

**EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO A PARTIR DE ALMIDÓN
MODIFICADO DE YUCA Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum
vulgare*) SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA
PAPAYA (*Carica papaya* L.)**



**DORA ALEJANDRA CASTILLO SILVA
KATTERINE SALAZAR ANACONA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
GRUPO DE INVESTIGACION CYTBIA
POPAYÁN
2017**

**EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO A PARTIR DE ALMIDÓN
MODIFICADO DE YUCA Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum
vulgare*) SOBRE LA CALIDAD FISIOLÓGICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA
PAPAYA (*Carica papaya* L.)**

**DORA ALEJANDRA CASTILLO SILVA
KATTERINE SALAZAR ANACONA**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar el título de
Ingeniera Agroindustrial**

**Director:
Mg. SILVIO ANDRÉS MOSQUERA SÁNCHEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
GRUPO DE INVESTIGACIÓN CYTBIA
POPAYÁN
2017**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han leído el presente trabajo, han escuchado la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio

M.Sc. SILVIO ANDRÉS MOSQUERA
DIRECTOR

Ph.D. OLGA LUCÍA HOYOS
Presidente del Jurado

Ph.D. DIEGO ROA ACOSTA
Jurado

DEDICATORIA

A Dios por acompañarme durante todo este proceso y por darme amor, paciencia y fortaleza en todo momento.

A mi madre Luz Karime Silva, por ser un ejemplo de lucha y perseverancia en mi vida, a quien extraño profundamente y su recuerdo me da la motivación y las ganas de seguir adelante cada día.

A mi padre Diego Leonardo Castillo por ser mi soporte incansable, por su amor, paciencia y comprensión.

A mi hermano por su apoyo incondicional, y su amistad, a mi novio por su apoyo infinito y lealtad.

DORA ALEJANDRA CASTILLO SILVA

A Dios por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, por ser mi compañía y mi fortaleza para cumplir esta meta en mi vida.

A mi madre Noira María Anacona Cerón, por el sacrificio, esfuerzo, y amor sin límites, por levantarme una y otra vez en los tropiezos de la vida, eres mi orgullo más inmenso, gracias por hacer de mi lo que soy, por convencerme de que lo que yo me proponga lo podré lograr. Te amo infinitamente.

A mis hermanos Jineth Paola y Duver Andersson, y a mi prima Zharick Daniela, por su amor y apoyo incondicional.

A mis sobrinos Sergio Alejandro y Miguel Ángel, por ser quienes alegran mi vida y mi mayor motivación de ejemplo a seguir.

A mis profesores por su entrega, paciencia y enseñanzas.

A mis amigos de la Universidad, gracias por coincidir en esta vida, y compartir tantos aprendizajes y alegrías que permanecerán en la mente y el corazón para siempre.

KATTERINE SALAZAR ANACONA

AGRADECIMIENTOS

A nuestro director Silvio Andrés Mosquera Sánchez por su aporte en conocimientos y guía durante el desarrollo del trabajo de investigación.

A los profesores Sandra Rivas y Edwin Rengifo por su apoyo, colaboración y guía en el transcurso del trabajo de investigación.

Al señor Wilson Orozco por su colaboración, a los Ingenieros Manuel Pasquel y Sandra Paz por su interés y contribución.

Al Ingeniero Agropecuario Eduard Javier Gómez Pizo por su amistad y sus valiosos aportes.

A todas la personas que de una u otra manera nos brindaron su ayuda en la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO REFERENCIAL.....	19
1.1. PAPAYA.....	19
1.1.1. Descripción Botánica	19
1.1.2. Diagnóstico del sector en Colombia.....	20
1.1.3. Características del producto.....	21
1.1.4. Requerimientos climáticos y edáficos.....	23
1.1.5. Operación de cosecha y poscosecha	23
1.1.6. Principales enfermedades poscosecha de la papaya	24
1.2. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	25
1.3. ALMIDÓN DE YUCA.....	27
1.4. PLASTIFICANTE: GLICEROL	28
1.5. PROTEÍNA DE SOYA.....	28
1.6. UTILIZACIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN EL CONTROL DE HONGOS FITOPATÓGENOS	30
1.6.1. Aceite esencial de orégano.....	31
2. METODOLOGÍA.....	34
2.1. LOCALIZACIÓN	34
2.2. MATERIALES	34
2.2.1. Fruta	34
2.2.2. Almidón de yuca modificado.....	35
2.2.3. Proteína aislada de soya.....	35
2.2.4. Insumos.....	35
2.3. MÉTODOS	38

2.3.1. Ensayos preliminares para determinar las concentraciones de los materiales a emplear en la elaboración del recubrimiento.....	38
2.3.2. Elaboración y aplicación del recubrimiento.....	40
2.3.3. Preparación de la suspensión de esporas, aplicación y determinación de la escala de severidad por fusarium spp en los frutos de papaya (Carica papaya L.)	43
2.4. MEDICIÓN DE VARIABLES.....	45
2.4.1. Pérdida de peso..	45
2.4.2. Color	46
2.4.3. Tasa de respiración.....	46
2.4.4. Firmeza	46
2.4.5. Sólidos solubles totales.....	46
2.4.6. pH.....	47
2.4.7. Acidez titulable.....	47
2.4.8. Crecimiento microbiano.....	47
2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	47
3. RESULTADOS.....	49
3.4. PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO	54
3.5. COLOR	56
3.5.2. Coordenada b*	61
3.5.3. Coordenada L*	63
3.6. RESPIRACIÓN: PORCENTAJE DE CO ₂	65
3.7. FIRMEZA.....	69
3.8. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES.....	72
3.9. pH.....	75
3.10. PORCENTAJE DE ACIDEZ	78
3.11. CRECIMIENTO MICROBIANO.....	81
4. CONCLUSIONES.....	83
5. RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85

ANEXOS 96

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Prueba estadística de medidas repetidas para porcentaje de pérdida de peso

ANEXO B. Prueba de esfericidad de los datos de medidas repetidas para porcentaje de pérdida de peso

ANEXO C. Anova de una vía de medidas repetidas para probar los efectos principales del factor recubrimiento sobre la variable de respuesta color, coordenada a*

ANEXO D. Prueba de esfericidad de los datos de medidas repetidas para color, coordenada a*

ANEXO E. Anova de una vía de medidas repetidas para probar los efectos principales del factor recubrimiento sobre la variable de respuesta color, coordenada b*

ANEXO F. Prueba de esfericidad de los datos de medidas repetidas para color, coordenada b*

ANEXO G. Anova de una vía de medidas repetidas para probar los efectos principales del factor recubrimiento sobre la variable de respuesta color, coordenada l*

ANEXO H. Prueba de esfericidad de los datos de medidas repetidas para color, coordenada l*

ANEXO I. Anova de una vía de medidas repetidas para probar los efectos principales del factor recubrimiento sobre la variable de respiración (%CO₂)

ANEXO J. Prueba de esfericidad de los datos de medidas repetidas para respiración (%CO₂)

ANEXO K. Prueba de normalidad para firmeza con respecto a los tratamientos

ANEXO L. Prueba de homogeneidad de varianza para firmeza con respecto a los tratamientos

ANEXO M. Prueba de normalidad para firmeza con respecto al tiempo (días)

ANEXO N. Prueba de homogeneidad de varianzas para firmeza con respecto al tiempo (días)

ANEXO O. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para firmeza con respecto a tratamientos

ANEXO P. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para firmeza con respecto al tiempo (días)

ANEXO Q. Prueba de normalidad para sólidos solubles totales con respecto a los tratamientos

ANEXO R. Prueba de homogeneidad de varianzas para sólidos solubles totales con respecto a los tratamientos

ANEXO S. Prueba de normalidad para prueba de sólidos solubles totales con respecto al tiempo

ANEXO T. Prueba de homogeneidad de varianzas para sólidos solubles totales con respecto al tiempo

ANEXO U. Prueba estadística de Games-Howell para sólidos solubles totales con respecto a los tratamientos

ANEXO V. Prueba estadística de Games-Howell para datos de sólidos solubles con respecto al tiempo

ANEXO W. Pruebas de normalidad para valores de pH, con respecto a los tratamientos

ANEXO X. Pruebas de homogeneidad de varianzas para pH, con respecto a los tratamientos

ANEXO Y. Pruebas de normalidad para valores de pH, con respecto al tiempo

ANEXO Z. Pruebas de homogeneidad de varianzas para pH, con respecto al tiempo

ANEXO AA. Prueba de Games – Howell para pH con respecto a los tratamientos

ANEXO BB. Prueba de Games – Howell para valores de pH, con respecto al tiempo

ANEXO CC. Prueba de Tukey para pH con respecto al tiempo

ANEXO DD. Prueba de normalidad para valores de porcentaje de acidez con respecto a los tratamientos

ANEXO EE. Prueba de homogeneidad de varianzas para valores de porcentaje de acidez con respecto a los tratamientos

ANEXO FF. Prueba de normalidad para valores de porcentaje de acidez con respecto al tiempo

ANEXO GG. Prueba de homogeneidad de varianzas para valores de porcentaje de acidez con respecto al tiempo

ANEXO HH. Prueba estadística de Anova para valores de porcentaje de acidez

ANEXO II. Prueba de Tukey para valores de porcentaje de acidez con respecto a tratamientos

ANEXO JJ. Subconjuntos homogéneos de Tukey para porcentaje de acidez con respecto a tratamientos

ANEXO KK. Prueba estadística de Tukey para valores de porcentaje de acidez con respecto al tiempo

ANEXO LL. Subconjuntos homogéneos de Tukey para valores de porcentaje de acidez con respecto al tiempo

ANEXO MM. Datos promedios obtenidos durante los seguimientos *in vitro* e *in vivo* de las variables de respuesta

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Participación departamental en la producción nacional de papaya para el año 2014	20
Figura 2. Evolución de la participación en la producción nacional de papaya en los departamentos de Córdoba y Valle del Cauca para el periodo 2009-2014	21
Figura 3. Estructuras químicas de carvacrol, timol, γ -terpineno y p-cimeno	32
Figura 4. Tabla de color para la papaya	34
Figura 5. Aislamiento de hongos fitopatógenos de la papaya. a) cortes de tejido infectado. b) Hongos después de 8 días de incubación	38
Figura 6. Selección de las papayas	41
Figura 7. Elaboración de recubrimiento	43
Figura 8. Papaya envuelta en papel aluminio (izquierda). Cortes de la envoltura de papel aluminio en gajos (derecha)	45
Figura 9. Escala diagramática de severidad por <i>Fusarium</i> spp. en papaya.	45
Figura 10. Características macroscópicas y microscópicas del hongo <i>Cladosporium</i> spp.	49
Figura 11. Características macroscópicas y microscópicas del hongo <i>Rhizopus</i> spp.	50
Figura 12. Características macroscópicas y microscópicas del hongo <i>Fusarium</i> spp.	50
Figura 13. % Inhibición (<i>Fusarium</i> spp.) vs Tiempo.	51
Figura 14. Inhibición del <i>Fusarium</i> spp. mediante el uso de aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones	52

Figura 15. Fruta recubierta con almidón modificado de yuca (derecha). Papaya lavada sin recubrir (izquierda)	53
Figura 16. Frutas recubiertas con proteína aislada de soya (derecha). Frutas lavadas sin recubrir (izquierda)	53
Figura 17. Cambios en el porcentaje de pérdida de peso con respecto al tiempo	54
Figura 18. Espacio de color CIELAB	57
Figura 19. Cambios de color en la coordenada a* con respecto al tiempo	57
Figura 20. Cambios de color en la coordenada b* con respecto al tiempo	61
Figura 21. Cambios en la coordenada L* con respecto al tiempo	64
Figura 22. Porcentaje de CO ₂ respecto al tiempo	67
Figura 23. Cambios de firmeza con respecto al tiempo	70
Figura 24. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales con respecto al tiempo	73
Figura 25. Cambios de pH con respecto al tiempo	76
Figura 26. Cambios de porcentaje de ácido málico con respecto al tiempo	78
Figura 27. Severidad en los tratamientos por <i>Fusarium</i> spp	81

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición de la fruta de papaya (Contenido en 100 g de porción comestible)	21
Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de la papaya fresca	22
Tabla 3. Principales compuestos en aceites esenciales de orégano y tomillo	32
Tabla 4. Lista de insumos empleados para elaborar los recubrimientos	35
Tabla 5. Lista de equipos empleados para elaborar los recubrimientos y las mediciones de calidad	36
Tabla 6. Formulación de los recubrimientos	42
Tabla 7. Tratamientos según el recubrimiento empleado	48
Tabla 8. Porcentajes de inhibición del <i>Fusarium</i> spp. Vs días de seguimiento	51
Tabla 9. Diferencia total de color para todos los tratamientos con respecto al testigo (T1)	60

RESUMEN

Debido a que la papaya (*Carica papaya* L.) es un fruto climatérico y de gran producción a nivel nacional, se presentan pérdidas considerables en pos cosecha, al ser susceptible al ataque de microorganismos patógenos los cuales deterioran su calidad comercial para reducir estas pérdidas se evaluó el efecto de recubrimientos a partir de almidón modificado de yuca variedad SM 107-17, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano sobre características físicas como pérdida de peso, color, firmeza y sólidos solubles; químicas como respiración (%CO₂), pH y acidez titulable y microbiológicas como crecimiento del hongo *Fusarium spp.* en frutos de papaya variedad maradol, a condiciones ambientales, mediante un diseño completamente al azar con dos factores, tiempo y tratamientos, evaluando durante trece días frutos recubiertos con películas compuestas por almidón modificado de yuca variedad SM 707 (4%), proteína aislada de soya (2%), y aceite esencial de orégano (250ppm y 500ppm), con el fin de prolongar su vida útil, el experimento se hizo por triplicado, y los datos fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando el programa SPSS V.23. Los resultados indicaron que la utilización de almidón por sí solo o combinado con aceite esencial de orégano (250ppm) y proteína aislada lograron reducir la pérdida de peso, controlar la respiración (%CO₂) y retardar el desarrollo del color amarillo en las papayas frente al control, además de retrasar el crecimiento del hongo *Fusarium spp.* en las papayas, también se encontró que los recubrimientos no incidieron sobre características fisicoquímicas como el pH, acidez titulable, sólidos solubles, y firmeza.

