,50 <sup>fg</sup> ± 0,01	62,53 <sup>fg</sup> ± 0,12	52,37 <sup>b</sup> ± 0,00	62,17 <sup>f</sup> ± 0,21	62,64 <sup>fg</sup> ± 0,55
7	59,99 <sup>de</sup> ± 0,02	62,22 <sup>f</sup> ± 0,02	62,34 <sup>f</sup> ± 0,01	59,97 <sup>de</sup> ± 0,01	62,42 <sup>f</sup> ± 0,03	62,47 <sup>f</sup> ± 0,10	51,42 <sup>a</sup> ± 0,01	61,98 <sup>e</sup> ± 0,02	61,23 <sup>e</sup> ± 0,00

Cada valor representa la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Observamos en la **Tabla 14**, que en el día 0 se observan diferencias significativas en ambos tratamientos, tanto para los cambures manzanos enteros como para los cilindros y tajadas, con respecto a los controles, con valores superiores de humedad en los tratamientos, lo cual es de esperarse puesto que la cobertura se aplica en forma líquida y su contenido de agua aumenta la humedad del alimento.

En cuanto a los tratamientos tanto en los cambures manzanos enteros como los cilindros y tajadas no se observan diferencias significativas entre ellos en el día 0. Asimismo, en los cambures enteros, cilindros y tajadas en los días posteriores no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos.

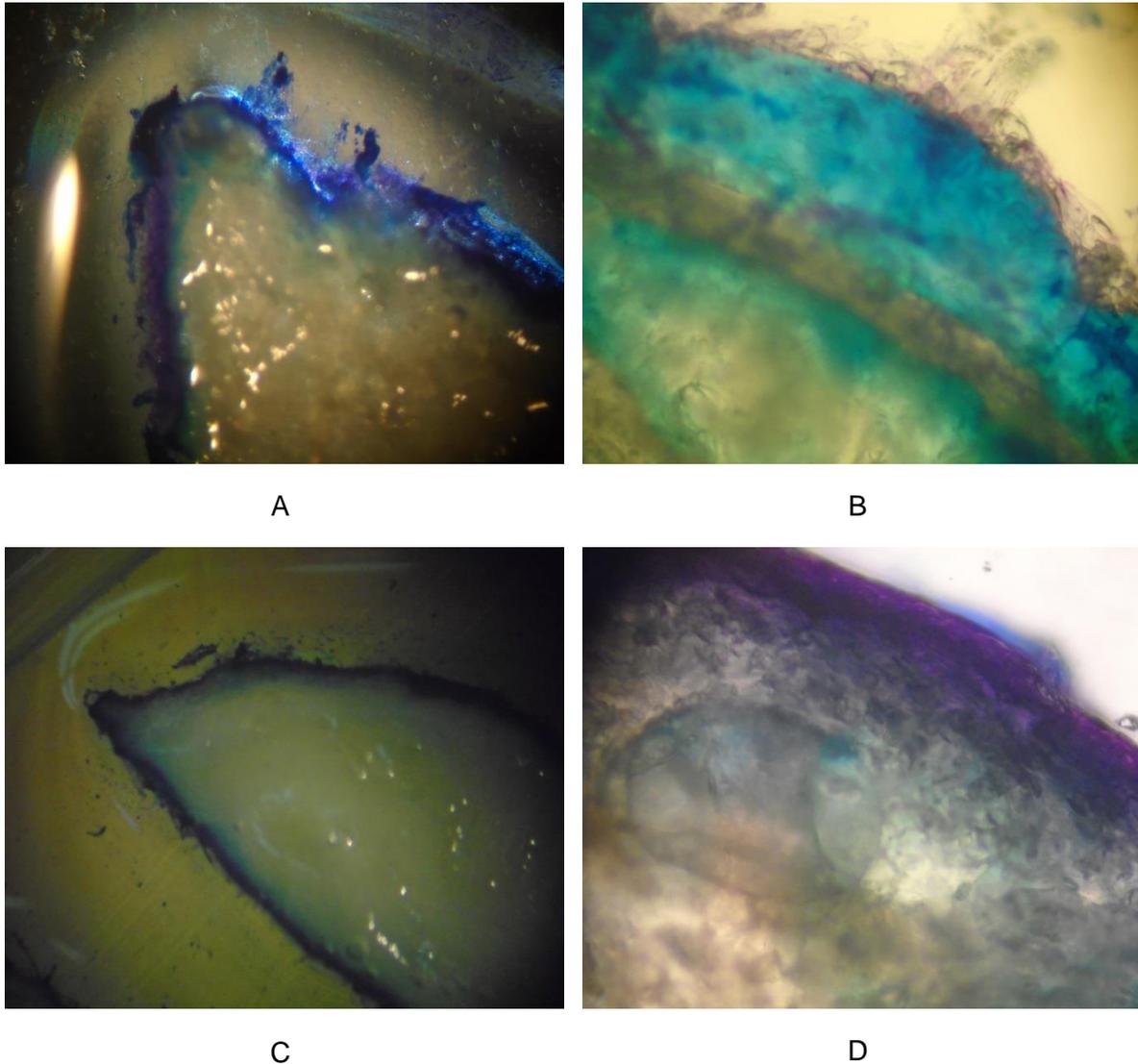
En la **Tabla 14** observamos que en el caso de los cambures manzanos enteros y en cilindro, se observa una disminución de la humedad al transcurrir los días, sin embargo, esta diferencia no es significativa sino hasta el día 5, en donde se observan los valores más bajos de humedad seguidos por el día 7, en contraste con el control en donde se observan diferencias entre los días 0, 3, 5 y 7, lo cual indica que las coberturas ofrecieron protección a la pérdida de agua durante 4 días, y no fue sino, hasta el día 5 que comenzó a mostrarse una disminución de la humedad.

En el caso de las tajadas, se observa que en ambos tratamientos no hay diferencias significativas al transcurrir los días. Lo cual parece indicar que las coberturas aplicadas a las tajadas fueron más efectivas en evitar la pérdida de agua. También son notables las diferencias observadas en cuanto a la humedad entre los cilindros y tajadas de cambures manzanos, observándose menores valores de humedad en las tajadas que en los cilindros. Mientras que los cambures manzanos enteros y en cilindros presentaron una humedad similar. Como se señaló anteriormente, los diferentes tipos o grosores de corte pueden desencadenar respuestas distintas en todos los procesos fisiológicos en frutas y hortalizas.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

### V.3.f.- Apariencia de la cobertura y microscopia óptica.

En la **Figura 8** se pueden apreciar micrografías tomadas en una lupa NIKON OPTIPHOT 2 y en el microscopio óptico NIKON ECLIPSE E 200.



**Figura 8.** Micrografías de cortes transversales de cilindros de cambur manzano. (A) y (B) cilindros tratados en el segundo tiempo (doble capa), con un aumento de 20X observados desde una lupa y 60X observados desde un microscopio de luz, respectivamente. (C) y (D) cilindros tratados en el primer tiempo (sumergidos en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos), con un aumento de 20X observados desde un lupa y 60X observados desde un microscopio de luz, respectivamente.

Los cortes transversales de cilindros de cambur manzano cubiertos con la cobertura, fueron teñidos con azul de toluidina, poniendo en evidencia la cobertura a base de almidón la cual se muestra con una coloración azul oscura a violeta y homogénea sobre la superficie de los cambures. Se pueden observar diferencias en cuanto al grosor con respecto a los cilindros tratados en el primer tiempo (sumergidos en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos) con los cilindros tratados en el segundo tiempo (doble capa). En todas ellas se observa una buena adherencia de las coberturas a la superficie vegetal.

### **V.3.g.- Textura.**

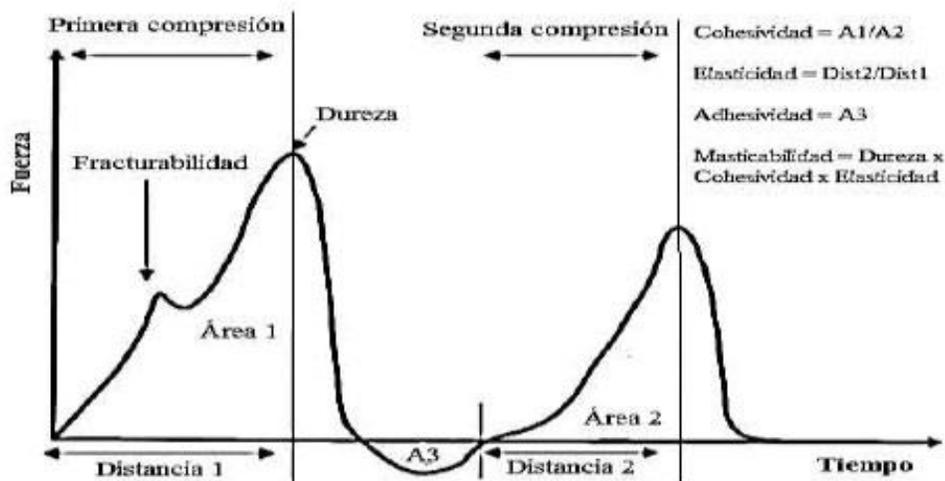
El análisis de perfil de textura (TPA, de sus siglas en inglés) está basado en el reconocimiento de la textura como un atributo compuesto por múltiples parámetros. Para propósito de investigación, un perfil de textura en términos de varios parámetros determinados sobre una muestra homogénea poco numerosa puede ser deseable.

La prueba consiste en comprimir dos veces un trozo de reducido tamaño de un alimento, en un movimiento recíproco que imita la acción de la dentadura. Para luego extraer de una curva de fuerza vs tiempo (**Figura 9**) un número de parámetros de textura que se correlacionan bien con la evaluación sensorial de los mismos.

Aunque, a partir de una curva obtenida de un ATP, se obtienen muchos parámetros de textura no todos ellos pueden ser de interés para un alimento determinado que se esté evaluando. En el caso particular de los trozos de cambur manzano que se han evaluado en este trabajo solo fueron de interés evaluar los parámetros de dureza, la cual es definida como el máximo pico de fuerza durante el primer ciclo de compresión y es a menudo sustituido por el término firmeza.

La pérdida de firmeza generalmente se asocia a la pérdida de agua, la cual es responsable de la disminución de la turgencia en las frutas frescas cortadas, debido a la ausencia de cutícula y la exposición de los tejidos internos (Bico y col., 2009) esta pérdida también es debida a la acción de enzimas proteolíticas y pectolíticas sobre los

componentes de la pared celular, lo cual se traduce en un cambio evidente del deterioro de la calidad (Martin y col., 2005).



**Figura 9.** Curva típica obtenida a partir de un análisis de perfil de textura.

(Tomado de Hleap y Velasco, 2010)

En la **Tabla 15** se observan los resultados de dureza para los cambures manzanos en cilindros y tajadas almacenados bajo refrigeración a 4°C. No se emplearon los cambures enteros en este parámetro debido a que no había suficientes muestras para realizar el análisis durante los siete días de almacenamiento. Se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos para los cambures manzanos en cilindro con respecto a las tajadas, sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los valores de dureza para cada uno de los tratamientos durante el transcurso del almacenamiento refrigerado. Asimismo, observamos diferencias significativas con una notable disminución de la dureza en la muestra control. Esta respuesta refleja que aunque no se demostró diferencia por la aplicación de uno u otro tratamiento, si se observaron diferencias entre la muestra control, lo que indica que la aplicación de las coberturas comestibles retardaron la pérdida de firmeza en los cambures manzanos enteros y en cilindro.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

**Tabla 15.** Dureza para los cambures manzanos en cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos.

Días	Cilindros			Tajadas		
	Control (N/s)	Primer tiempo (N/s)	Segundo tiempo (N/s)	Control (N/s)	Primer tiempo (N/s)	Segundo tiempo (N/s)
0	39,29 <sup>l</sup> ± 0,15	38,44 <sup>k</sup> ± 0,37	38,10 <sup>k</sup> ± 0,38	24,89 <sup>f</sup> ± 0,26	24,30 <sup>f</sup> ± 0,49	28,22 <sup>g</sup> ± 0,14
3	28,62 <sup>g</sup> ± 0,22	36,78 <sup>j</sup> ± 0,10	36,36 <sup>j</sup> ± 0,25	18,70 <sup>bc</sup> ± 0,67	23,72 <sup>e</sup> ± 0,82	23,11 <sup>e</sup> ± 0,73
5	20,43 <sup>c</sup> ± 0,27	31,56 <sup>i</sup> ± 0,47	31,47 <sup>i</sup> ± 0,81	17,97 <sup>ab</sup> ± 0,19	23,40 <sup>e</sup> ± 0,60	22,19 <sup>de</sup> ± 0,63
7	18,57 <sup>b</sup> ± 0,59	29,33 <sup>h</sup> ± 0,11	30,63 <sup>hi</sup> ± 0,46	16,26 <sup>a</sup> ± 0,34	22,95 <sup>de</sup> ± 0,08	21,88 <sup>d</sup> ± 0,18

Cada valor representa la media de cinco determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Con respecto a las tajadas de cambur manzano (**Tabla 15**), se observa que no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos, para cada día, asimismo también se puede apreciar, que no existe diferencias en cada tratamiento con el transcurso de los días lo que indica un efecto protector de las coberturas. Sin embargo existen diferencias significativas con respecto al día 0, el día 7 de almacenamiento se observa una diferencia marcada de la pérdida de dureza de la tajada cubierta con la cobertura. Como ya se mencionó antes, los diferentes tipos o grosores de corte pueden desencadenar respuestas distintas en todos los procesos fisiológicos en frutas y hortalizas.

Bico y col., (2009) de igual forma observaron en rebanadas de bananas pérdida de peso, mostrándose diferencias significativas con respecto al control, el cual evidencia una notable pérdida de firmeza a lo largo del almacenamiento durante 5 días.

#### **V.4.- Estabilidad microbiológica durante el almacenamiento refrigerado de los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura.**

Con el fin de evaluar la estabilidad microbiológica en el tiempo de cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas, frescos, cortados y tratados con coberturas a base de almidón de yuca, se almacenaron las muestras tratadas y los controles durante 7 días a 4°C y se analizaron a diferentes tiempos (0, 3, 5 y 7 días).

##### **V.4.a.- Evolución de las poblaciones de aerobios mesófilos.**

En la **Tabla 16** se observan diferencias significativas entre los cambures recubiertos con los no recubiertos. Entre los dos tipos de tratamiento (primer y segundo tiempo de sumergido en la solución formadora de cobertura) no se detectaron diferencias significativas, observándose este comportamiento tanto para los cambures enteros,

cilindros y tajadas. De igual forma, en la **Figura 10** se observan tres gráficas, cada una representando a un tipo de corte del cambur manzano, observándose diferencias entre las curvas de los cambures manzanos recubiertos y los controles, presentando la curva control un aumento en el crecimiento de aerobios mesófilos.

Vásquez, (2011) trabajó con cilindros de cambur recubiertos con una cobertura de alginato de sodio enriquecida con calcio y vitamina D, los cuales almacenó a temperatura de refrigeración (5°C). Estos cilindros de cambur presentaron el día 0 de almacenamiento una población total de microorganismos (aerobios mesófilos) en el orden de  $10^4$  (ufc/g) y, al cabo de 11 días de almacenamiento refrigerado, encontró poblaciones totales de  $10^7$  ufc/g. En el presente trabajo las piezas de cambur manzano sin cobertura para el día 0 muestran conteos poblacionales de  $10^4$ ,  $10^4$  y  $10^5$  ufc/g para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas respectivamente (**Tabla 16** y **Figura 10**). Para los cambures manzanos sin cobertura presentaron igualmente poblaciones al final del periodo de almacenamiento por el orden de  $10^7$ ,  $10^8$  y  $10^7$  ufc/g, aunque en un lapso de tiempo inferior (7 días para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas, respectivamente).

Altas ( $10^4$  ufc/g) poblaciones iniciales de microorganismos impactan de manera apreciable la vida útil de las piezas de cambur manzano.

Si observamos la **Tabla 16** y comparamos las gráficas (**Figura 10**), podemos apreciar que el crecimiento microbiano de aerobios mesófilos aumenta significativamente ( $p < 0,05$ ) a medida que transcurren los días de almacenamiento, sin embargo, se evidencia que el crecimiento de la poblaciones de aerobios mesófilos es significativamente diferente entre las muestras controles y las muestras tratadas. Si bien no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados en todas las piezas de cambur manzano (entero, cilindro y tajada), es apreciable que aquellas con doble capa presentaron un crecimiento menor de microorganismos (aerobios mesófilos).

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

**Tabla 16.** Recuento de microorganismos (aerobios mesófilos) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días.

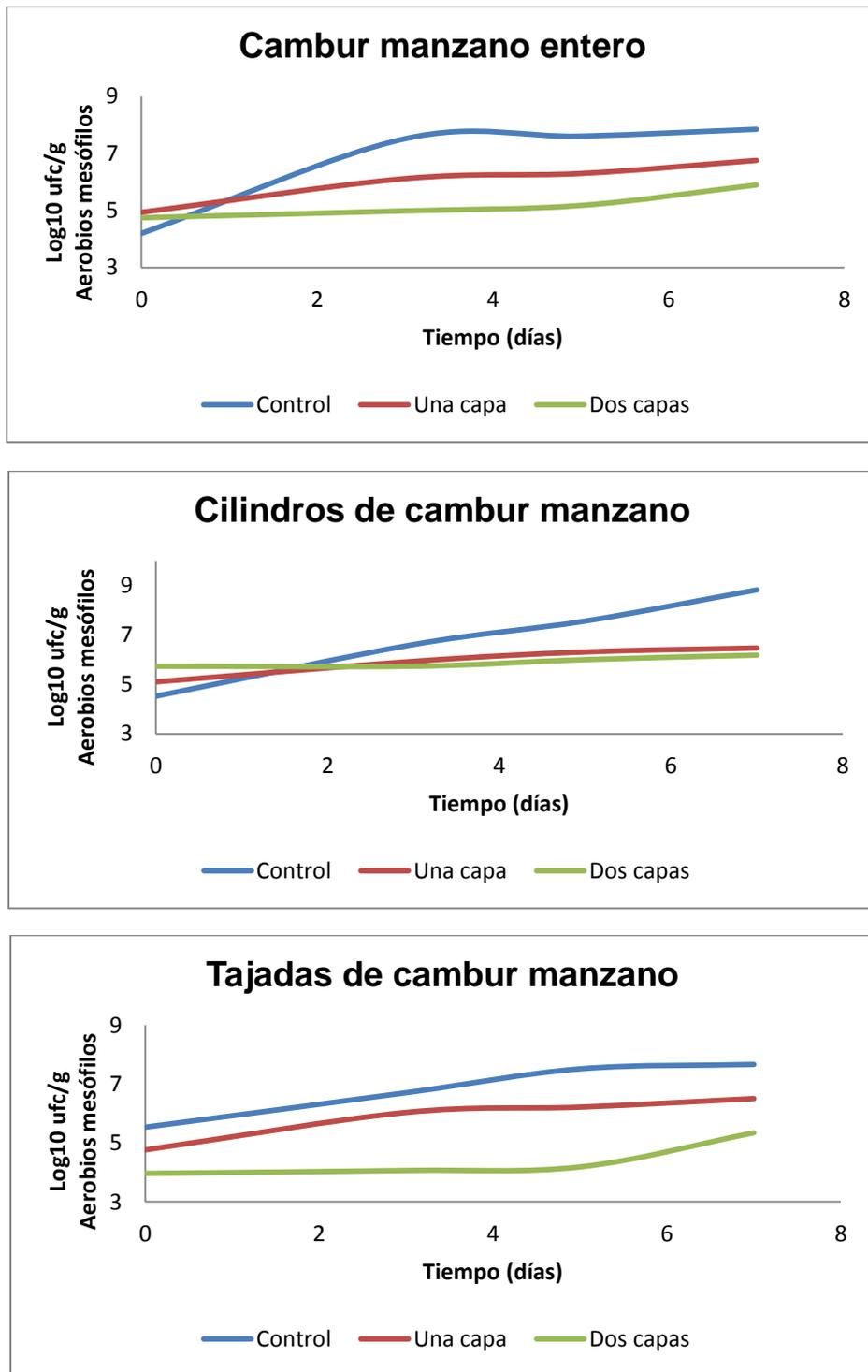
Días	Log <sub>10</sub> ufc/g								
	Enteros			Cilindros			Tajadas		
	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo
0	4,20 <sup>ab</sup> ±0,02	4,94 <sup>b</sup> ±0,00	4,75 <sup>b</sup> ±0,06	4,52 <sup>ab</sup> ±0,04	5,10 <sup>bc</sup> ±0,03	5,73 <sup>c</sup> ±0,02	5,53 <sup>bc</sup> ±0,03	4,76 <sup>b</sup> ±0,00	3,96 <sup>a</sup> ±0,02
3	7,52 <sup>e</sup> ±0,02	5,12 <sup>bc</sup> ±0,00	4,99 <sup>b</sup> ±0,08	6,61 <sup>de</sup> ±0,01	5,93 <sup>c</sup> ±0,05	5,78 <sup>c</sup> ±0,01	6,70 <sup>de</sup> ±0,01	5,03 <sup>bc</sup> ±0,02	4,06 <sup>ab</sup> ±0,01
5	7,61 <sup>e</sup> ±0,04	5,90 <sup>c</sup> ±0,01	5,18 <sup>bc</sup> ±0,05	7,56 <sup>e</sup> ±0,01	6,31 <sup>d</sup> ±0,01	6,00 <sup>d</sup> ±0,06	7,51 <sup>e</sup> ±0,02	5,71 <sup>c</sup> ±0,01	5,88 <sup>c</sup> ±0,06
7	7,85 <sup>e</sup> ±0,07	6,26 <sup>d</sup> ±0,02	5,60 <sup>bc</sup> ±0,05	8,82 <sup>f</sup> ±0,04	6,47 <sup>d</sup> ±0,05	6,18 <sup>d</sup> ±0,02	7,66 <sup>e</sup> ±0,02	6,50 <sup>d</sup> ±0,01	6,34 <sup>d</sup> ±0,04