ABSTRACT

Due papaya (*Carica papaya* L.) is a climacteric fruit with big national production, considerable post-harvest losses occur, being susceptible to the attack of pathogenic microorganisms which deteriorate its commercial quality to reduce these losses. The effect of coatings from modified starch of cassava variety SM 107-17 was evaluated, isolated soy protein and oregano essential oil on physical characteristics such as loss of weight, color, firmness and soluble solids; respiration (% CO₂), pH and titratable acidity and microbiological growth of the fungus *Fusarium* spp. in papaya fruits Maradol variety, on environmental conditions, through a completely randomized design with two factors, time and treatments, evaluating during 13 days fruits coated with films composed of modified starch of cassava SM 707 (4%), isolated protein of soybean meal (2%), and oregano essential oil (250ppm and 500ppm), in order to prolong its useful life, the experiment was done in triplicate, and the data were subjected to statistical analysis using the SPSS V.23 software. The results indicated that using starch alone or combined with essential oil of oregano (250 ppm) and isolated protein allowed to reduce weight loss, control respiration (% CO₂) and delay the development of the yellow color in papayas versus control, in addition to delaying the growth of the fungus *Fusarium* spp in papayas, it was also found that the coatings did not affect physicochemical characteristics such as pH, titratable acidity, soluble solids, and firmness.

INTRODUCCIÓN

La papaya ha venido ganando un lugar privilegiado en la demanda de los consumidores a nivel mundial lo que se ve reflejado en las cifras de producción que cada vez son mayores, para el año 2010 la papaya destacó como la tercera fruta tropical más producida con 11.22 millones de toneladas, equivalente al 15.36% del total de producción de frutas tropicales a nivel global (Evans y Ballén, 2015).

En Colombia se registró para el año 2014 una producción de 176.747,44 Toneladas, y un área cultivada de 4.929,74 hectáreas, siendo Córdoba (33,28%) y Valle del Cauca (26.03%) los mayores productores a nivel nacional (Agronet, 2016), sin embargo, su producción y exportación a otros países se ve afectada debido a la presencia de enfermedades pos cosecha, llegando a pérdidas económicas de alrededor de US\$ 28 millones, lo que se traduce en un 25-40% del total del cultivo (Quiroga-Ramos, 2015). Las pérdidas de la papaya se generan en toda la cadena de suministro, sobre todo en el transporte y almacenamiento de los frutos debido a un deficiente manejo poscosecha que afecta la uniformidad de tamaño y color a causa del quemado de sol, abrasiones en la cáscara, punteado, daño de insectos y pudriciones, al ser atacada por microorganismos fitopatógenos, dentro de los cuales se encuentra el género *Fusarium*, considerado de distribución cosmopolita en todos los tipos de climas teniendo un amplio intervalo de hospedantes entre los cuales se encuentra la papaya. Los hongos del género *Fusarium* son ampliamente conocidos alrededor del mundo y se han convertido en un problema serio al producir metabolitos tóxicos que ponen en peligro la salud de los seres humanos y de los animales, desencadenando afecciones de carácter irreversible y originando pérdidas económicas considerables (García *et al.*, 2007, citado por Villa *et al.*, 2014).

Una de las técnicas actualmente usadas es la aplicación de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas para mejorar el brillo y la textura de la corteza, reducir el deterioro de la calidad fisicoquímica y organoléptica, disminuir la pérdida de peso por deshidratación y el intercambio de gases (Pérez *et al.*, 2004 citado por Amaya *et al.*, 2009), lo que la convierte en una excelente herramienta para reducir las pérdidas en alimentos frescos a causa de enfermedades poscosecha con la ventaja de requerir un procesamiento mínimo, vida útil mayor y estar libre de

aditivos sintéticos. Dentro de ellos los aceites esenciales son agentes antimicrobianos que permiten reducir el uso de pesticidas o fungicidas sintéticos, debido a sus características biodegradables, por ser ecológicos, económicos y muy seguros (Sivakumar y Bautista, 2014) al permitir el control de hongos con ajedrea, orégano, tomillo y rosas (Stevic *et al.*, 2014) y de *E. coli* y *S. aureus* (Martucci *et al.*, 2015). Además, proporcionan una barrera semipermeable a los gases y al vapor de agua, actúan como portadores de ingredientes funcionales tales como agentes antimicrobianos y antioxidantes (Vásquez y Guerrero, 2013), poseen propiedades antifúngicas e insecticidas (Almeida *et al.*, 2013, citado por Bakry *et al.*, 2015) y se ha demostrado que son efectivos para el control antimicrobiano ya que sus componentes fenólicos permean y despolarizan la membrana citoplasmática bacteriana, lo que conduce a la muerte celular (Bakry *et al.*, 2016).

La papaya es altamente perecedera, debido principalmente a su alto contenido de humedad entre el 80 y el 85% (Ocoró y Ayala, 2013), por lo que es necesario buscar alternativas para su conservación, teniendo en cuenta que además es una fruta muy susceptible al ataque de hongos. En este estudio se pretende evaluar la respuesta fisiológica y microbiológica de la papaya recubierta con almidón de yuca modificado, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano como tratamiento poscosecha para extender su vida útil, la medición de las variables temperatura, velocidad de agitación y pH requeridas en el proceso de preparación del recubrimiento comestible y, a su vez, evaluar el efecto del recubrimiento sobre pérdida de peso, color, respiración, firmeza, grados Brix, pH, acidez titulable y crecimiento microbiano (severidad de la enfermedad causada por *Fusarium spp*) en el fruto.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. PAPAYA

La papaya (*Carica papaya* L.) es una baya de piel lisa y suave, de forma ovalada, con semillas negras y pulpa de color naranja a rojo suave, que puede cultivarse en alturas que van desde los 0 hasta los 1.000 msnm, sin embargo, los frutos de mayor calidad se obtienen en altitudes menores a los 800 msnm, con temperaturas ideales entre los 23 y los 30°C. La papaya, también conocida como lechosa o fruta bomba, es originaria de Centroamérica y México; sin embargo, hoy en día su producción se ha expandido al Caribe, Asia y África (Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario, 2012).

1.1.1. Descripción Botánica

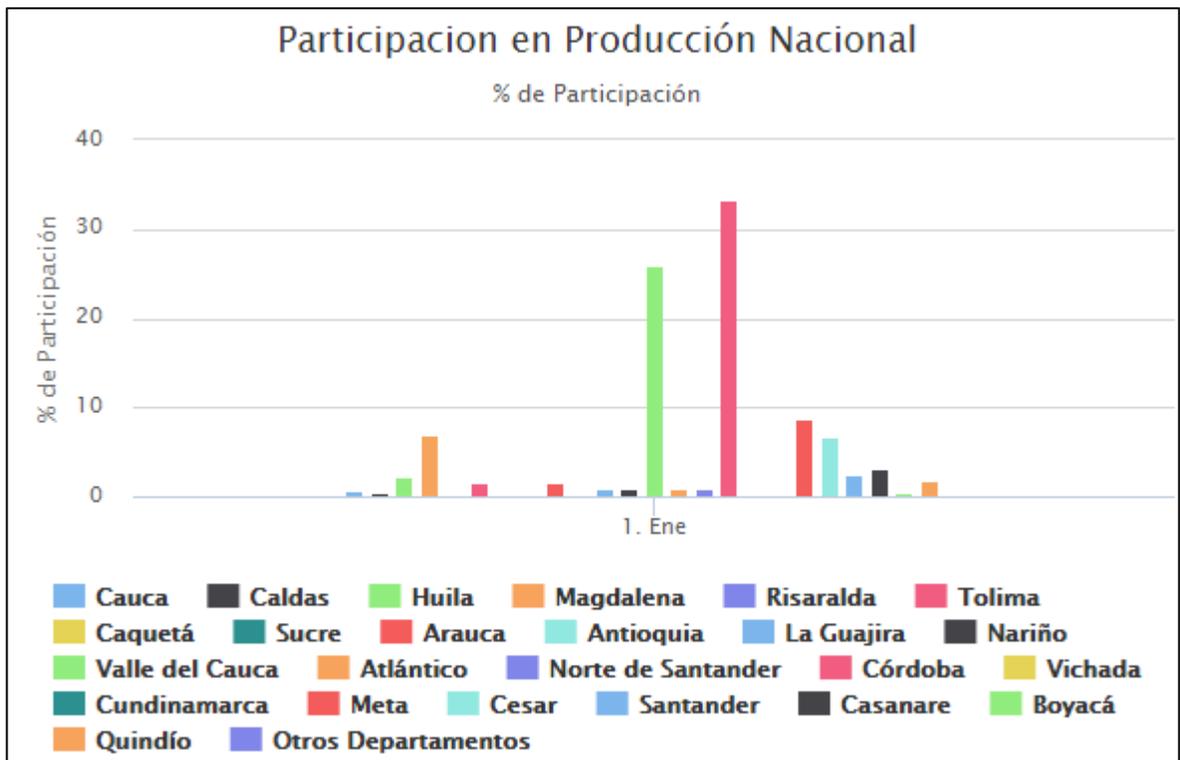
A continuación se detalla su descripción botánica (Caballero y Mantilla, 2008):

- **Raíz:** Pocas raíces, grandes, tuberosas de textura flexible y color blanco cremoso que profundizan hasta 1 metro. Posee muchas raicillas superficiales que tienden a ramificarse profusamente de forma más o menos radial.
- **Tallo:** recto, hueco y sin ramificaciones, de hasta de 30 cm de diámetro. Herbáceo, semileñoso, suculento, con látex, marcado con grandes cicatrices foliares.
- **Hojas:** Palmas bilobuladas y labras, sin pubescencias, las cuales llegan a medir hasta 60 cm de diámetro. Las hojas presentan forma alterna a lo largo del tallo.
- **Flores:** Nacen en las axilas de cada hoja y son pentámeras. Pueden ser de cinco tipos a saber: femenina o pistilada, hermafrodita deformada, hermafrodita perfecta y masculinas.
- **Frutos:** Baya ovoide, de piel lisa y delgada, de diversos tonos en la madurez.
- **Semilla:** De 5 a 7 mm de diámetro, color castaño oscuro, redondas, rugosas, y cubiertas de una capa mucilaginosa.