Cada valor representa la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).



**Figura 10.** Recuento de microorganismos (aerobios mesófilos) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

#### **V.4.b.- Evolución de las poblaciones de aerobios psicrófilos.**

Los aerobios psicrófilos son microorganismos indicadores de calidad microbiológica que crecen a temperaturas bajas. En la **Tabla 17** y **Figura 11**, tanto para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas, se puede observar que no hay diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) al final del almacenamiento entre ambos tratamientos (una y doble capa), estos a su vez si presentaron diferencias significativas con respecto a las muestras sin cobertura (control). Adicionalmente, se observa una tendencia al aumento del recuento de aerobios psicrófilos hasta el final del almacenamiento.

A pesar de que los cambures manzanos fueron almacenados bajo refrigeración (4°C), el crecimiento de los aerobios psicrófilos no fue tan marcado como el de los mesófilos. Al comparar las **Tablas 16** y **17** observamos que hubo un mayor crecimiento de los aerobios mesófilos, esto puede deberse a que los cambures manzanos se almacenaron en envases herméticos y luego fueron colocados en refrigeración.

Los resultados obtenidos de contaje de aerobios psicrófilos con respecto al control para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas, fueron inferiores a los reportados por Vásquez, (2011), quien encontró valores mayores a  $10^6$  ufc/g de cilindros de cambur para el día 7 de almacenamiento en las muestras control.

#### **V.4.c.- Evolución de las poblaciones de mohos y levaduras.**

Debido al pH que presentan las frutas los mohos y levaduras son los principales microorganismos que las alteran. Aunque tanto los mohos como las levaduras toleran estos ambientes, las últimas alteran más a menudo las frutas porque crecen más rápidamente que los mohos (Doyle, 1997).

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

**Tabla 17.** Recuento de microorganismos (aerobios psicrófilos) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días.

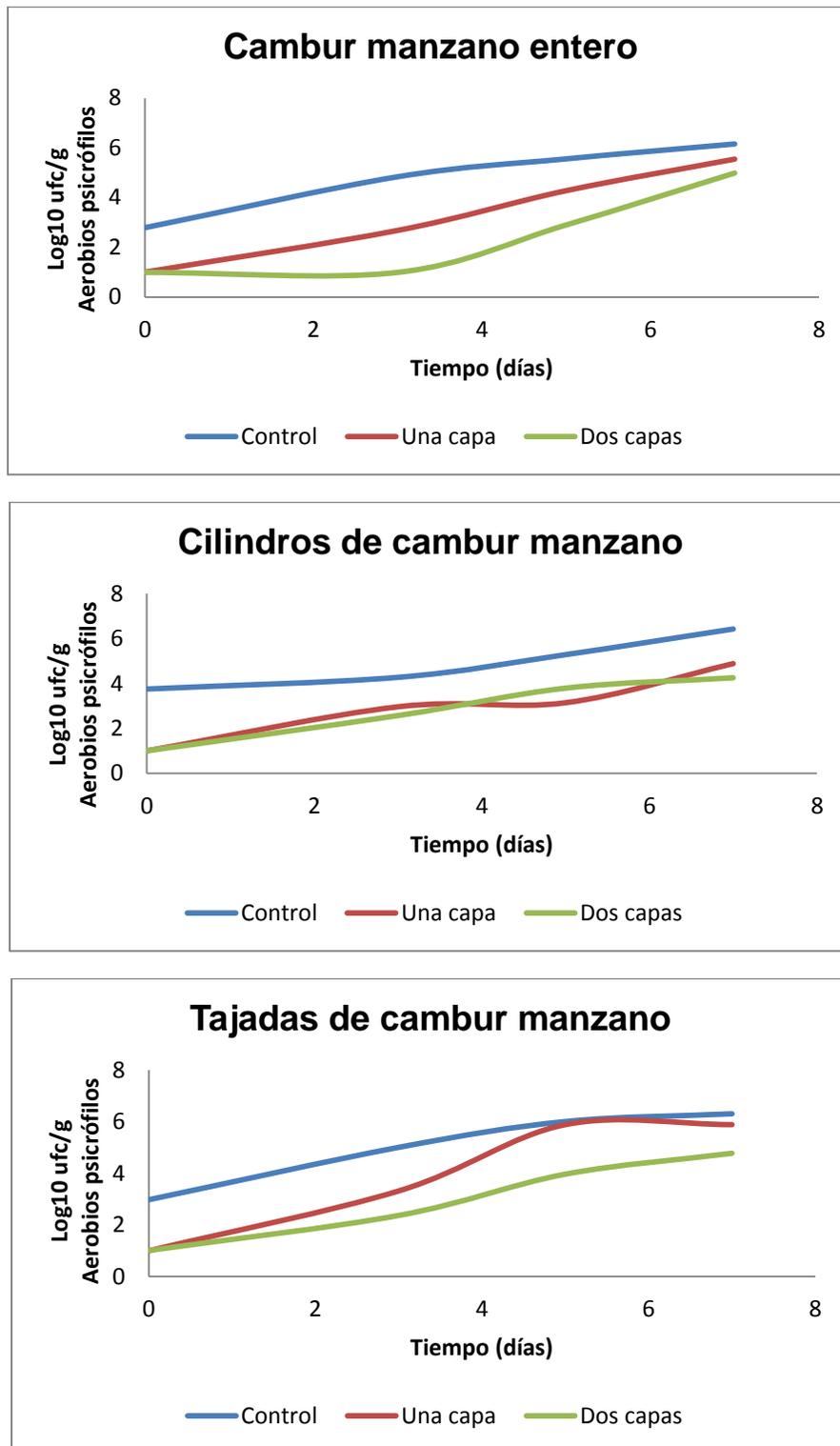
Días	Log <sub>10</sub> ufc/g								
	Enteros			Cilindros			Tajadas		
	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo
0	2,79 <sup>b</sup> ±0,06	1,00 <sup>ab</sup> ±0,04	0,99 <sup>a</sup> ±0,03	3,75 <sup>c</sup> ±0,02	1,00 <sup>ab</sup> ±0,01	1,00 <sup>ab</sup> ±0,03	2,97 <sup>bc</sup> ±0,05	0,99 <sup>a</sup> ±0,01	1,10 <sup>ab</sup> ±0,03
3	4,84 <sup>d</sup> ±0,01	1,15 <sup>ab</sup> ±0,01	0,99 <sup>a</sup> ±0,01	4,27 <sup>d</sup> ±0,02	2,96 <sup>bc</sup> ±0,04	2,57 <sup>b</sup> ±0,01	5,10 <sup>e</sup> ±0,01	2,31 <sup>b</sup> ±0,06	2,36 <sup>b</sup> ±0,04
5	5,56 <sup>e</sup> ±0,05	2,48 <sup>b</sup> ±0,02	2,39 <sup>b</sup> ±0,01	5,28 <sup>e</sup> ±0,03	3,14 <sup>c</sup> ±0,02	3,79 <sup>c</sup> ±0,00	6,10 <sup>f</sup> ±0,03	4,88 <sup>d</sup> ±0,03	3,96 <sup>cd</sup> ±0,00
7	6,16 <sup>f</sup> ±0,01	4,55 <sup>d</sup> ±0,00	4,12 <sup>d</sup> ±0,06	6,42 <sup>f</sup> ±0,01	4,88 <sup>d</sup> ±0,02	4,25 <sup>d</sup> ±0,05	6,30 <sup>f</sup> ±0,03	4,94 <sup>de</sup> ±0,03	4,77 <sup>d</sup> ±0,02

Cada valor representa la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).



**Figura 11.** Recuento de microorganismos (aerobios psicrófilos) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

En la **Tabla 18** y **Figura 12**, observamos que tanto para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas, los mohos y levaduras encontrados en las muestras con ambos tratamientos de cobertura, resultaron significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) con respecto a las muestras libres de coberturas (control). Los tratamientos (una y doble capa) no mostraron diferencias significativas entre ellos en todas las muestras evaluadas (cambures enteros, cilindros y tajadas).

El conteo de mohos y levaduras se mantuvo constante hasta el día 5 de almacenamiento, produciéndose un ligero incremento para el día 7, este comportamiento se observó para las muestras de cambur manzano tratadas con la cobertura. En el caso de las muestras de cambur manzano sin cobertura, hubo un aumento significativo en el crecimiento progresivo de mohos y levaduras durante el almacenamiento.

Vásquez, (2011) en su trabajo con cilindros de cambur recubiertos con una cobertura de alginato de sodio enriquecida con calcio y vitamina D, reportó conjuntamente mohos y levaduras, encontrando para el día 7 de almacenamiento refrigerado, valores comprendidos entre  $10^6$  ufc/g para los cambures recubiertos y  $10^5$  ufc/g para el control. Esto permite reforzar lo encontrado en el presente trabajo en cuanto a que las coberturas disminuyen de cierta manera el crecimiento de dichos microorganismos.

La carga microbiana en general se puede considerar baja si es comparada con las poblaciones microbianas que se pueden hallar en frutas, las cuales pueden exceder las  $10^7$  ufc/g (López, 2000). A su vez, el cambur manzano es un producto vivo, perecedero, con una rápida maduración y de corta duración, lo cual lo hace susceptible a sufrir daños mecánicos en la cosecha y manipulación posterior durante el transporte y mercadeo (Nava, 2005). Estos daños pueden favorecer la contaminación del fruto, al hacer que tanto la piel como la pulpa tengan lesiones por donde se pueda facilitar el ingreso de microorganismos deteriorativos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

**Tabla 18.** Recuento de microorganismos (mohos y levaduras) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas recubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días.

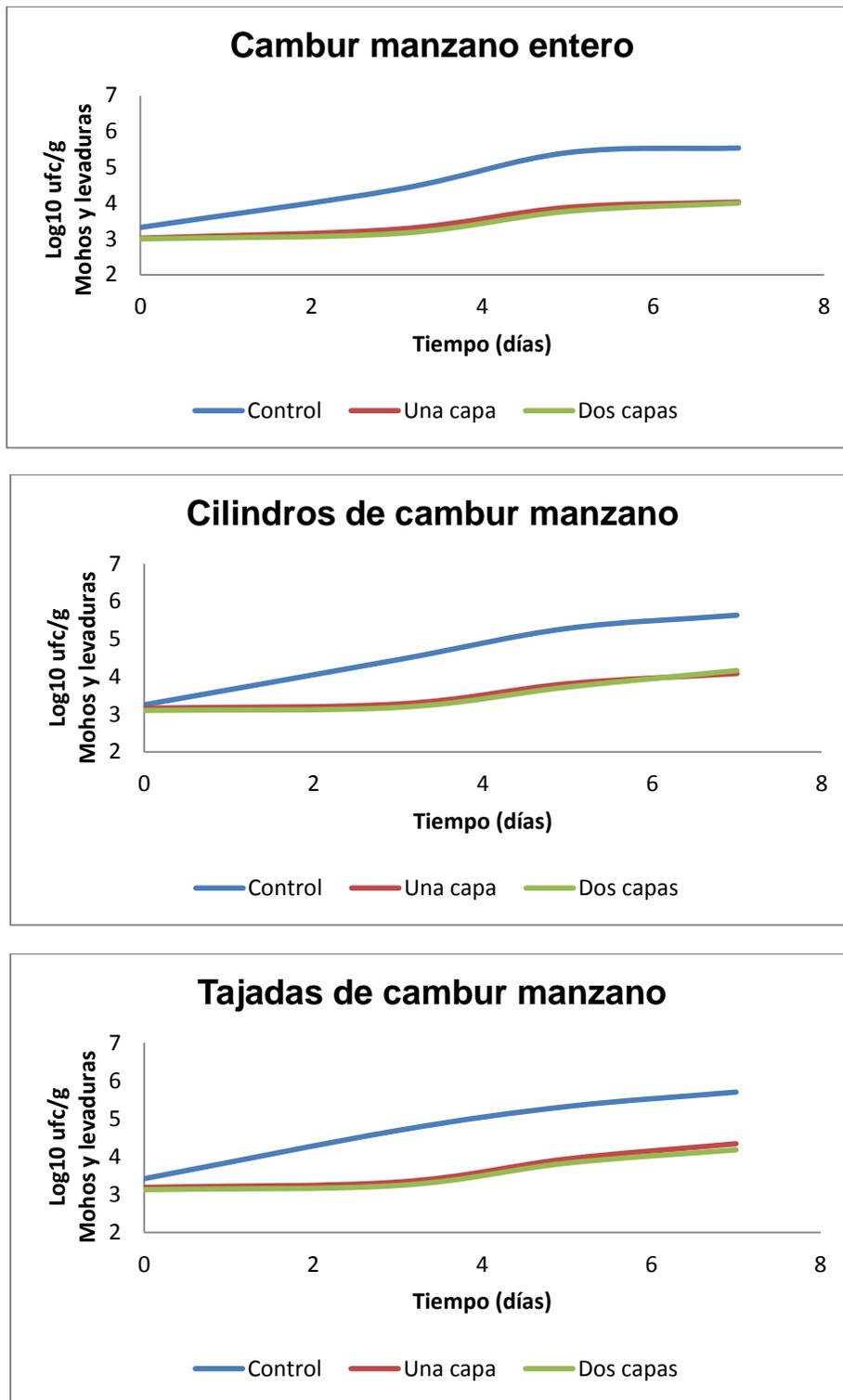
Días	Log <sub>10</sub> ufc/g								
	Enteros			Cilindros			Tajadas		
	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo	Control	Primer tiempo	Segundo tiempo
0	3,32 <sup>ab</sup> ±0,01	3,02 <sup>a</sup> ±0,03	3,00 <sup>a</sup> ±0,01	3,25 <sup>a</sup> ±0,02	3,16 <sup>a</sup> ±0,05	3,10 <sup>a</sup> ±0,01	3,42 <sup>ab</sup> ±0,02	3,19 <sup>a</sup> ±0,04	3,13 <sup>a</sup> ±0,06
3	4,38 <sup>c</sup> ±0,06	3,27 <sup>a</sup> ±0,03	3,15 <sup>a</sup> ±0,03	4,45 <sup>c</sup> ±0,03	3,27 <sup>a</sup> ±0,03	3,18 <sup>a</sup> ±0,01	4,69 <sup>cd</sup> ±0,03	3,33 <sup>ab</sup> ±0,07	3,24 <sup>a</sup> ±0,03
5	5,41 <sup>d</sup> ±0,04	3,88 <sup>b</sup> ±0,03	3,77 <sup>ab</sup> ±0,01	5,28 <sup>d</sup> ±0,06	3,70 <sup>ab</sup> ±0,03	3,72 <sup>ab</sup> ±0,02	5,32 <sup>d</sup> ±0,02	3,94 <sup>b</sup> ±0,01	3,83 <sup>b</sup> ±0,01
7	5,54 <sup>d</sup> ±0,02	4,03 <sup>c</sup> ±0,01	4,00 <sup>c</sup> ±0,02	5,63 <sup>d</sup> ±0,04	4,08 <sup>c</sup> ±0,02	4,16 <sup>c</sup> ±0,03	5,70 <sup>d</sup> ±0,02	4,34 <sup>c</sup> ±0,01	4,18 <sup>c</sup> ±0,01

Cada valor representa la media de tres determinaciones ± desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas (p < 0,05).

**Primer tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 20 segundos.

**Segundo tiempo:** se sumerge en la solución formadora de cobertura durante 30 segundos. Se espera que seque durante 10 minutos y volver a sumergir durante 30 segundos.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).



**Figura 12.** Recuento de microorganismos (mohos y levaduras) para los cambures manzanos enteros, cilindros y tajadas cubiertos con la cobertura a diferentes tiempos y almacenados a 4°C por 7 días.

#### **V.5.- Estabilidad sensorial durante el almacenamiento refrigerado de los cilindros de cambur manzano recubiertos con la cobertura.**

La evaluación sensorial se realizó una vez obtenido los resultados microbiológicos de las muestras de cambur manzano cubiertos con la cobertura a dos tiempos. Se desarrolló la evaluación sensorial con cilindros de cambur manzano tratados con el segundo tiempo (doble capa), si bien ambos tratamientos no mostraron diferencias significativas durante la estabilidad microbiológica, los cambures manzanos tratados con el segundo tiempo (doble capa) presentaron mayor firmeza y conservaron mejor el color.

En la **Tabla 19** se presentan los resultados de la encuesta realizada para determinar el porcentaje de importancia que los consumidores le confieren a cada uno de los atributos sensoriales a ser evaluados durante la estabilidad de los cilindros de cambur manzano. De los resultados obtenidos en las encuestas (**Tabla 19**), sobresale el atributo de sabor como el de mayor importancia para los encuestados, mientras que el atributo textura resultó ser el menos importante de todos. Sin embargo, no existe una diferencia muy marcada entre los atributos color y textura.