1.1.2. Diagnóstico del sector en Colombia

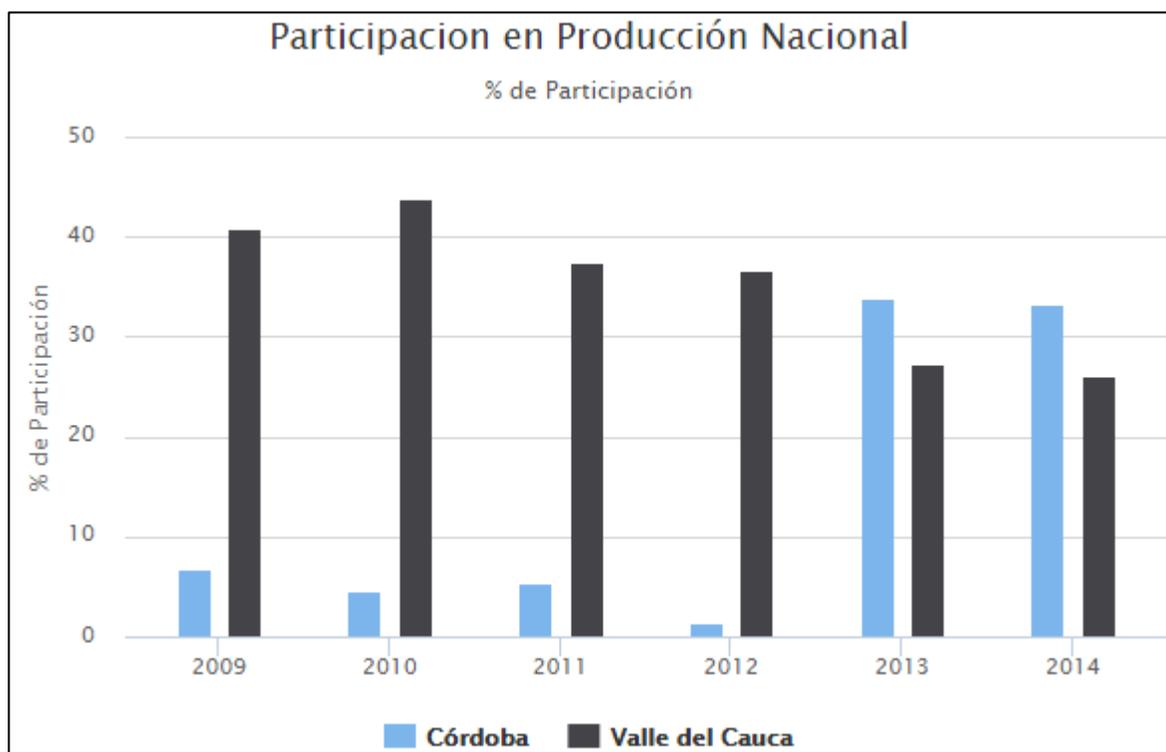
En el país se cosecha principalmente en los departamentos de Córdoba (33.28%) y Valle del Cauca (26.03%), los cuales concentran el 59.31% de la producción nacional, seguidos de Meta, Magdalena, Cesar que suman un total de 22.38% de la producción como se observa en la figura 1. Con relación a la evolución experimentada en los últimos años destaca el espectacular crecimiento de Córdoba, cuya participación en la producción pasa de 6.77% en 2009 a 33.28% en 2014, lo que equivale a un incremento del 26.51%, como se observa en la figura 2 (Agronet, 2016).

Figura 1. Participación departamental en la producción nacional de papaya para el año 2014.



Fuente: Agronet, 2016

Figura 2. Evolución de la participación en la producción nacional de papaya en los departamentos de Córdoba y Valle del Cauca para el periodo 2009-2014.



Fuente: Agronet, 2016

1.1.3. Características del producto

El fruto de la papaya es una baya, que puede ser cilíndrico, alargado, en forma de pera o de forma globular, oval o redondo, su forma depende de la variedad y del tipo de flor de la cual se han formado y según las variedades los frutos pueden alcanzar de 15 a 50 cm de longitud, de 12 a 25 cm de diámetro y un peso de 0.5 a 25 libras o más. El fruto está formado por tres partes; el exocarpio o cáscara, el mesocarpio o pulpa y endocarpio que contiene las semillas y el mucílago. La pulpa es rica en agua, en azúcares, vitaminas, minerales (Tabla 1) y sustancias colorantes, su color varía de amarillo pálido a amarillo rojizo (García, 2010).

Tabla 1. Composición de la fruta de papaya (Contenido en 100 g de porción comestible)

Calorías	26.5
Hidratos de carbono (g)	6.3
Fibra (g)	1.9
Potasio (mg)	211
Magnesio (mg)	8
Vitamina A (mcg)	97.5
Vitamina C (mg)	82
Ácido fólico (mcg)	1

Fuente. Low y Marezki; citado por Martínez y Ponce, 2012.

1.1.4. Composición química

En la tabla 2 se presentan las características fisicoquímicas de la papaya, según Mújica et al., 2003, reportando resultados como el promedio de tres repeticiones, el cual clasifica las papayas según su estado de madurez como verdes, raleas (claras) y pintonas.

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de la papaya fresca

Característica	Madurez		
	Raleo	Verde	Pintona
Contenido de humedad ^a	9.22 ± 0.35	91.4 ± 0.47	88.6 ± 0.52
Sólidos Solubles (°Brix)	5.31 ± 0.31	6.17 ± 0.20	9.19 ± 0.22
Fibra cruda ^a	1.22 ± 0.06	0.98 ± 0.06	0.91 ± 0.06
Acidez ^b	0.11 ± 0.01	0.14 ± 0.01	0.14 ± 0.01
Proteína ^a	0.48 ± 0.01	0.43 ± 0.01	0.32 ± 0.01
Densidad aparente(kg/m ³)	0.93 ± 0.01	0.93 ± 0.01	0.94 ± 0.01
Densidad real (kg/m ³)	1.04 ± 0.01	1.03 ± 0.01	1.03 ± 0.01
Porosidad %	11.4 ± 0.1	11.1 ± 0.1	8.80 ± 0.01
Índice de madurez	48.3	44.1	65.6
^a unidades en % referidas a 100 g de muestra: y ^b (g. Ácido cítrico/g muestra)x100			

Fuente. Mújica 2003, citado por Pinargote y Gálvez, 2015.

1.1.4. Requerimientos climáticos y edáficos

La papaya se adapta en los límites de los 32 a 35 grados de latitud norte y de 32 a 35 grados de latitud sur, en las zonas tropicales y subtropicales, es decir a áreas cálidas comprendidas desde el nivel del mar hasta los 1000 metros, los mejores rendimientos y calidad de frutos se obtienen entre los 0-600 msnm. La temperatura óptima oscila entre los 18 a 38 °C y la humedad relativa de 60 a 85%. Además la planta requiere una alta luminosidad para que los frutos alcancen un contenido de azúcares deseables por lo que no se puede intercalar con otros productos que puedan darle sombra, teniendo en cuenta que el exceso de radiación solar también es perjudicial ya que causa quemaduras en los frutos, lo cual reduce su valor comercial (García, 2010).

1.1.5. Operación de cosecha y poscosecha

Antes de la cosecha, las características y calidad de la papaya dependen en gran medida de la forma como fue cultivada, tanto el tamaño, el color de la pulpa, la textura y tamaño de la cavidad, dependen de la variedad de la misma. La papaya se cosecha manualmente, siendo suficiente una ligera torsión para que se desprenda de la planta; sin embargo, esto puede ocasionar desgarramiento y heridas en el punto de desprendimiento de la fruta, por lo que se recomienda utilizar una cuchilla curva para cortar el pedúnculo del fruto. El pedúnculo se deja inicialmente largo pero después es necesario recortarlo dejando unos 5-10 mm de longitud. Debido a la fragilidad de la cascara y del fruto en general, se deben evitar golpes, magulladuras, abrasiones y cortes, que incrementan el deterioro fisiológico y patológico del producto cosechado. (FAO, 2007).

La papaya es de tipo climatérico, es decir que cuando alcanza su madurez hay un rápido aumento en la velocidad de respiración y el desprendimiento de etileno por la fruta. Cuando el color de la epidermis cambia de un verde oscuro a un verde claro, formando zonas con pigmentos amarillos, que posteriormente se convierten en líneas amarillas desde el ápice hacia el pedúnculo las frutas están listas para cosecharse, la papaya cosechada debe colocarse con la base del pedúnculo hacia abajo ya que esta zona es la última en madurar y es la más resistente al peso. El grado de madurez de la fruta depende de los requerimientos del mercado, teniendo en cuenta que se debe entregar en óptimas condiciones de calidad, por lo que esto influirá grandemente en la vida de anaquel y en la calidad física y visual del fruto (García, 2010).

La fruta cosechada debe ser transportada lo más rápido posible al centro de distribución y consumo evitando ponerlos en contacto con los rayos del sol y protegiéndolos de las inclemencias del tiempo antes y durante de su transporte. La papaya es susceptible al daño por enfriamiento por lo cual no debe almacenarse a menos de 7°C por periodos breves. La fruta puede conservarse de 1-3 semanas a 7-13°C y 85-90% de humedad relativa dependiendo el grado de maduración. La fruta 100% madura es más resistente al frío que la parcialmente madura, la temperatura para maduración organoléptica es de 21-27°C (FAO, 2007).

1.1.6. Principales enfermedades poscosecha de la papaya

La papaya es una fruta que por su contenido en agua y azúcares, presenta una alta susceptibilidad al ataque de hongos, bacterias, y plagas, sin embargo, las enfermedades de la papaya aumentan considerablemente después de 4 semanas de almacenamiento a 10°C (50 ° F) (Zhou *et al.*, 2014). La antracnosis es considerada como la principal enfermedad poscosecha de papaya y es causada principalmente por *Colletotrichum gloeosporioides*, los síntomas inicialmente se presentan en forma de exudados gomosos y luego pequeñas lesiones de 1 cm de diámetro de aspecto aceitoso y, finalmente, se tornan de color café, a medida que el fruto madura se presenta ablandamiento de la epidermis por lo cual el hongo coloniza más el fruto presentándose lesiones mayores a 3 cm (Quiroga-Ramos, 2015). Otra enfermedad considerable es la podredumbre por *Fusarium oxysporum* la cual se presenta como lesiones secas sobre la superficie, que posteriormente se cubren de micelio, de este género también se ha identificado el *Fusarium solani* cuya infección ocurre esporádicamente en pos cosecha llenando la cavidad de la fruta, destruyendo la semilla y el tejido circundante (Jiménez, 2002 citado por Pinargote y Gálvez, 2015), el cual se observa acuoso al principio, para después tomar un color oscuro y apariencia firme en la fase final de la infección (Arias, 2010; Almodóvar, 2000 citado por Benítez *et al.*, 2014).

La enfermedad conocida como pudrición blanda o acuosa ocasiona importantes pérdidas económicas, producida por *Rhizopus sp.* cuya rápida velocidad de crecimiento le permite colonizar la superficie de los productos agrícolas (UMAR-FPO, 2014). Velázquez *et al.* (2008) afirman que en solamente cuatro días este hongo puede pudrir totalmente los frutos, provocando pérdidas considerables en un corto período de tiempo, al infectar el fruto a través de lesiones por donde penetra más fácilmente, es por ello que después de la cosecha se presentan mayores pérdidas por pudrición. El desarrollo de otras enfermedades que causan putrefacción también pueden afectar gravemente partes de la planta, como es el

caso de la podredumbre del tallo que puede ser causada por diversos hongos tales como *Botryodiplodia theobromae*, *Phomopsis Caricae-papayae*, *Mycosphaerella spp.* y *Phytophthora Palmivora* (Bautista *et al.*, 2013), afectando también el rendimiento del cultivo.

1.2. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES

El uso de hidrocoloides, plastificantes, aditivos y compuestos activos, tiene como objetivo generar una atmosfera que tiene la capacidad de controlar la transferencia de masa representada en solutos, solventes, gases (O₂, CO₂) e incluso migrar sustancias desde la matriz ubicada en la superficie del alimento, tener efectos positivos sobre el control de la tasa de crecimiento microbiano, y mantener características tan deseadas por los consumidores como firmeza ,brillo, color de los frutos e incluso en alimentos procesados como los productos fritos pueden llegar a minimizar la absorción de lípidos (Quintero *et al.*,2010).

La película o cubierta comestible consiste en una capa delgada que se pre-forma o forma directamente sobre la superficie de los productos vegetales como una envoltura protectora (Mercado *et al.*, 2014) y constituye una barrera que retrasa el deterioro del alimento, mejora las propiedades mecánicas, ayuda a mantener la integridad estructural del producto que envuelve y también puede vehicular aditivos alimentarios (antimicrobianos, microorganismos de control biológico, antioxidantes, aromatizantes, colorantes, entre otros) (Chams, 2013). Las cubiertas se componen generalmente de proteínas, polisacáridos y lípidos los cuales confieren propiedades mecánicas y/o de barrera al alimento (Mercado *et al.*, 2014): la utilización de proteínas y polisacáridos le otorgan al recubrimiento propiedades de barrera a gases como oxígeno y dióxido de carbono pero al ser hidrofóbicos poseen baja barrera a la humedad (Fernández, 2015), en tanto que los lípidos reducen la deshidratación del alimento al mejorar las características de barrera al agua (Vásquez y Guerrero, 2013). “Una de sus ventajas más valiosas está relacionada con la incorporación de agentes antimicrobianos para proveer estabilidad microbiológica a los alimentos contribuyendo a extender la vida en anaquel del producto, reducir el riesgo de crecimiento de patógenos en la superficie de los alimentos” (Chams, 2013) y destacar la calidad de los alimentos, siendo esta actualmente una de las características más importantes en el uso de cubiertas (Vásquez y Guerrero, 2013).

Estudios reportan la efectividad del uso de dos recubrimientos a base de almidón de yuca y cera comercial sobre la papaya (variedad tainung) al reducir la pérdida de peso, mejores características de firmeza y menor daño superficial, en tanto que los recubiertos con cera comercial presentaron menor tasa respiratoria y mantuvieron sus propiedades físicas retardando así el proceso de maduración (Miranda *et al.*, 2014). En otro estudio, Achipiz *et al.*, (2013) utilizaron almidón de papa (4%) en combinación con aloe vera y cera de carnauba para prolongar la vida útil de la guayaba a temperatura ambiente por diez días, así como un menor grado de deterioro de las muestras respecto al tratamiento sin recubrimiento. Quintero *et al.*, (2006, citado por Chams, 2013) reportaron el desarrollo de películas que presentaron actividad contra 3 cepas de *Listeria monocytogenes*, así como el desarrollo de recubrimientos capaces de inhibir el desarrollo de *L. innocua* en salchichas durante el almacenamiento, en los mismos términos, Castro y González (2009, citado por Villacís, 2014) midieron la evaluación físico-química y la efectividad de un recubrimiento comestible en la conservación de uchuva (*Physalis peruviana* L. var. Colombia). En otro estudio se encontró que la utilización de un recubrimiento comestible de gelatina, aceite de orégano, fibra prebiótica, redujo en un 36% la actividad metabólica en los frutos recubiertos en tanto que la pérdida de peso disminuyó el 17,67% y se incrementó la vida útil en un 33% (Villacís, 2014).

Para mejorar la seguridad microbiana de frutos de papaya en poscosecha, Barrera *et al.* (2012) reportaron que la adición de un extracto de propóleo en la formulación de recubrimientos es una alternativa promisorio, así mismo, Guédez *et al.*, (2014) reportaron la actividad antifúngica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) sobre hongos poscosecha en frutos de lechosa (*Carica papaya* L.), al ser utilizado como recubrimiento y reducir las pudriciones por microorganismos. Pinargote y Gálvez, 2015 aplicaron una película a base de almidón de yuca y gelatina de bovino con aceite esencial de orégano, demostraron que actúa de manera significativa, con acción antimicrobiana ante los patógenos de la papaya.

A continuación relacionamos las principales características de las materias primas utilizadas en la fabricación del recubrimiento, tales como el almidón de yuca, proteína aislada de soya que confieren propiedades de barrera a gases (CO₂, O₂) y vapor de agua, aceite esencial de orégano el cual aporta acción antimicrobiana, y aditivos como el glicerol y Tween 80, utilizados como plastificante y emulsificante respectivamente.

1.3. ALMIDÓN DE YUCA

El almidón está compuesto principalmente de dos polisacáridos distintos: la amilosa y la amilopectina: la amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4) y pueden estar presentes algunos enlaces α (1-6), mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6) (Hernández *et al.*, 2008).

Industrialmente, la proporción amilosa/amilopectina se puede manipular genética, física y químicamente para modificar las características propias como viscosidad, gelatinización, textura, solubilidad, estabilidad del gel y retrogradación, para darle propiedades industriales estables (Vargas y Hernández, 2012). Se encontró que el contenido de amilosa en el almidón de yuca varía según la especie analizada y se ve afectada por el tiempo del cultivo o el clima (Onitilo, 2007; citado por Vargas y Hernández, 2012) al analizar cuatro especies de yuca en África, encontrando contenidos de amilosa entre el 20,01% y el 20,47%, mientras que variedades de yuca cultivadas en Costa Rica (Valencia y Brasileña) tienen contenidos del 37 y 38% respectivamente razón por la que la variación en los contenidos de amilosa indica que los almidones presentarán propiedades diferentes en los procesos de gelificación (Vargas *et al.*, 2012; citado por Vargas y Hernández, 2012).

El almidón es el polisacárido más importante usado en la formulación recubrimientos comestibles por ser insípidos, inodoros y transparentes, no cambian el sabor, aroma y apariencia del producto (Chiumarelli *et al.*, 2010; García *et al.*, 2010; Pareta y Edirisinghe, 2006, citado por Chiumarelli y Hubinger, 2014), siendo las propiedades fisicoquímicas más importantes de su uso en alimentos y otras aplicaciones industriales la gelatinización y retrogradación, y las funcionales como solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles (Wang 81994b, citado por Hernández *et al.*, 2008).

El almidón es un polímero degradable que ha recibido mucho interés, debido a que mediante su procesamiento se convierte en un material termoplástico que presenta buenas propiedades mecánicas y de barrera (Xiao *et al.*, 2009, citado por Velazco *et al.*, 2012), constituyéndose la modificación química en una de las alternativas más importantes para producir polímeros biodegradables al cambiar las propiedades de los biopolímeros naturales originales (Jaspreet *et al.*, 2007;

Heinze *et al.*, 2005, citado por Barrios *et al.*, 2009). En ocasiones, los almidones nativos no resultan apropiados para desempeñar una función en particular, por lo cual se modifican para lograr mejores propiedades para cumplir propósitos específicos y lograr diversificar aún más su uso (Barrios *et al.*, 2009), al mejorar características como adhesión y formación de películas, mayor resistencia a la disminución de la viscosidad por la adición de ácidos, calor y acción mecánica (esfuerzo cortante), disminución de la tendencia a la retrogradación y en el carácter iónico hidrofílico (Velasco *et al.*, 2012), la temperatura de gelatinización y mejorar la solubilidad del mismo en solventes de diferente naturaleza (Barrios *et al.*, 2009).

1.4. PLASTIFICANTE: GLICEROL

Para la formación de películas comestibles es necesario agregar un plastificante para mejorar las propiedades mecánicas de las mismas, ya que este reduce los enlaces intermoleculares entre las cadenas de polímeros, modifican las propiedades mecánicas y producen películas más flexibles (Campos *et al.*, 2011, citado por Domínguez y Jiménez, 2012). El plastificante más utilizado es el glicerol en proporciones entre el 10 y el 30% (p/p biopolímero seco) (Osés *et al.*, 2009; Tongdeesoontorn *et al.*, 2011, citado por Domínguez y Jiménez, 2012), debido a que es muy estable y compatible con las cadenas de biopolímeros, cuyas películas presentan mayor flexibilidad y elongación, aun así, existen efectos adversos del uso de este tipo de agentes, pues se ha comprobado que debido a su naturaleza, el glicerol es sumamente higroscópico y por tanto, las películas formadas presentan un aumento en el contenido de humedad, lo que a la vez provoca que tengan menores capacidades de protección (Karbowski *et al.*, 2006; Osés *et al.*, 2009; Bergo *et al.*, 2010).

1.5. PROTEÍNA DE SOYA

En los países orientales la soya es considerada como un sustituto de la carne porque supera en contenido de proteínas y aminoácidos al resto de alimentos de su misma clase lo que le permite sustituir la carne o la leche animal, lo que la convierte en un alimento recomendado para vegetarianos y personas que busquen el cuidado de su salud a través de la alimentación” (Hernández y Mora, 2009). La leche de soya cuenta con alto porcentaje de grasa (20%), contiene también proteína (40%), hidratos de carbono (25%), agua (10%) y cenizas (5%), a su vez la proteína posee aminoácidos esenciales como isoleucina, leucina, lisina,

metionina, triptófano, valina e histidina, con propiedades para reducir el colesterol sanguíneo y es fuente de isoflavonas, jugando un papel importante en la prevención de enfermedades del corazón (Chavarría-Morbioni, 2010).

La solubilidad de la proteína de soya se afecta con el pH, el calor y otros factores: se reduce al mínimo en la región de su punto isoeléctrico de pH 4.2 a 4.6, e incrementa ligeramente por arriba y abajo de dicho rango, en tanto que el tratamiento térmico la desnatura reduciendo su solubilidad (Luna-Jiménez, 2006). Las proteínas presentan buenas propiedades mecánicas debido a su carácter polimérico, buenas propiedades de barrera a los gases a baja humedad relativa, sin embargo, su carácter hidrofílico hace que presente una baja barrera a la humedad (Álvarez, 2012), específicamente las proteínas de soya han sido estudiadas por su excelente capacidad para formar películas y por sus buenas propiedades de barrera a lípidos y oxígeno en humedades relativamente bajas (Cho y Rhee, 2004; Kumar y Zhang, 2009; citado por Saavedra y Algecira, 2010).

La proteína aislada de soya contiene 90% de proteína (en base seca) y no presenta azúcares o fibra dietética, procede de la refinación de los concentrados o de las harinas, posee alta digestibilidad por lo que es usada comúnmente para mejorar la calidad proteínica en numerosos alimentos (Vanegas-Pérez, 2009), tiene presencia de grupos lipofílicos e hidrofílicos los cuales facilitan su asociación con grasa y aceite, sin embargo, se caracteriza por su capacidad emulsificante, capacidad de retención de agua, espumante, gelificante, proporcionando características de película, adhesividad, cohesividad, elasticidad y aumento de viscosidad (Singh *et al.*, 2008, citado por Vanegas-Pérez, 2009). El contenido de proteína en los aislados de proteína de soya es mayor que otros productos derivados de este alimento, lo que facilita capacidades de formación de película (Kim *et al.*, 2002; Monedero *et al.*, 2010; citado por Wang *et al.*, 2016). Las proteínas desempeñan un papel multifuncional en el suministro de estanqueidad a líquidos, las barreras a los gases y capas de unión para la fabricación de películas o recubrimientos (Coltelli *et al.*, 2015; Hamman y Schmid, 2014; citado por Wang *et al.*, 2016) al no ser tóxicas, degradables, limitan el pardeamiento enzimático de productos de corte en fresco y contribuyen a la inhibición de la polifenoloxidasas accidental en los alimentos (Tien *et al.*, 2001; Ramos *et al.*, 2012; citado por Wang *et al.*, 2016).

Saavedra y Algecira (2010) reportaron que la incorporación de proteína de soya permitió que las películas tuvieran un secado más homogéneo, una mayor

elasticidad y facilidad para despegarlas del molde, aumentando la resistencia de la película. Las proteínas al igual que el almidón pueden modificarse químicamente para mejorar sus propiedades en la formulación de recubrimientos y películas, tal como lo describe Wu *et al.*, 2016 quienes investigaron las propiedades de película de proteína de soya succinilada (modificada químicamente) y su aplicación a la conservación de la manzana, permitiendo el incremento la resistencia a la tracción y el alargamiento de la película, con aparición del pico climatérico de respiración una semana después que el grupo control.

1.6. UTILIZACIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN EL CONTROL DE HONGOS FITOPATÓGENOS

En los últimos años, los aceites vegetales, aceites de origen marino y aceites esenciales, han ganado popularidad en sectores como la industria alimentaria, la agricultura, industrias textiles, cosméticos y farmacéuticos, debido a sus componentes antioxidantes y antimicrobianos. Varios intentos se han hecho para aprovechar todo el potencial de estos aceites, que son químicamente inestables y susceptibles al deterioro oxidativo y pérdida de compuestos volátiles, especialmente cuando se exponen al oxígeno, la luz, la humedad y el calor, lo que conlleva a que la calidad de un producto enriquecido con los aceites pueda deteriorarse debido a la degradación oxidativa, la formación de sabores desagradables, y la generación de radicales libres (Bakry *et al.*, 2016).

Los aceites esenciales son sustancias volátiles y viscosas que se extraen de las plantas, contienen diferentes compuestos químicos como monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos, a los cuales se les atribuye la acción antioxidante, aromática y antimicrobiana (Reyes y López, 2014), y sus derivados oxigenados (alcoholes, aldehídos, cetonas, fenoles, ácidos, ésteres y éteres) en distintas cantidades (Fornari, *et al.*, 2012, citado por Elizari, 2013). Los diferentes aceites esenciales usados en recubrimientos presentan componentes fenólicos que pueden causar degradación de la pared celular, coagulación del citoplasma y disminución de la fuerza motriz (Skandamis y Nichas, 2001, citado por García y García, 2008), dichos componentes permean y despolarizan la membrana citoplasmática bacteriana, lo que conduce a la muerte celular (Bakry *et al.*, 2016), esta característica hace posible su utilización como agentes antimicrobianos en recubrimientos comestibles teniendo en cuenta que han sido declarados por la FDA como aditivos GRAS (Generalmente Reconocidos Como Seguros). Holley y Patel (2005, citado por García y García, 2008) consideran que los aceites y

extractos de plantas principalmente de clavo, orégano, tomillo y algunos otros, presentan actividad inhibitoria contra ciertos microorganismos de importancia en alimentos, indicando que su potencial varía de acuerdo a sus componentes, al medio sobre el cual se emplee y no actúa de la misma manera en todos los hongos y bacterias, pues se ha encontrado que de muchos aceites probados aquellos que poseen las más potentes propiedades antimicrobianas son los aceites esenciales de tomillo, orégano, menta, canela, salvia y clavo (Gomez y López, 2009).