**Tabla 19.** Valores de importancia conferidos por el consumidor a varios atributos sensoriales a la hora de consumir cilindros de cambur manzano recubiertos con una cobertura comestible.

<b>Atributo sensorial</b>	<b><sup>1</sup>% Conferido por los consumidores</b>
Color	19,0
Aroma	26,4
Sabor	36,2
Textura	18,4

<sup>1</sup>Promedio de treinta panelistas encuestados

En base a estos resultados la **calidad total** se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Calidad} = \text{Color} \times 0,19 + \text{Aroma} \times 0,264 + \text{Sabor} \times 0,362 + \text{Textura} \times 0,184$$

En relación a los atributos sensoriales evaluados en los cilindros de cambur manzano, durante almacenamiento refrigerado, se definieron los días para el estudio en función de los resultados del análisis microbiológico, de manera de ofrecer a los panelistas un producto estable microbiológicamente. Realizándose la evaluación los días 0, 2, 4 y 6.

Como se puede observar en la **Tabla 20**, no existen diferencias significativas en todos los atributos evaluados, ya sea en el cambur manzano sin cobertura y el cambur manzano cubierto con doble cobertura para el día 0, ubicándose en “me gusta mucho”. Al transcurrir el tiempo de almacenamiento, se observan diferencias significativas entre los cilindros de cambur manzano cubiertos con la cobertura con los no cubiertos (control), con respecto a las muestras de cambur manzano control pasaron de ubicarse en “me gusta mucho” a “me gusta ligeramente”

Los valores de aceptación para el atributo “color” presentaron una homogeneidad en sus valores para el día cero. Destacándose la apreciación favorable “me gusta mucho” de los panelistas por el color que poseían los cilindros de cambur manzano cubiertos con la cobertura. Ninguna pieza con cobertura fue rechazada por parte de los panelistas tanto el día 0 como durante el almacenamiento.

La aceptación de los panelistas respecto al atributo “color” durante los 6 días de almacenamiento en que fue evaluado los cilindros de cambur manzano cubiertos con la cobertura, permaneció prácticamente invariable, a excepción del día 6, donde presentó

diferencias significativas con respecto al día 0, aunque nunca sin llegar al disgusto o indiferencia por parte de los panelistas.

**Tabla 20.** Evaluación sensorial de los cilindros de cambur manzano recubiertos con coberturas comestibles durante su almacenamiento en refrigeración, de acuerdo a la escala hedónica utilizada para evaluar los parámetros de color, aroma, sabor, textura y aceptación global.

Parámetro	Cilindros de cambur manzano	Días			
		0	2	4	6
Color	Control	8,10 <sup>d</sup>	6,45 <sup>b</sup>	6,05 <sup>b</sup>	5,22 <sup>a</sup>
	Cobertura (Doble capa)	8,26 <sup>d</sup>	8,34 <sup>d</sup>	8,15 <sup>d</sup>	7,26 <sup>c</sup>
Aroma	Control	8,17 <sup>d</sup>	7,12 <sup>c</sup>	7,10 <sup>c</sup>	7,50 <sup>c</sup>
	Cobertura (Doble capa)	8,33 <sup>d</sup>	8,20 <sup>d</sup>	8,11 <sup>d</sup>	8,23 <sup>d</sup>
Sabor	Control	8,47 <sup>d</sup>	7,50 <sup>c</sup>	7,52 <sup>c</sup>	6,46 <sup>b</sup>
	Cobertura (Doble capa)	8,58 <sup>d</sup>	8,45 <sup>d</sup>	8,19 <sup>d</sup>	7,63 <sup>d</sup>
Textura	Control	8,00 <sup>d</sup>	6,65 <sup>b</sup>	6,12 <sup>b</sup>	6,00 <sup>b</sup>
	Cobertura (Doble capa)	8,05 <sup>d</sup>	8,55 <sup>d</sup>	7,76 <sup>c</sup>	7,54 <sup>c</sup>
Global	Control	8,38 <sup>d</sup>	7,15 <sup>c</sup>	7,00 <sup>c</sup>	6,38 <sup>b</sup>
	Cobertura (Doble capa)	8,40 <sup>d</sup>	8,31 <sup>d</sup>	8,14 <sup>d</sup>	7,63 <sup>c</sup>

Cada valor representa el promedio de 10 panelistas encuestados.

Letras diferentes en cada parámetro indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

Los resultados obtenidos para los cilindros de cambur manzano cubiertos con doble capa de cobertura, contrastan con los valores de los parámetros L\*, a\* y b\* obtenidos para el color en la estabilidad fisicoquímica de los cilindros cubiertos con doble

capa de cobertura, en donde hubo una variación notable en el último día de almacenamiento. A pesar de que las muestras de cambur manzano utilizadas en la estabilidad sensorial no eran los mismos utilizados en la estabilidad fisicoquímica, se puede asumir un comportamiento similar en el comportamiento de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $B^*$ . Esta variación de color puede no ser lo suficientemente notorio a nivel visual, de manera que en el tiempo de almacenamiento puede ser insuficiente para alterar el color del cambur manzano a tal punto que puedan ser calificados por los panelistas de manera negativa (< 5 en la escala hedónica).

Al igual que para el atributo “color” los valores de aceptación para el atributo “aroma” presentado por los cilindros de cambur manzano cubiertos con la cobertura de doble capa, estuvieron a lo largo del almacenamiento invariables con la apreciación de “me gusta mucho”. Para las muestras control si se observó diferencias significativas el último día de almacenamiento con respecto al día 0. Sin embargo, a lo largo del experimento los panelistas no mostraron disgustos (< 5 puntos en la escala hedónica).

En la **Tabla 20** se observa que para los cilindros de cambur manzano cubiertos con doble capa, existe diferencias significas en el último día de almacenamiento con respecto al día 0. Según la escala hedónica se observó que el cambur manzano tratado presentó la calificación “me gusta mucho” desde el día 0 de almacenamiento, disminuyendo un grado de aceptación para el día 6, a “me gusta moderadamente”. En el caso de la muestra control, la disminución del grado de aceptación fue mayor, pasando de “me gusta mucho” para el día 0, a “me gusta ligeramente”. Esto puede deberse al comportamiento de las poblaciones de bacterias las cuales afectaron a las piezas de cambur manzano sin cobertura, disminuyendo su calidad sensorial.

La textura sobre las piezas de cambur manzano cubiertas con doble capa, mantuvo constante la apreciación por parte de los panelistas hasta el día 2, presentando

la calificación de “me gusta mucho”, para el día 4 disminuyó la calificación a “me gusta moderadamente”, observándose diferencias significativas (**Tabla 20**) y esta se mantuvo hasta el último día de almacenamiento. Para las muestras control, se observa un descenso aun mayor de este parámetro, pasando de “me gusta mucho” en el día 0, a “me gusta ligeramente”.

Se puede explicar el descenso en el tiempo de la apreciación de la textura por los efectos de las reacciones que deterioran el tejido al promover la degradación de los elementos de sostén de las piezas de fruta. O'Connor y col. (1994) mencionan que los cambios más indeseables de textura en frutas son causados por enzimas como la  $\beta$ -galactosidasa y la exo-poligalacturonasa que solubilizan las pectinas en la pared celular.

Con respecto a la apreciación global (**Tabla 20**) para el día 0, los cilindros de cambur manzanos cubiertos con doble capa y las muestras control presentaron la misma calificación conferida por los panelistas de “me gusta mucho”, conservándose en las piezas de cambur manzano tratadas hasta el día 4, para el último día de almacenamiento disminuyó a “me gusta moderadamente”, observándose la diferencia significativa con respecto al día 0. Para las muestras control, la apreciación global disminuyó los días 2 y 4 de almacenamiento a “me gusta moderadamente” y para el último día de almacenamiento disminuyó un grado más, pasando a “me gusta ligeramente”.

Para la evolución de la calidad total, se calculó la misma para cada día de almacenamiento utilizando la ecuación antes mencionada. En la **Tabla 21** se observan los resultados de la calidad total al transcurrir el tiempo de almacenamiento para los cilindros de cambur manzano cubiertos con doble cobertura.

La calidad total resume en un solo parámetro los cuatro atributos sensoriales evaluados durante la estabilidad en refrigeración. Se puede observar en la **Tabla 21** que

para los cilindros de cambur manzano cubiertos con doble cobertura la calidad total se mantuvo constante hasta el día 4 de almacenamiento, para el último día de almacenamiento disminuyó la calidad total en un grado. Sin embargo, para el día 6 de almacenamiento todavía se considera los cilindros de cambur manzano tratados con doble cobertura como un producto de calidad, dado que según la escala hedónica se califica como “me gusta moderadamente”.

**Tabla 21.** Calidad total de los cilindros de cambur manzano recubiertos con doble cobertura comestible durante su almacenamiento en refrigeración

	Días			
	0	2	4	6
Calidad total	8,35	8,38	8,14	7,70

Todo lo anterior indica que la doble cobertura comestible a base de almidón de yuca mejoró la calidad total de los cilindros de cambur manzano, conservándose la misma durante el almacenamiento refrigerado.