Varios aceites esenciales se han probado exitosamente contra el crecimiento de hongos causantes de enfermedades en frutas y verduras, por ejemplo el aceite de ricino para el control de las enfermedades causadas en la papaya por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* y la bacteria *Pseudomonas caricapapayae* (Siqueira *et al.*, 2012) con eficacia para el control de la antracnosis al usarse al 5 y 10% (v/v), siendo 10% la concentración que inhibió fuertemente la esporulación, mientras que en los ensayos con la bacteria *Pseudomonas caricapapayae* no se observó efecto por parte del aceite y para el estudio in vivo se encontró que la concentración de 5% (v/v) redujo la propagación de los patógenos y no presentaron lesiones contrario a aquellos frutos que no fueron recubiertos. Bosquez *et al.*, (2010) evaluaron el efecto fungicida de los aceites esenciales de tomillo y lima sobre *Colletotrichum gloeosporioides* y *Rhizopus stolonifer* en recubrimientos comestibles para el control de enfermedades poscosecha de frutos de papaya, encontrando que el efecto fungicida fue más evidente con el aceite esencial de tomillo que con el aceite de lima mexicano en concentraciones hasta el 0.060% al detener el crecimiento micelial tanto para *C. gloeosporioides* como para *R. stolonifer* en los estudios in vitro. Para los estudios in vivo se logró una reducción de la descomposición causada por *C. gloeosporioides* y *R. stolonifer* hasta en un 50% y 40%, respectivamente, en comparación con el 100% de infección observada en las papayas no tratadas.

1.6.1. Aceite esencial de orégano

El Orégano (*Origanum vulgare*) es una planta importante rica en compuestos fenólicos (cuadro 1) con fuerte capacidad antioxidante y antibacteriana que ha sido ampliamente utilizada para extender la vida útil de los alimentos (Figiel *et al.*, 2010). La variabilidad en la cantidad y composición del aceite esencial en algunas plantas, particularmente en *Origanium vulgare* y *Lippias*, depende de su etapa de

desarrollo, factores climáticos, altitud, estación de cosecha y manejo de la planta (Dunker y Silva, 2005; citado por Ortega *et al.*, 2011).

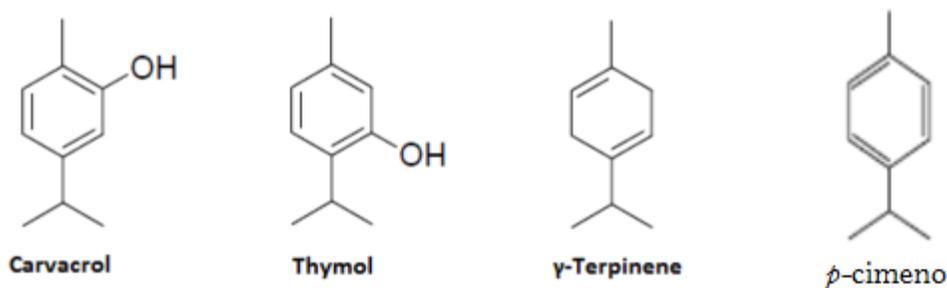
Tabla 3. Principales compuestos en aceites esenciales de orégano y tomillo

Aceite esencial	Carvacrol	Timol	γ -terpineno	<i>p</i> -cimeno
Orégano	Traza – 80%	Traza – 64%	2 – 52%	Traza – 52%
Tomillo	10 – 64%	2 – 11%	2 – 31%	10 – 56%

Fuente. Burt, 2004; citado por Elizari, 2013.

El carvacrol, timol y *p*-cimeno (figura 1), son los componentes a los que se atribuye la acción antimicrobiana en el aceite esencial de orégano que ha sido probado contra hongos y bacterias que causan deterioro en la calidad de los alimentos, por ejemplo contra *Fusarium spp.* aislado de semilla de tomate que inhibió el crecimiento del hongo en todas las concentraciones propuestas (0.5, 1.25, 1.5, 1.75% p/v) (Gómez *et al.*, 2009). Lima de Sousa *et al.* (2013) evaluaron la eficacia de la aplicación de los aceites esenciales de *Origanum vulgare L.* y *Rosmarinus officinalis L.* solos y en combinación para inhibir el *Aspergillus flavus* y *Aspergillus Niger* en medio de crecimiento fúngico y en uva de mesa: ambos aceites mostraron una concentración mínima inhibitoria de 0,25 y 1 μ l/mL respectivamente, reduciendo el crecimiento micelial y la germinación de esporas de los hongos.

Figura 3. Estructuras químicas de carvacrol, timol, γ -terpineno y *p*-cimeno



El aceite de orégano ha demostrado su actividad germicida no solo en el tratamientos de hongos en vegetales sino también contra bacterias como es el caso de *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* en la carne de vacuno (Pesavento *et al.*, 2015), al constituirse en una buena fuente de compuestos fenólicos capaces de proteger contra la oxidación, secuestrando radicales libres y con acción antibacteriana que se podrían incorporar a alimentos para prolongar su vida útil (Amadio *et al.*, 2011), además en *Bacillus cereus* y *Bacillus subtilis* (De Falco *et al.*, 2013), *Staphylococcus aureus* (De Falco *et al.*, 2013; Barros *et al.*, 2012) y *Eimeria tenella* (Toulah *et al.*, 2012), atribuyéndose las propiedades antibacterianas al carvacrol (Nostro y Papalia, 2012).

En este trabajo se evaluó la aplicación de un recubrimiento a partir de almidón modificado de yuca, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano, teniendo en cuenta el efecto sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas de la papaya (*Carica papaya* L.), para lograr extender su vida útil. Las materias primas fueron utilizadas por si solas y en combinación para determinar cuál de los recubrimientos aportaba mejores resultados, o si por el contrario las mezclas reducían las propiedades de los materiales.

2. METODOLOGÍA

2.1. LOCALIZACIÓN

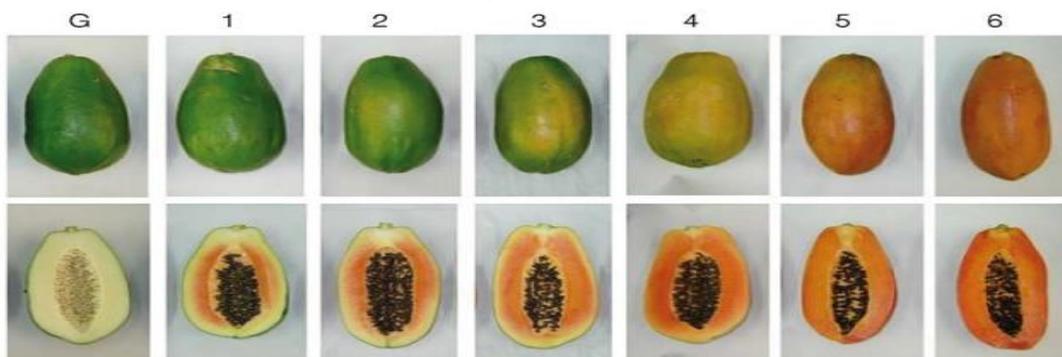
El proyecto se desarrolló en las plantas piloto de productos vegetales, el Laboratorio de Reología, Textura y Empaque de la Facultad de Ciencias Agrarias, el laboratorio de biología y la unidad de microscopia de la facultad de ciencias exactas y de la educación de la Universidad del Cauca en Popayán (Cauca) a unas condiciones de altitud de 1.738 metros sobre el nivel del mar (msnm) con una temperatura media de 19°C, y una precipitación media anual de 1.941 mm (Alcaldía de Popayán, 2017).

2.2. MATERIALES

2.2.1. Fruta

Se usaron papayas de variedad Maradol, en grado 3 de madurez (Figura 1), de peso 1200g en promedio, enteras, firmes, sanas, libres de daños físicos, mecánicos, fisiológicos o fitopatológicos, limpias y de aspecto fresco procedentes del municipio de Patía del departamento del Cauca.

Figura 4. Tabla de color para la papaya



G: piel únicamente verde. 1: piel verde con rayas de color amarillo claro. 2: piel verde con rayas amarillas bien definidas. 3: una o más franjas de color naranja en la piel. 4: color naranja con algunas áreas de color verde claro. 5: color típico de color naranja de la papaya maradol. 6: color más intenso que el color de la etapa 5.

Fuente: Santamaría *et al.*, 2009.

2.2.2. Almidón de yuca modificado

Se empleó almidón de yuca variedad SM707 modificado mediante hidrólisis con la enzima denominada alfa amilasa, hasta 12% de dextrosa y un tamaño de partícula de 300 micras, suministrado por el grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca.

2.2.3. Proteína aislada de soya

Proteína de grado alimentario, concentrada al 90%, marca Solae de Dupont, presenta buena solubilidad y sabor neutro.

2.2.4. Insumos

Para la elaboración de los recubrimientos se emplearon los insumos listados en la tabla 4.

Tabla 4. Lista de insumos empleados para elaborar los recubrimientos

Insumos	Pureza	Marca	Descripción
Aceite esencial de orégano	100%	Al-Kimia	Comercializado como materia prima en la fabricación de esencias y aromaterapia, y no para consumo humano.
Glicerol	99%	Blamis Dotaciones®	Glicerol grado analítico, utilizado como plastificante en el recubrimiento.
Tween 80	99%	Quimpo	Surfactante hidrofílico, éster de polioxietilen sorbitano (sorbitol y sus anhídridos copolimerizados con 4, 5 o 20 moles de óxido de etileno) parcialmente esterificados con ácidos grasos superiores), líquido oleoso límpido, incoloro o amarillo pardusco utilizado como agente de solubilización, dispersión y emulsionante.
Agar Papa dextrosa (PDA)	100%	DIBICO	Medio de cultivo para levaduras y hongos, compuesto por infusión de papa deshidratada y dextrosa.

2.2.5. Equipos. Para el procesamiento del recubrimiento y la medición de las variables de calidad se emplearon los equipos de la tabla 5.

Tabla 5. Lista de equipos empleados para elaborar los recubrimientos y las mediciones de calidad.

Equipo	Marca	Precisión	Funcionamiento
Máquina universal de ensayos	SHIMADZU EZ-L		Permite la penetración desplazando el cabezal móvil a una velocidad seleccionable dispuesta con una celda de carga conectada a la mordaza fija que entrega una señal que representa la fuerza aplicada.
Sistema de aspersión modular	AutoJET-1550		Emplea una bomba neumática de doble diafragma que regula el paso de la presión del sistema aire / líquido; a través de la boquilla, permite bañar con la solución del recubrimiento el material a tratar (papayas).
HL2	DWORKS		Posee dos sistemas de control, el primero es un sistema de calentamiento a través de enchaquetamiento de dos recipientes donde se produce transferencia de calor por conducción, el primer recipiente contiene agua caliente, regulada por termocupla, el otro recipiente contiene los materiales que serán procesados. El segundo sistema, es el de agitación, cuya función es mezclar los materiales a procesar, empleando dos aspas de diferente tamaño que giran en contrasentido, el aspa más pequeño evita que el material se sedimente y el aspa grande evita las turbulencias, tras el cierre a presión del equipo en la parte superior se encuentra el motor y

			el procesador donde se introducen los parámetros de temperatura y velocidad de agitación.
Balanza de mesa	Serie PCE-BS	0,01 g	
Refractómetro digital	ATAGO PAL-1	Brix ± 0.2 % Temperatura $\pm 1^{\circ}\text{C}$	Con solo poner una gota de muestra en la superficie del prisma, el equipo arroja el valor de los grados Brix, indicando la temperatura que tiene la muestra, la función de compensación automática de temperatura del PAL le permite que tome las lecturas sin tener en cuenta la temperatura ambiente.
pH metro	Metrohm-780		
Oxybaby 6.0 O ₂ /CO ₂	WITT		El equipo aspira por una pequeña bomba incorporada, una cantidad de muestra de gas, la cual hace comparación con valores grabados previamente como patrones de referencia para hacer la medición del CO ₂ a partir del principio de absorción de infrarrojo.
Colorímetro	3nh - NR110	Iluminación / Visualización de Geometría : 8/d	Utiliza un dispositivo LED de luz de excitación azul y un detector diodo de silicio fotoeléctrico, pudiendo cuantificar el color, al estar configurado con varios sistemas de espacio de color (CIEL * a * b * C * h *; CIEL * a * b *; CIEXYZ).

Fuente: Pasquel, 2017; Insuasty y Perdomo, 2015.

2.3. MÉTODOS

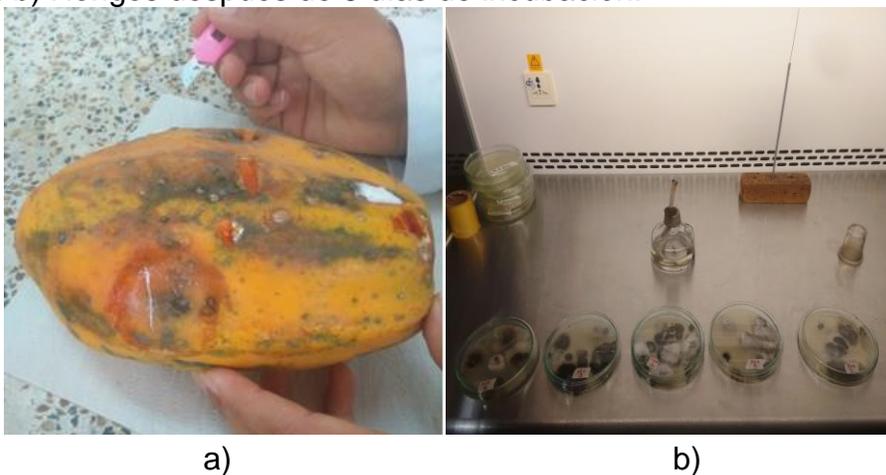
2.3.1. Ensayos preliminares para determinar las concentraciones de los materiales a emplear en la elaboración del recubrimiento

Se realizaron los siguientes ensayos preliminares que permitieron determinar las concentraciones de proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano empleados en la elaboración del recubrimiento, además del aislamiento e identificación microscópica y macroscópica del hongo *Fusarium spp.*

Aislamiento de hongos fitopatógenos de la papaya

Se tomaron 12 papayas con distintas lesiones causadas por hongos, se cortaron fragmentos de los límites de la lesión que comprendían tanto tejido necrótico como tejido sano (figura 5a) y se trataron con solución de hipoclorito de sodio al 1% por espacio de 3 minutos y se lavaron tres veces con agua destilada. A continuación, se secaron los cortes con papel absorbente estéril y se llevaron directamente a cajas de petri con medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) con 0.075% de antibiótico (gentamicina), luego de lo cual las cajas fueron incubadas durante 8 días a 27°C. Finalmente se tomaron muestras de los hongos que crecieron (figura 5b) y se sembraron nuevamente en cajas de Petri con medio PDA, con el fin de obtener cultivos puros (cultivo y aislamiento de hongos, práctica de laboratorio de microbiología, Universidad del Cauca).

Figura 5. Aislamiento de hongos fitopatógenos de la papaya. a) cortes de tejido infectado. b) Hongos después de 8 días de incubación.



Identificación macroscópica y microscópica de los hongos

A partir de los aislamientos previos se realizaron improntas de los hongos y se observaron en el microscopio óptico de alta resolución en la Unidad de Microscopía Electrónica, ubicado en el museo de historia natural de la Universidad del Cauca, que se identificaron mediante la observación macroscópica y microscópica teniendo en cuenta las claves taxonómicas para hongos imperfectos (Barnett y Hunter, 1998), observando la textura, el color, la topografía en anverso y reverso de las colonias de los hongos encontrados (*Fusarium spp*, *Rizhopus spp*, *Cladosporium spp*), siendo el *fusarium spp*, el hongo que predominó en los aislamientos realizados, presentando un mayor crecimiento no solo en cajas de Petri sino también en los frutos que fueron tomados para los aislamientos.

Efecto del Aceite Esencial en el crecimiento micelial del hongo *Fusarium spp.* “in vitro”

Se tomó como base la metodología utilizada por Guédez *et al.* (2014) y de Barrera y García (2008) con modificaciones, probando concentraciones de 0, 250, 500, 750 y 1000 ppm de aceite esencial de tomillo para inhibir el crecimiento micelial de hongos como *Rizhopus spp*, *Fusarium spp*, *Collectotricum spp* (Ramos *et al.*, 2010; Barrera y García, 2008; Bosquez *et al.*, 2010). Las cajas se incubaron a 27°C durante 8 días, luego de los cuales no se observó crecimiento micelial en ninguna de las cajas, por lo que se redujo la concentración de aceite desde 0 hasta 300 ppm, realizando 5 tratamientos con 0, 100, 200, 250 y 300 ppm. Se depositaron 20 mL de PDA previamente esterilizado en cada caja de Petri y cantidades de aceite esencial de orégano (diluido en tween 80) según los tratamientos, con tres repeticiones por cada tratamiento. Después de 2 horas en reposo, se colocó un disco de 0,6 cm de diámetro del micelio del hongo en el centro de cada caja de Petri, usando como control absoluto el medio de cultivo PDA más tween 80 sin aceite esencial; por último, se incubaron por 8 días a 27°C. A partir de las 24 horas de la siembra, se hicieron mediciones del diámetro de crecimiento de las colonias (utilizando el programa IMAGEJ mediante imágenes fotográficas) que permitieron obtener los porcentajes de inhibición, valoración que culminó en el momento en que el micelio de la caja de agar control alcanzó el borde.

Los porcentajes de inhibición se determinaron usando la siguiente expresión utilizada por Insuasty y Perdomo, 2015.

$$\%I = [\emptyset \text{ caja de petri} - \emptyset \text{ Tratamiento}] / (\emptyset \text{ caja de petri}) * 100 \quad [\text{Ec. 1}]$$

Dónde:

%I: Porcentaje de inhibición.

\emptyset caja de petri: 9cm

\emptyset Tratamiento: Diámetro crecimiento del hongo según el tratamiento

Determinación del porcentaje de proteína aislada de soya en la formulación del recubrimiento

Se tomó como base la metodología realizada por Saavedra y Algecira (2010), con modificaciones, para determinar la concentración de la proteína en el recubrimiento, se prepararon dos recubrimientos a base de proteína aislada de soya, cuyas concentraciones fueron 2% y 4% adicionando únicamente glicerol como plastificante (2%), además se preparó una mezcla de almidón (4%) y proteína (2% y 4%), para observar la interacción entre ambas matrices, se adicionó la proteína en agua destilada a pH 10 junto con glicerol (2%), y se procesó en el equipo HL2, a unas condiciones de temperatura de 75°C por 30 minutos y 200rpm. Por último la mezcla se dejó enfriar en el equipo a 40°C y 200rpm por 10 minutos para posteriormente aplicarse a los frutos.

2.3.2. Elaboración y aplicación del recubrimiento

Se llevaron a cabo los siguientes procedimientos.

Acondicionamiento de la fruta. Las papayas se sometieron a las siguientes operaciones:

Selección y clasificación. Se seleccionaron y clasificaron de acuerdo con el grado de madurez 3 (Figura 3. Tabla de color para la papaya) de tamaño pequeño con dimensiones de diámetro axial 103 cm y diámetro ecuatorial 69 cm y con un peso de 1200 g en promedio, variedad maradol, sin deformaciones exageradas, enteras, con el aspecto, la forma y el color típicos de la variedad (ligeramente alargadas, color verde con franjas amarillas, ver figura 6), frescas, limpias y sin indicios de humedad exterior y consistentes al tacto (NTC1270, 1979).

Figura 6. Selección de las papayas



Limpieza y desinfección. Las papayas se lavaron con agua potable para la eliminación de impurezas, luego se sumergieron en una solución de Tego 51 a una concentración de 50 ppm durante 15 minutos para su desinfección y se secaron al aire ambiente.

Preparación de recubrimiento a base de almidón de yuca modificado. Se incorporaron 320 g de almidón modificado (4%) variedad SM 707-17 modificado por vía enzimática 12% de dextrosa equivalente y 160 mL de glicerina (2%) a 8 L de agua destilada (pH=7). El proceso se llevó a cabo en el equipo HL2 y se procedió en dos etapas, la primera consistió en el acondicionamiento del equipo a 30°C durante 15 minutos a 200 rpm, y la etapa 2 fue de 75°C durante 30 minutos a 400 rpm (Paz, 2014) hasta lograr la gelatinización del almidón (figura 7a). Finalmente se dejó enfriar a 40°C y 200 rpm por 10 minutos.

Preparación del recubrimiento a base proteína aislada de soya. Se ajustaron los 8 L de agua a pH 10 mediante la adición de una solución de NaOH 0,1N debido a que la proteína de soya tiene poca solubilidad en pH ácido cerca de su punto isoeléctrico (pH 4.0 a 5.5) (Serrano, 2015), es por ello que la utilización de agua a pH de 10 es indispensable en este proceso. A continuación, se incorporaron 160 g de proteína aislada de soya (2%) y 160 mL de glicerina (2%) (figura 7b). Para la preparación del recubrimiento se probaron dos metodologías: inicialmente se tomó como base la metodología utilizada por Insuasty y Perdomo (2015) con modificaciones, en donde se dispersó la proteína en agua destilada que previamente fue llevada a pH 10, mediante la adición de una solución de NaOH 0,1N. Posteriormente, se adicionó el glicerol (2%) y se calentó la mezcla hasta 85°C por 30 minutos con agitación constante de 200 rpm utilizando una plancha de calentamiento Isotemp. La segunda metodología consistió en someter

la proteína a las mismas condiciones a las que se procesó el almidón (Paz, 2014), utilizando agua destilada a pH de 10 mediante la adición de una solución de NaOH 0,1N.

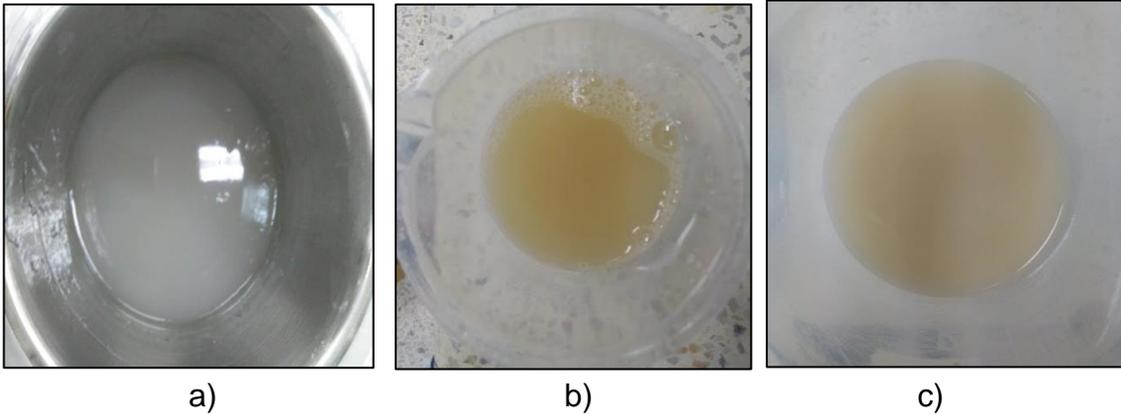
Finalmente, a las soluciones de almidón y proteína se les incorporó 2 mL de tween 80 (0,1%), y aceite esencial de orégano 250 mg/L y 500 mg/L según las concentraciones del mismo en cada uno de los 9 tratamientos (cuadro 1).

Tabla 6. Formulación de los recubrimientos

Tratamiento	Concentración de almidón modificado	Concentración de proteína aislada de soya	Concentración aceite esencial orégano (ppm)	Glicerol	Tween 80
T1	0%	0%	0	0%	0%
T2	4%	0%	0	2%	0%
T3	0%	2%	0	2%	0%
T4	4%	0%	250	2%	0.10%
T5	0%	2%	500	2%	0.10%
T6	4%	0%	500	2%	0.10%
T7	0%	2%	250	2%	0.10%
T8	4%	2%	250	2%	0.10%
T9	4%	2%	500	2%	0.10%

Figura 7. Elaboración de recubrimiento.

a) Recubrimiento a base de almidón modificado de yuca. **b)** Recubrimiento a base de proteína aislada de soya. **c)** Recubrimiento compuesto por almidón modificado de yuca y proteína aislada de soya.



Aplicación del recubrimiento. Se tomaron las papayas, una a una, y se recubrieron completamente mediante aspersión, a unas condiciones de presión de aire de 13 bar y presión de líquido de 27 psi, un ciclo de trabajo de 80% y un tiempo de aspersión de cada papaya de 8 segundos; se secaron en canastillas plásticas previamente lavadas y desinfectadas y se almacenaron en la planta piloto de vegetales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

2.3.3. Preparación de la suspensión de esporas, aplicación y determinación de la escala de severidad por *fusarium spp* en los frutos de papaya (*Carica papaya* L.)

Preparación del inóculo

Se utilizó la metodología descrita por Cueto-Wong, (2010) con modificaciones. Se preparó una suspensión de esporas utilizando una cepa de *fusarium spp.* de dos semanas, las esporas se rasparon del cultivo con un asa redonda y se colocaron en agua destilada estéril a una concentración de 1.2×10^5 esporas/mL que se determinó por medio conteo en cámara de Neubauer.

Inoculación de los frutos

Las papayas fueron inoculadas mediante aspersión 8 horas después de haber sido recubiertas. A partir de la primera aparición de los síntomas, se registraron datos sobre la severidad de la enfermedad (Baños Guevara *et al.*, 2004 y Zavaleta, 2004; Ademe *et al.*, 2013).

Escala numérica y verbal de la enfermedad.