## VI.- CONCLUSIONES

- El método empleado para la extracción del almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) fue efectivo, lo cual se evidencia por la alta pureza obtenida, además presentó un bajo contenido de humedad, lo cual le confiere una alta estabilidad durante el almacenamiento.
- La composición fisicoquímica y proximal del almidón de yuca evaluado demostró que este puede ser fuente potencial de utilización en cualquier otro sistema alimenticio en el que se quiera utilizar.
- Se logró desarrollar satisfactoriamente coberturas comestibles a base de almidón de yuca al 5% y con la incorporación de 1,5% v/v de glicerol.
- Las propiedades fisicoquímicas de las coberturas comestibles a base de almidón de yuca evaluadas indicaron ser apropiada exhibiendo una buena adherencia a la superficie cortada del fruto.
- Los cambures manzanos almacenados bajo refrigeración por 7 días, con los distintos tratamientos y distintos cortes, no mostraron pérdidas significativas de peso y dureza, asimismo los cambios de color, pH, aw, así como la pérdida agua en los trozos de cambur manzano fueron menores en comparación con el control, lo que evidencia la protección ofrecida por las coberturas aplicadas.
- La estabilidad microbiológica de los cambures manzanos con los distintos tratamientos y los distintos cortes, bajo refrigeración por 7 días, demostró que la

flora nativa (aerobios mesófilos, psicrófilos y mohos y levaduras) aumentó significativamente en el tiempo, encontrándose diferencias significativas entre los cambures manzanos sin cobertura y los recubiertos con una cobertura de almidón de yuca, siendo mayor el crecimiento de esta flora en los cambures manzanos sin cobertura.

- La cobertura comestible de almidón de yuca fue sensorialmente compatible con el cambur manzano cortado, preservando sin afectar las propiedades sensoriales del cambur manzano fresco lo cual se mantuvo durante el almacenamiento refrigerado. La cobertura comestible conservó la calidad total del cambur manzano almacenado bajo refrigeración por 6 días.
- Se comprueba que es factible utilizar coberturas de almidón de yuca para la conservación del cambur manzano, manteniendo sus propiedades de color, aroma, sabor y textura, alargando su período de vida útil, e inocuas al consumidor.

## VII.- RECOMENDACIONES

- Realizar futuros estudios incorporando aditivos a las coberturas comestibles base de almidones de yuca como antioxidantes y antimicrobianos.
- Se recomienda evaluar la permeabilidad sobre el oxígeno y dióxido de carbono de la cobertura comestible estudiada.
- Evaluar cuales alimentos serían más propicios para la aplicación de estas coberturas, tomando en cuenta sus propiedades mecánicas.

## VIII.- BIBLIOGRAFÍA

Abreu, A., Gutiérrez, M., Quintero, L., Molina, E., Anido, E., Ablan, R., Cartay, C., Mercado, C. 2007. El cultivo del plátano en Venezuela. Primera edición. CIAAL-ULA. Caracas, Venezuela.

AACC (American Association of Cereal Chemists). 2003. Approved methods of the American Association of Cereal Chemist. 9<sup>th</sup> Edition

Adewusi, S., Bradbury, J. 1993. Carotenoids in cassava: Comparison of open-column and HPLC Methods of Analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **62**: 375-383.

Alarcón, F., Dufour, D. 1998. El cultivo de yuca. En: Almidón agrío de yuca en Colombia. Tomo 1: Producción y Recomendaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT. N° 268. Cali, Colombia.

Alvis, A., Vélez, C., Villada, H., Rada, M. 2008. Análisis fisicoquímico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información Tecnológica*. **19 (1)**: 19 – 28.

Anchundia, M. 2005. Obtención de almidón acetilado de batata (*Ipomea batatas*). Caracterización y uso en la formulación de un producto alimenticio tipo pudín. Trabajo Especial de Grado. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1980. Official Methods of Analysis. 13<sup>th</sup> Edition. Arlinton, VA.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. 13<sup>th</sup> Edition. Arlinton, VA.

Aristizábal, J. y Sánchez, T. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO N° 163. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.

Aular, J. y Cáceres, M. 2011. Consideraciones sobre la producción de frutas en Venezuela. *Fruticultura*. **3 (1)**: 187 – 98.

Badui, S. 2006. Química de los Alimentos. Cuarta edición. Pearson Educación. Ciudad de México, México.

Baldwin, E., Nisperos, M., Baker, R. 1995. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. *American Society for Horticultural Science*. **30(1)**: 35-38, 56.

Baldwin, E., Nisperos, M., Chen, X., Hagenmaier, R. 1996. Improving the storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biology and Technology*. **9**: 151-163.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Baldwin, E., Nisperos, M., Hagenmaier, R., Baker, R. 1997. Use of lipids in coatings for food products. *Food Technology*. **51**: 56-62, 64.

Barco, P., Burbano, A., Mosquera, S., Villada, H., Navia, D. 2011. Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate. *Lasallista de Investigación*. **8(2)**: 96-103.

Becker, A., Hill, S., Mitchell, J. 2001. Relevance of amylose-lipid complexes to the behavior of thermally processed starches. *Starch/Stärke*. **53**: 121 – 130.

Belalcazar, S. 1991. El cultivo del plátano en el trópico. Instituto Colombiano Agropecuario. *Manual de Asistencia Técnica*. **50**: 376 – 378.

Bello, L., Romero, R., Paredes, O. 2000. Preparation and properties of physically and chemically modified banana starch prepared by alcoholic-alkaline treatment. *Starch*. **52**: 154 – 159.

BeMiller, J. 1993. Starch-based gums. In: industrial gums, polysaccharides and their derivatives. Whistler, R., BeMiller, J. (Eds.) Ed. Academic Press, New York.

Bico, S., Raposo, M., Morais, R., Morais, A. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. *Food Control*. **20(5)**: 508 – 514.

Biliaderis, C. 1991. The structure and interactions of starch with food constituents. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. **69(1)**: 60 – 78.

Blanshard, J. 1987. Starch granule structure and function: a physicochemical approach. In: Starch: properties and potential, Critical reports on Applied Chemistry. Galliard, T. (Eds). Society of Chemical Industry by John Wiley and Sons. **6**: 115 – 149.

Bou Rache, L., De Vizcarrondo, C., Rincón, A., De Padilla, F. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida* L.), variedades blanco y morado. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*. **56(4)**: 375 – 383.

Cagampang, G., Pérez, C., Juliano, B. 1973. A gel consistency for eating quality of rice. *Journal Food Science and Agriculture*. 1589 – 1594.

Carranza, J. 2000. Manejo de las fórmulas de diferencias de color vs. límites de aceptabilidad. Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Luis Enrique Erro. Tonantzintla, Puebla. **1**: 117 – 120.

Carrasco, E., Villarroel, M., Cevallos, L. 2002. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad sensorial de pimentones verdes (*Capsicum Annuum* L.) durante el almacenamiento. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*. **52(1)**: 84 – 90.

Cartay, R. 2004. Difusión y comercio de la yuca (*Manihot esculenta* C.) en Venezuela y en el mundo. *Agroalimentaria*. **18**: 13 – 22.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Cheftel, J. 1977. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Vol. II. Acribia, S. A. Zaragoza, España.

Chin-Lin, H., Wenlung, C., Yih-Ming, W., Chin-Yin, T. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam ficus as affected by different drying methods. *Food Chemistry*. **83**: 85 – 92.

Ciarfella, A. 2009. Evaluación de las raíces comestibles de cuatro variedades promisorias de yuca, caracterización del almidón y elaboración de casabe fortificado. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Colmenares, D., González, S., Peña, O. 2012. Cultivo del plátano y el banano en Venezuela. *Agroalimentaria*. **6 (2)**: 7 – 18.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 1987. Norma Venezolana N° 902-87. Alimentos. Método para recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de Petri. Segunda revisión. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.

Coultate, T. 1987. Alimentos. Química de sus componentes. Tercera edición. Acribia, S. A. Zaragoza, España.

Debeaufort, F., Quezada, J., Voilley, A. 1998. Edible films and coatings: tomorrow's packagings: A review. *Food Science Nutrition*. **38**: 299 – 313.

Diab, T., Biliaderis, C., Gerasopoulos, D., Stakiotakis, E. 2001. Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **81**: 988-1000.

Donhowe, I. and Fennema, O. 1994. Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions and testing methods. In: Krochta, J., Baldwin, M., Nisperos, M. (Eds). Edible coatings and films to improve food quality. (pp: 1 – 24). Chapter 1. Lancaster, Estados Unidos.

Doyle, M., Beuchat, L., Montville, T. 1997. Microbiología de los alimentos., fundamentos y fronteras. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

Ellis, R., Cochrane, M., Dale, M., Duffus, C., Lynn, A. Morrison, I., Prentice, R. and contributors. 1998. Starch production and industrial use. *Journal of Science of Food and Agriculture*. **77**: 298-310.

Famá, L., Flores, S., Rojas, A., Goyanes, S., Gerschenson, L. 2004. Comportamiento mecánico dinámico de películas comestibles a bajas temperaturas: influencia del contenido de sorbato y grado de acidez. *Congress CONAMET/SAM*. **1(1)**: 157-162.

Figuroa, J., Salcedo, J., Narváez, G. 2013. Efecto de recubrimiento comestible a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (*Tommy Atkins*). *Temas Agrarios*. **18(2)**: 94-105.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Fundación Polar. 2007. El cultivo del plátano en Venezuela: Desde el campo hasta la mesa. CAAL-ULA. Caracas, Venezuela.

Galíndez, R. 1993. Modificación de almidones por métodos de extrusión y microondas: I.- *Cannavalia ensiformis* y *Lens esculenta*. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Gallardo, T. and Bowler, P. 1987. Morphology and composition of starch. In: Starch: properties and potential, critical reports on applied chemistry. Vol 13, Galliard, T. (Eds). Society of Chemical Industry by John Wiley and Sons. **6**: 115 – 149.

García, M., Martino, M., Zaritzky, N. 2000. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. *Journal of Food Science*. **65(6)**: 941 – 947.

García, A. 2007. Caracterización post-cosecha del apio criollo (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft. Var. *xanthorrhiza*). Evaluación fisicoquímica de la raíz, harinas y productos. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Gennadios, A. and Weller, C. 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*. **44(10)**: 63-69.

González, Z. y Pérez, E. 2003. Evaluación fisicoquímica y funcional de almidones de yuca (*Manihot esculenta* C.) pregelatinizados y calentados con microondas. *Acta Científica Venezolana*. **2(54)**: 127-137.