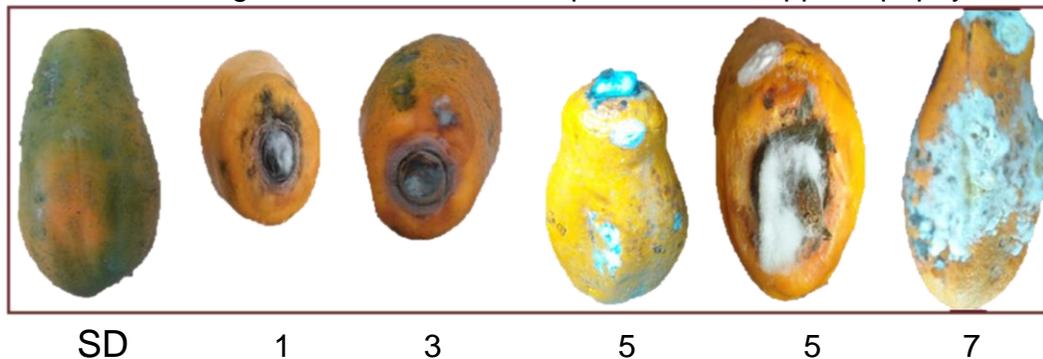
Para determinar la escala de la enfermedad causada por *Fusarium* en papayas se tomó como base la escala utilizada para la enfermedad roña del manzano (*Venturia inaequalis*) una escala general no lineal de cinco niveles, (con modificaciones) en donde, 1= Síntomas muy leves en hojas, o frutos, afectando 1% del área; 3= Síntomas cubriendo 5% del área foliar, o frutos; 5 = Síntomas cubriendo 10% del área foliar, o frutos; 7= Síntomas cubriendo 25% del área foliar, o frutos y 9= Síntomas cubriendo 50% del área foliar, o frutos (Castaño y Pérez, 1997; citado por: Universidad Nacional de Colombia, guía de epidemiología agrícola, Práctica No. 1. Cuantificación de enfermedades en campo). La severidad por *Fusarium* spp. Se calculó haciendo una observación visual del porcentaje de síntomas en la fruta con base en la escala previamente realizada (figura 9).

Para determinar el área de la papaya se utilizó la metodología de Navarro y Arauz (1999) con modificaciones, envolviéndola en papel aluminio para obtener la forma de esta, luego el papel se cortó en gajos y se aplanó para luego fotografiarlo con una escala y así obtener el área aproximada mediante el programa IMAGEJ (figura 8). Las áreas afectadas por la enfermedad de podredumbre blanda causada por *Fusarium* se determinaron dibujando con papel mantequilla la parte afectada. A continuación se tomaron las papayas limpias y desinfectadas y se recubrieron según los tratamientos, posteriormente se inocularon con la suspensión de esporas de *Fusarium* (120.000 esporas/mL) y se realizó un seguimiento del desarrollo de la enfermedad durante 13 días.

Figura 8. Papaya envuelta en papel aluminio (izquierda). Cortes de la envoltura de papel aluminio en gajos (derecha).



Figura 9. Escala diagramática de severidad por *Fusarium* spp. en papaya.



SD: sin daño

1: 1% área afectada 3: 3% área afectada 5: 22% área afectada 7: >50% área afectada.

2.4. MEDICIÓN DE VARIABLES

Durante 13 días, cada 3 días y a la misma hora, se tomaron tres papayas de cada tratamiento para medir las variables por triplicado:

2.4.1. Pérdida de peso. Se registró el peso de las papayas con una balanza de mesa, la cual cuenta con una precisión de 0.01g y se usó la siguiente expresión para determinar la pérdida de peso.

$$PP = (Pi - Pf / Pi) * 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde: PP= Pérdida de peso promedio; Pi= Peso inicial; Pf = peso final

2.4.2. Color

El cambio de color de la papaya se midió con el colorímetro de marca 3nh que posee escala CIELAB. El espacio de color $L^*a^*b^*$ consiste en una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo, L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas, rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde) y amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul) respectivamente, el colorímetro usado, puede cuantificar éstos atributos de color y muestra los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^* . Para determinar la diferencia de color total (ΔE) de los frutos recubiertos con respecto al testigo se utilizó la siguiente expresión:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Ec. 2})$$

El color se midió todos los días a la misma hora, en la parte más verde de los frutos.

2.4.3. Tasa de respiración

Las frutas se almacenaron en bolsas plásticas selladas (una papaya por bolsa) posteriormente se midió el porcentaje de dióxido de carbono, producido por el fruto, empleando el Oxybaby 6.0 a partir del día 1, todos los días, a la misma hora durante los 13 días de seguimiento.

2.4.4. Firmeza

Se determinó con la Máquina universal de ensayos, cuyas variables de velocidad y profundidad máxima de penetración se estandarizaron previamente con ensayos sobre el fruto, dichas variables fueron 15 mm/s y 10 mm, la firmeza se midió sobre tres puntos distintos del fruto, parte superior (cerca al pedúnculo), centro y parte inferior.

2.4.5. Sólidos solubles totales

Las papayas se pelaron y maceraron con un extractor de jugos, con el fin de obtener el zumo (sin diluir). La medición se hizo con un refractómetro digital con un rango de medida en Brix de 0.0 a 53.0 %, depositando una gota de jugo en el

lente, el cual arrojó los datos a la temperatura que se encontraba el fruto. Los datos que no se encontraban a 20°C, fueron corregidos.

2.4.6. pH

Se extrajo el zumo de la papaya y posteriormente se utilizó el pH metro digital para realizar esta medición.

2.4.7. Acidez titulable

Se tomaron 10 ml del zumo extraído y se tituló con hidróxido de sodio 0,1N para determinar el porcentaje de acidez expresando el resultado como porcentaje de ácido málico, usando la siguiente expresión:

$$\frac{NaOH(ml) * N * MEq \text{ ácido}}{10 ml} * 100$$

NaOH: ml de NaOH gastados en la titulación

N: normalidad del NaOH

MEq: miliequivalente de ácido málico

2.4.8. Crecimiento microbiano

El crecimiento microbiano fue enfocado hacia la contaminación por el hongo *Fusarium* spp., inoculado mediante aspersión en las papayas, la medición de este crecimiento se hizo de acuerdo a la escala numérica y verbal de la enfermedad descrita previamente, haciendo una comparación visual de los daños presentados en los frutos de todos los tratamientos y asignándoles a cada uno un valor.

2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un diseño completamente al azar, con dos factores, tiempo en días y 9 tratamientos, cuyas variables de respuesta fueron firmeza, pérdida de peso, tasa de respiración, sólidos solubles totales, color, pH y acidez titulable, haciendo el seguimiento por 13 días.

Los datos colectados se analizaron en el programa estadístico SPSS versión 23 y se analizaron con diferentes pruebas estadísticas teniendo en cuenta la normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Estadístico de Levene) de éstos. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey para aquellos datos en los cuales se cumplió con los dos supuestos anteriormente mencionados; para aquellos datos en los cuales no hubo normalidad ni homogeneidad de varianzas se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y para los datos en los cuales no se cumplió la homogeneidad de varianzas se aplicó la prueba estadística de Games-Howell. Finalmente, se aplicó un Anova de un factor de medidas repetidas para las variables como porcentaje de pérdida de peso, respiración (%CO₂), y color las cuales se midieron todos los días.

Tabla 7. Tratamientos según el recubrimiento empleado.

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1 o Control	Fruta sin recubrir
T2	Fruta recubierta con almidón modificado de yuca (4%)
T3	Fruta recubierta con proteína aislada de soya (2%)
T4	Fruta recubierta con almidón modificado de yuca (4%) + aceite esencial en concentración de 250ppm
T5	Fruta recubierta con proteína asilada de soya (2%) + aceite esencial de orégano en concentración de 500ppm
T6	Fruta recubierta con almidón modificado de yuca (4%) + aceite esencial en concentración de 500ppm
T7	Fruta recubierta con proteína aislada de soya (2%) + aceite esencial en concentración de 250ppm
T8	Fruta recubierta con almidón modificado de yuca (4%) + proteína aislada de soya (2%) + aceite esencial de orégano en concentración de 250ppm
T9	Fruta recubierta con almidón modificado de yuca (4%) + proteína aislada de soya (2%) + aceite esencial de orégano en concentración de 500ppm

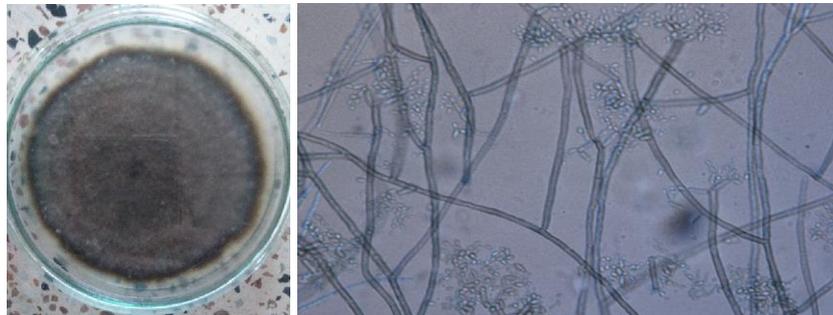
3. RESULTADOS

3.1. Identificación macroscópica y microscópica de los hongos

Cladosporium spp. Macroscópicamente forma colonias aterciopeladas, pulverulentas, con pliegues radiales, de color blanco que tienden a oscurecerse en tonos verde oliva y, a veces, gris verdoso o marrones (INSHT, 2014). Presenta conidios (blastosporos) oscuros, de 1 o 2 células, de forma y tamaño variables, su forma varía de ovoides a cilíndricos, algunos típicamente en forma de limón; a menudo se encuentran en cadenas acropetales simples o ramificadas (Barnett y Hunter, 1998), ver figura 10.

Figura 10. Características macroscópicas y microscópicas del hongo *Cladosporium spp.*

a) Características macroscópicas del *Cladosporium spp.* (fuente: PHIL, 2016) b) características microscópicas del *Cladosporium spp.*



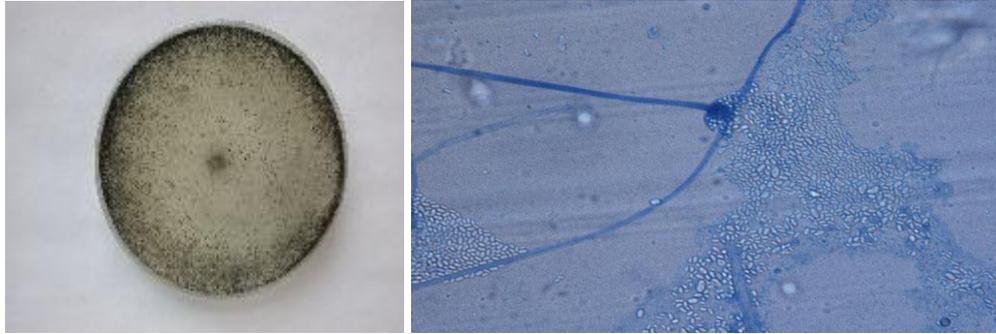
a)

b)

Rhizopus spp. Macroscópicamente presenta colonias densas, de color blanco al principio y luego grisáceas de textura algodonosa. A nivel microscópico presenta hifas hialinas no septadas, esporangios cafées globosos, esporangiosporos de forma ovoide lisos o estriados de color café, rizoides ramificados parecidos a una raíz de color café (Ángel, 2006) ver figura 11.

Figura 11. Características macroscópicas y microscópicas del hongo *Rhizopus* spp.

a) Características macroscópicas del *Rhizopus* spp. (fuente: Gefor) b) características microscópicas del *Rhizopus* spp.



a)

b)

***Fusarium* spp.** De acuerdo a las características macroscópicas el hongo *Fusarium* spp (figura 12a) presenta un micelio extenso y algodonoso, a menudo con un poco de tinte rosado, púrpura, o amarillo en el centro; a nivel microscópico presenta conidios hialinos, principalmente de dos tipos, macroconidios de varias células, ligeramente curvados o doblados en los extremos puntiagudos, típicamente en forma de canoa, y microconidios unicelulares, ovoides, solos o en cadenas (Barnett y Hunter, 1998) (figura 12b).

Figura 12. Características macroscópicas y microscópicas del hongo *Fusarium* spp.

a) Características macroscópicas del *Fusarium* spp. b) características microscópicas del *Fusarium* spp. c) Esporas del *Fusarium* spp.



a)

b)

c)

3.2. Efecto del aceite esencial de orégano en el crecimiento micelial del hongo *Fusarium spp.* in vitro

Para determinar la concentración de aceite esencial de orégano a usar en el recubrimiento se realizó una prueba preliminar in vitro comprobando su efecto inhibitorio sobre el crecimiento del hongo *Fusarium spp.* Se observó que el porcentaje de inhibición del hongo *Fusarium spp.* disminuyó en el tiempo de observación de acuerdo a los tratamientos aplicados (figura 13). Los tratamientos más efectivos en el crecimiento micelial del hongo fueron los tratamientos t3 y t4, con una concentración de aceite esencial de orégano de 250ppm y 300ppm respectivamente, con un 93.33% de inhibición, seguido por los tratamientos t2 con una concentración de 200ppm (79.50%), t1 con una concentración de 100 ppm (27.9%) y t0 con una concentración de 0 ppm (1.27%) en el día 8. Su porcentaje de inhibición evidenciando que el efecto inhibitorio del aceite esencial de orégano sobre el hongo, disminuye a concentraciones por debajo de 250ppm.