Grace, M. 1987. Cassava processing. Food and Agriculture Organization (FAO). Pp. 55 – 61. Roma, Italy.

Greener, I. and Fennema, O. 1989. Barrier properties and surface characteristics of edible bilayer films. *Journal of Food Science*. **54(6)**: 1393-1399.

Gregorová, E., Pabst, W., Boháčenko, I. 2006. Characterization of different starch types for their application in ceramic processing. *Journal of the Ceramic Society*. **26**: 1301 – 1309.

Guilbert, S., Gontard, N., Gorris, L. 1996. Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *Lebensmittel Wissenschaft and Technology*. **29**: 10-17.

Gunaratne, A. and Hoover, R. 2002. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers*. **49**: 425 – 437.

Gutiérrez, B. y Schulz, E. 1992. Características físicas y químicas de harina blanca y almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.). *Revista de la Facultad de Agronomía*. 18: 95 – 105.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Gutiérrez, T. 2013. Propiedades físicas, químicas y microestructurales de películas comestibles a base de almidón de yuca y mapuey. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Haddad, O. y OBorges, I. 2009. Identificación de clones de bananos (cambures y plátanos) en Venezuela. *Agronomía Tropical*. **21(4)**: 277 – 286.

Han, J. and Gennadios, A. 2005. Edible films and coatings: A review. In: Han, J. Innovations in food packaging (pp. 239-259). *Food Science and Technology*. International Series. San Diego, California.

Happi, B., Prado, A., Bernard, A., Tchango, B., Paquot, A. 2007. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chemistry*. **103**: 590 – 598.

Hernández, O. 2006. Películas y coberturas comestibles a base de diferentes almidones: Digestibilidad in vitro de películas y caracterización física de coberturas sobre fresas (*Fragaria ananassa*). Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Hleap, J. y V. Velasco. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. **8(2)**: 46 – 56.

Hoover, R. 2001. Composition molecular, structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Review Carbohydrate Polymers*. **45**: 253-267.

Hsu, CL., Chen, W., Weng, YM., Tsenga, CY. 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. *Food Chemistry*. **83**: 85 – 92.

Hu, G., Chen, J., Gao, J. 2009. Preparation and characteristics of oxidized potato starch films. *Carbohydrate Polymers*. **76**: 291 – 298.

INN. 2000. Instituto Nacional de Nutrición. Valores de referencia de energía y nutrientes para la población venezolana. Cuaderno Azul nº 53. Caracas, Venezuela.

INN. 2001. Instituto Nacional de Nutrición. Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Publicación Nº 54. Serie de cuadernos azules. Caracas, Venezuela.

International Standards Organization (ISO) 7954:1987. 1987. Microbiology-General guidance for the enumeration of yeast and mould-colony-count technique at 25 degrees C. Geneve, Switzerland.

Iwuoha, C., Banigo, E., Okwelum, F. 1997. Cyanide content and sensory quality of cassava (*Manihot esculenta* C.) root tuber flour as affected by processing. *Food Chemistry*. **58(4)**: 285 – 288.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Jiménez, Y. 2007. Evaluación del almidón extraído de algunas raíces y tubérculos del Estado Amazonas. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Kaneda, Y., Kitahara, K., Suganuma, T., Nagahama, T. 1996. Introduction of fatty acids into low-lipid starches and their năgeli amyloextrins. *Cereal Chemistry*. **73 (2)**: 244 – 248.

Kennedy, J., White, C., Cabral, J., Sá-Correia, I. 1987. Starch biomass: a chemical feedstock from enzyme and fermentation processes. In: Starch: properties and potential. Critical Reports on Applied Chemistry. Vol 13, Galliard, T. (Eds). Society of Chemical Industry by John Wiley and Sons. **6**: 115 – 149.

Kerdchoechuen, O., Laohakunjit, N., Tussavil, P., Kaisangsri, N., Matta, F. 2011. Effect of starch-based edible coatings on quality og minimally processed pumelo (*Citrus maxima* Merr.) International. *Journal of Fruit Science*. **11**: 410 – 423.

Kester, J. and Fennema, O. 1986. Edible film and coatings. *Food Technology*. **40**: 47-59.

Kokoszka, S. and Lenart, A. 2007. Edible coatings. Formation characteristics and use: A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. **57(4)**: 399-404.

Krotchta, J. and De Mulder, C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Tecnology*. **51(2)**: 60 – 74.

Kumar, V., Mohan, T., Murugan, K. 2008. Purification and kinetic characterization of polyphenol oxidase from Barbados cherry (*Malpighia glabra* L.). *Food Chemistry*. **110**: 328 – 333.

Lamikanra, O., Chen, J., Banks, D., Hunter, P. 2000. Biochemical and microbial changes during the storade of minimally processed cantaloupe. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **48**: 5955 – 5961.

Laurentin, A. 2004. Starch pyrodextrins: In vitro fermentation and physiological effects. PhD thesis. University of Glasgow. Scotland.

León, A. y Rossel, C. 2010. De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Primera edición. CDD 664.752 3. Córdoba, Argentina.

López, S. 2000. Estudio de la estabilidad microbiológica del melón (*Cucumis melo* L.) mínimamente procesado. Tesis de Maestría. Universidad Simón Bolívar.

Lorenz, K. 1982. Cereal and root starch modification by heat-moisture treatment. I. Physico-chemical properties. *Starch/Stärke*. **9**: 43 – 54.

Lourdin, D., Valle, D., Colonna, P. 1995. Influence of amylase content on starch films and foams. *Carbohydrate Polymers*. **27**: 261 – 270.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Ly, J. 2004. Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. *Revista Computarizada de Producción Porcina*. **11(3)**: 1 – 20.

Mali, S., Grossmann, M., García, M., Martino, N., Zaritzky, N. 2005. Mechanical and thermal properties of yam starch films. *Food Hydrocolloids*. **19**: 157 – 164.

Martin, O., Soliva, R., Baldwin, E. 2005. Conservación mediante recubrimientos comestibles. En González, G., Gardea, A., Cuamea, F. (Eds.). Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados (pp. 341 – 354). Capítulo 15. Jalisco, México.

Martínez, G., Delgado, E., Rey, J., Jiménez, C., Pargas, R., Manzanilla, E. 2009. Producción del plátano en Venezuela y el mercado mundial. INIAHOY. Mayo-agosto.

Matos, M. 1996. Modificación por métodos químicos de fosfatación, acetilación y doble derivación de almidón de yuca. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Matos, M. and Pérez, E. 2003. Characterization of native and modified cassava starches. In: Ultra structural study by scanning electron microscopy and X-ray diffraction techniques. *Cereal Food World*. **48**:78-81.

Mehyar, G., Al-qadiri, H., Swanson, B. 2012. Edible coatings and retention of potassium sorbate on apples, tomatoes and cucumbers to improve antifungal activity during refrigerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*. **38**: 1745-4549.

Melito, C. 1998. Aislamiento, caracterización fisicoquímica, susceptibilidad a la hidrólisis enzimática y generación de almidones nativos, pregelatinizados y entrecruzados de arroz (*Oryza sativa*), apio (*Arrcacia xanthorrhiza*) y haba criolla (*Canavialia ensiformis*). Tesis Doctoral. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Montaldo, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Segunda edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

Moorthy, D. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: a review. *Starch/Stärke*. **54**: 559 – 552.

Moreno, B. 2005. Recubrimiento de fresas (*Fragaria sp.*) con coberturas comestibles a base de almidón modificado de papa blanca (*Solanum tuberosum*). Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Nava, C. y Vera, J. 2004. Relación del número de hojas a floración y hojas perdidas en el ciclo reproductivo con el peso del racimo en plantas de plátano en presencia de Sigatoka negra. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Universidad del Zulia. **21**: 335 – 342.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Nava, C., Villalobos, R., Sosa, L., Delgado, M. 2005. Vida útil económica del cultivo de banano *Musa* AAA Cavendish CV (Gran Enano) en la planicie aluvial del río Motatán. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Universidad del Zulia. **22(3)**: 267-276.

Niba, L., Bokanga, M., Jackson, E., Schlimme, D., Li, B. 2002. Physicochemical properties and starch granular characteristics of flour from various *Manihot esculenta* (cassava) genotypes. *Journal of Food Science*. **67 (5)**: 1701 – 1705.

Novak, F. 1992. *Musa* (Bananas and plantain) In: Biotechnology of Perennial Fruit Crops. Hammerschalag, F. A. and Litz, R.E. (Eds) C.A.B. International. Wallingford. Oxford, U. K. pp 488-499.

Numfor, F. and Noubi, L. 1995. Effect of full-fat soya bean flour on the quality and acceptability of fermented cassava flour. *Food and Nutrition Bulletin*. **16 (3)**: 244.

O'Brien G., Mbome L., Taylor A., Poulter N. 1992. Variations in cyanogen content of cassava during village processing in Cameroon. *Food Chemistry*. **44**: 131-136.

O'Connor, R., Roberts, R., Ford, A., Nottingham, S. 1994. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *Journal of Food Science*. **59(6)**: 1202 – 1215.

Omuesti, O., Akinlosotu, T., Omidiji, M., Kogbe, J., Osikanlu, Y. 1995. Evaluation of local and improved cassava (*Manihot esculenta* C.) cultivars from south-western Nigeria for biochemical components. *Tropical Science*. **35**: 121 – 129.

Padmaja, G. 1995. Cyanide detoxification in cassava for food and feed uses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. **35 (4)**: 299-339.

Pagella, C., Spigno, G., De Faveri, D. 2002. Characterization of starch based edible coatings. *Food and Bioproducts Processing*. **80 (3)**: 193 – 198.

Palacín, J. 2012. Efectos de recubrimientos de almidón de yuca, ácido ascórbico, N-acetilcisteína en la calidad del plátano (*Musa paradisiaca*). Tesis de Maestría. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Cartagena, Colombia.

Pavlath, A. and Orts, W. 2009. Edible films and coatings: why, what and how? In: Edible Films and Coatings for Food Applications. Springer Science/Business Media. NY, USA. (pp. 1 – 23).

Pérez, E., Bahnassay, Y., Breene, W. 1993. A simple laboratory scale method for isolation of amaranthus starch. *Starch / Stärke*. **45 (6)**: 211-214.

Pérez, E. 1994. Caracterización de las propiedades funcionales de almidones nativos y modificados por métodos físicos de extrusión, deshidratación con doble tambor e irradiación gamma y microondas. Trabajo de Ascenso. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Pérez, E., Schultz, F., Pacheco de D. E. 2005. Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocasia esculenta* (taro). *Carbohydrate Polymers*. **60(2)**: 139 – 145.

Pérez, E., Segovia, X., Tapia, M., Schroeder, M. 2012. Native and crosslinked modified *Dioscorea trifida* (cush-cush yam) starches as biomatrices for edibles films. *Journal of Cereal Science*. **45**: 219 – 226.

Peroni, F., Rocha, T., Franco, C., 2006. Some structural and physicochemical characteristics of tuber and root starches. *Food Science and Technology*. **12**: 505 – 513.

Pinargote, S. y Gálvez, M. 2015. Aplicación de recubrimientos biodegradables de almidón de yuca y gelatina con aceite esencial de orégano para la conservación de papayas a temperatura ambiente. Tesis de Ingeniero. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador.

Quintero, C., Falguera, V., Muñoz, A. 2010. Películas y recubrimientos comestibles: Importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. *Tumbaga*. **1(5)**: 93-118.

Radley, J. 1976. Examination and analysis of starch and starch products. Applied Science Publishers LTD, London. pp. 220.

Ramírez, J. 2003. Desarrollo de un alimento funcional a base de melón (*Cucumis melo*, L). III.-Impregnación (Calcio, Zinc y *Bifidobacterium sp*) y recubrimiento con película comestible de alginato. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Ramos, M., Bautista, S., Barrera, L. 2010. Compuestos antimicrobianos adicionados en recubrimientos comestibles para uso en productos hortofrutícolas. *Fitopatología*. **28**: 44 – 57.

Rangel, P. 1980. Mecanización del cultivo de la yuca: Plantación, cosecha y aprovechamiento de la parte aérea. En Seminario Nacional de la yuca. UCV Facultad de Agronomía. Dic. 1, 2 y 3. *Revista de Agronomía*. **31**:135 – 166.

Raybaudi, R., Mosqueda, J., Martín, O. 2008. Edible alginate-based coatings as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. *International Journal of Food Microbiology*. **121**: 313 – 327.

Rodríguez, F. 2004. Desarrollo de una cobertura comestible para cilindros de melón (*Cucumis melo* L.) con mínimo proceso. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Rojas-Graü, M., Tapia, M., Martín, O. 2007. Empleo de recubrimientos comestibles en frutas frescas cortadas: nuevo enfoque de conservación y desarrollo de productos. *Alimentaria*. **38**: 105-118.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Rojas-Graü, M., Tapia, M., Martin, O. 2008. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality. *LWT – Food Science and Technology*. **41**: 139 – 147.

Rojas-Graü, M., Soliva, R., Martin, O. 2009. Edible coatings to incorporate active ingredients to freshcut fruits: A review. *Trends in Food Science and Technology*. **20**: 438-447.

Romero, C., Bello, L., García, M., Martino, M., Solorza, J., Zaritzky, N. 2005. Physicochemical and microestructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches. *Carbohydrate Polymers*. **60**: 235 – 244.

Saavedra, N. y Algecira, N. 2010. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína de soya en la conservación de fresas. *Revista Nova*. **8 (14)**: 171 – 182.

Schoch, T. 1964. Fatty substances in starch. Whistler, R. In: *Methods in carbohydrates chemistry*. Vol IV. Ed. Academic press. New York, USA.

Segovia, X. 2010. Elaboración de coberturas y películas comestibles a partir de almidón de mapuey (*Dioscorea trifida* L.) nativo y modificado por entrecruzamiento y su aplicación sobre plátano verde (*Musa paradisiaca* L.). Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Simmonds, N. and Shepherd, K. 1955. The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *Botanical Journal of the Linnean Society*. **55**: 302 – 312.

Sívoli, L., Pérez, E., Rodríguez, P., De Abrisqueta, A., Raymúndez, M. 2005. Cambios en la estructura granular durante el proceso de modificación química (fosfatado – acetilado) del almidón de yuca analizados por microscopía óptica y electrónica. *Acta Microscópica*. **14 (1 y 2)**: 5 – 9.

Slattery, C., Kavakii, I., Okiro, T. 2000. Engineering starch for increasing quality. *Trends Plant Science*. **7**: 291 – 298.

Smith, R. and Caruso, J. 1964. Determination of phosphorus. *Methods in Carbohydrates Chemistry*. **4**: 42.

Sosa, L. 1991. Consideraciones agronómicas sobre el cultivo del Cambur Manzano (*Musa AAB*) en la cuenca del Lago de Maracaibo. Trabajo de Ascenso. Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

Surga, J. 1988. Obtención de plantas libres de Virus de Mosaico del pepino por cultivos de ápices meristemáticos aislados in vitro de dos cultivares de banano. *Fitopatología Venezolana*. **1(2)**: 69 – 72.

Tajla, R., Harry, H., Roos, Y., Jouppila, K. 2007. Effect of various polyols and polyol contents on physical and mechanical properties of potato starch-based films. *Carbohydrate Polymers*. **67**: 288-295.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Tapia, M., Rojas-Graü, M., Rodríguez, F., Soliva, R., Martín, O. 2008. Use of alginate and gellan-based coatings for improving barrier, texture and nutritional properties of fresh-cut papaya. *Food Hydrocolloids*. **22(8)**: 1493 – 1503.

Tester, R., Karkalas, J., Qi, X. 2004. Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal Cereal Science*. **39**: 151-165.

Thitipraphunkul, K., Uttapap, D., Piyachomkwan, K., Takeda, Y. 2003. Comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Part II. Molecular structure of amylase and amylopectin. *Carbohydrate Polimers*. **53**: 317 – 324.

Thomas D. and Atwell W. 1999. Starch structure. In: Practical guides for the food industry. Eagan Press Handbook Serie. St Paul Mn, USA. (pp. 1-12).

Thunwall, M., Kuthanová, V., Antal, A., Rigdahl, M. 2008. Film blowing of thermoplastic starch. *Carbohydrate Polymers*. **71**: 583 – 590.

Vásquez, F. 2011. Enriquecimiento de frutas tropicales frescas cortadas mediante la aplicación de coberturas comestibles ricas en calcio y vitamina D. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Vázquez, M. y Guerrero, J. 2013. Recubrimiento de frutas con biopelículas, Alimentos y Ambiental. Universidad de las Américas Puebla. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*. **5 (14)**: 2 – 7.

Viña, S., Mudridge, A., García, M., Ferreyra R., Martino, M., Chaves, A., Zaritzky, N. 2007. Effects of polyvinylchloride and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. *Food Chemistry*. **103**: 701 – 709.

Whistler, K. and Pachall, E. 1967. Starch chemistry and technology. Vol. II. Academic Piers. New York and London.

Wu, Y., Weller, C., Hamouz, F., Cuppett, S., Schnepf, M., 2002. Development and application of multicomponent edible coatings and films: A review. *Advances in food and nutrition research*. **44**: 347-394.

Wurzberg, O. 1986. Forty years of industrial starch research. *Cereal Food World*. **31(12)**: 897-903.

Yang, L. and Paulson, A. 2000. Mechanical and water vapour barrier properties of edible gellan films. *Food Research International*. **33**: 563 – 570.

Yang, L., Fujita, S., Kohnu, K., Kusubayashi, A., Ashrafuzzaman, M., Hayashi, N. 2001. Partial purification and characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa sapientum* L.) peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **49**: 1446 – 1449.

Turipe, Sol, 2017. Elaboración de coberturas comestibles a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* C.) y su aplicación en la conservación de cambur manzano (*Musa AAB*).

Young, A. 1984. Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes. In *Starch. Chemistry and Technology*. Second edition. Whistler, R., Bemiller, J., Paschall, E. (Eds). Academic Press, Inc. **5**: 285 – 311.

Zaidul, I., Nik, N., Mohd, A., Yamauchi, H., Noda, T. 2007. Analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam and cassava starches. *Carbohydrate Polymers*. **69**: 784 – 791.

## IX.- ANEXOS

### Apéndice A

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

A continuación se le entregan dos muestras de cambur manzano para que usted evalúe su color, olor, sabor, textura y aceptación global. Con este fin, colocara en la fila en que aparece el código de la muestra el número que le corresponde de la siguiente escala hedónica:

9. Me gusta extremadamente
8. Me gusta mucho
7. Me gusta moderadamente
6. Me gusta ligeramente
5. Me es indiferente
4. Me disgusta ligeramente
3. Me disgusta moderadamente
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta extremadamente

Por favor tomar agua y comer un trozo de galleta entre muestras.

<b>Código muestra</b>	<b>Color</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Global</b>
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Comentarios:

---

---

*Gracias por su Colaboración*

## Apéndice B

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

A la hora de consumir trozos de cambur manzano con una cobertura comestible ¿Qué porcentaje le adjudicarías a cada uno de los siguientes atributos?

Atributo sensorial	Porcentaje (%)
• Color de la cobertura	_____
• Aroma de la cobertura	_____
• Sabor de la cobertura	_____
• Textura de la cobertura	_____

*Gracias por su Colaboración*