Figura 13. % Inhibición (*Fusarium spp.*) vs Tiempo

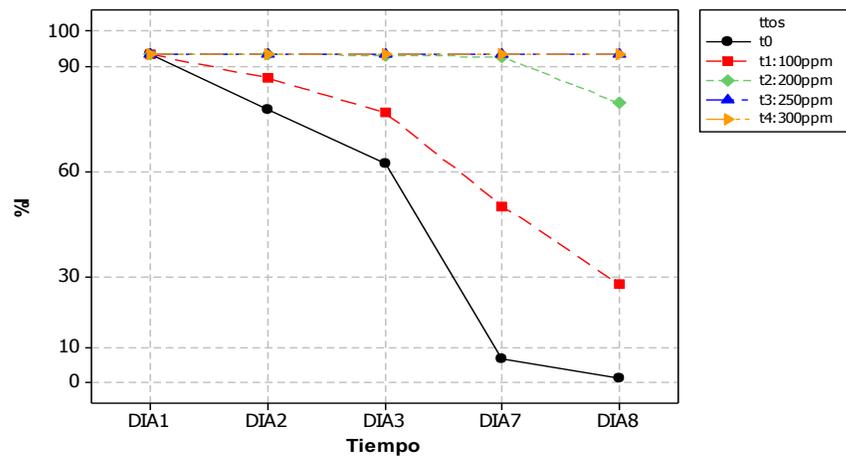
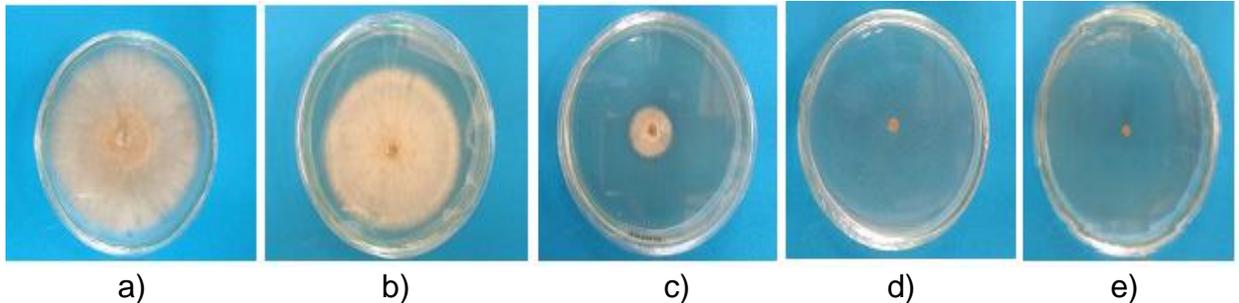


Tabla 8. Porcentajes de inhibición del *Fusarium spp.* Vs días de seguimiento

Días	0ppm	100 ppm	200 ppm	250 ppm	300 ppm
1	93.33 ± 0	93.33 ± 0	93.33 ± 0	93.33 ± 0	93.33 ± 0
2	77.44 ± 0.03	86.56 ± 0.01	93.33 ± 0	93.33 ± 0	93.33 ± 0
3	62.09 ± 0.03	76.80 ± 0.01	93.09 ± 0.01	93.33 ± 0	93.33 ± 0
7	6.72 ± 0.02	50.15 ± 0.01	92.59 ± 0.01	93.33 ± 0	93.33 ± 0
8	1.27 ± 0.05	27.90 ± 0.02	79.50 ± 0.02	93.33 ± 0	93.33 ± 0

Figura 14. Inhibición del *Fusarium* spp. mediante el uso de aceite esencial de orégano a diferentes concentraciones.

a) 0ppm b) 100ppm c) 200ppm d) 250ppm e) 300ppm



3.2 Determinación del porcentaje de proteína aislada de soya para la elaboración del recubrimiento

Se observó que el recubrimiento preparado al 2% de proteína aislada de soya presentó menor formación de espuma, buena solubilidad en la matriz de almidón y al aplicarlo a los frutos, éstos presentaron buen brillo y textura suave al tacto, contrario al recubrimiento formulado al 4%, el cual presentó mayor formación de espuma y grumos los cuales se acumularon en el filtro del sistema de aspersión dificultando el proceso de recubrir los frutos y al ser aplicado a estos presentaron textura áspera en la superficie. Debido a las características anteriormente mencionadas se procedió a formular los recubrimientos con una concentración de proteína al 2%.

3.3. Validación de las variables de temperatura, agitación y pH en la elaboración del recubrimiento

En la elaboración y aplicación del recubrimiento a base de almidón modificado de yuca se obtuvo como resultado una solución viscosa producto de la gelatinización del almidón, color blanco y de textura suave al tacto (figura 2a).

El recubrimiento se aplicó sobre las papayas por aspersión durante 8 segundos cada una, utilizando el sistema de aspersión modular AutoJET-1550, que se dejó secar durante 10 minutos a temperatura ambiente, aportando características como brillo y destacando el color de los frutos al compararlos con el testigo (figura 15).

Figura 15. Fruta recubierta con almidón modificado de yuca (derecha). Papaya lavada sin recubrir (izquierda)



En la preparación del recubrimiento a base de proteína aislada de soya, la mezcla presentó la formación de espuma en la solución de proteína, producida por la agitación constante, que generan las aspas del equipo, incorporando aire a la estructura proteica, la cual tiene la capacidad de atrapar, encapsular y retener el gas que generalmente es aire o dióxido de carbono (Dickinson, 1989; citado por Carp, 2001), adicional se observó buena dispersión de la misma en el agua. En cuanto a la aplicación del recubrimiento, se hizo utilizando el sistema de aspersión modular AutoJET-155, asperjando el recubrimiento durante 8 segundos sobre los frutos, los cuales presentaron un secado rápido (20 minutos en promedio) a temperatura ambiente, mejorando la apariencia de los frutos a diferencia del testigo al aportar brillo (ver figura 16), efecto parecido al logrado por el almidón sobre la piel de las papayas, además se observó que el recubrimiento no se escurrió de los frutos, adquiriendo una textura suave al tacto.

Figura 16. Frutas recubiertas con proteína aislada de soya (derecha). Frutas lavadas sin recubrir (izquierda)

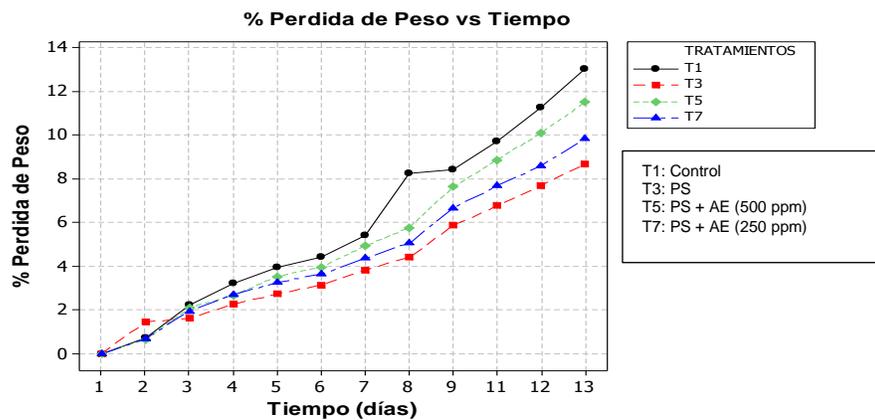


A continuación se muestran los resultados de las variables analizadas, realizando una separación de las figuras con base en los materiales usados en la formulación de los tratamientos (almidón modificado de yuca, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano) y determinar el efecto de los recubrimientos sobre la papaya.

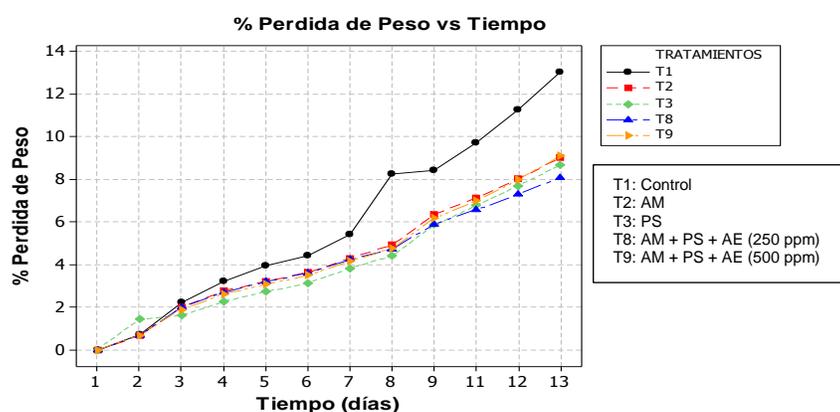
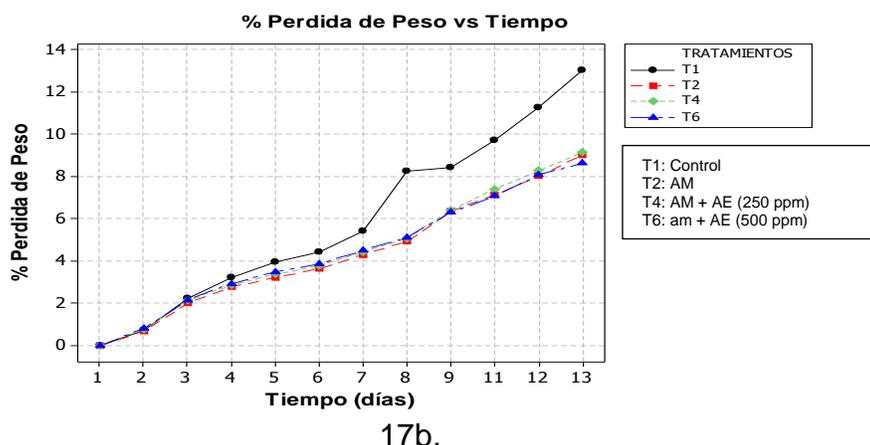
3.4. PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO

Las pérdida de peso en frutas y vegetales frescos se debe principalmente a la pérdida de agua resultado de los procesos de transpiración y respiración (Martínez y Ponce, 2012). En la figura 17 se presentan los porcentajes de pérdida de peso durante el tiempo de valoración, observándose que el testigo (T1) obtuvo una mayor pérdida de peso que se aceleró a partir del día 7, a diferencia del resto de los tratamientos.

Figura 17. Cambios en el porcentaje de pérdida de peso con respecto al tiempo. **a)** Tratamientos a base de proteína aislada de soya con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soya, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).



17a.



Se aplicó la prueba de Anova de una vía con un diseño de medidas repetidas para probar el efecto de los tratamientos sobre la variable de respuesta porcentaje de pérdida de peso (Anexo A), resultando este efecto estadísticamente significativo ($\text{Sig}=0.021 < 0.05$), lo que indica que el porcentaje de pérdida de peso depende del tipo de recubrimiento que se utilizó. Al observar los resultados de las pruebas de efectos del factor de medidas repetidas (días) resultó significativo estadísticamente, así como la interacción entre el tiempo y el factor del tratamiento (recubrimientos), lo que quiere decir que para un tipo de recubrimiento dado, el porcentaje de pérdida de peso cambia con el tiempo, y viceversa (Anexo B).

En los tratamientos a base de proteína aislada de soya (figura 17a), la mayor pérdida de peso ocurrió en el testigo (T1) con un 13%, seguido de los tratamientos T5, T7 y T3 que perdieron 11.5%, 9.8% y 8.7% respectivamente, indicando que la proteína aislada de soya incidió directamente sobre la pérdida de peso, resultados similares fueron reportados por Saavedra y Algecira (2010) que encontraron que

el recubrimiento que presentó menor pérdida de peso fue el que contenía únicamente como material hidrocoloide la proteína aislada de soya disminuyendo la pérdida de peso en un 3.15% en comparación con el testigo y que en todas las formulaciones que incluían proteína se observó un efecto positivo debido a su carácter anfifílico y emulgente que produjo una película más resistente a la difusión del agua, evitando así la deshidratación. Martínez y Ponce (2012) encontraron que las películas comestibles sin aceites esenciales minimizan la pérdida de peso, ofreciendo una buena barrera frente a la humedad y, en recubrimientos con aceites esenciales que permiten la difusión de gases como el oxígeno, aumentando en consecuencia la transpiración del fruto, proceso que se considera la principal causa de pérdida de agua en vegetales (Pinargote y Gálvez, 2013), causando una disminución significativa del peso, disminuyendo la apariencia firme del producto, lo que podría explicar la diferencia entre los tratamientos T5 y T7 que perdieron más peso que T3.

Los tratamientos a base de almidón que incorporan o no aceite esencial de orégano (figura 17b) no presentan diferencias en sus porcentajes de pérdida de peso pero si frente al testigo (T1-T6= 3.6%), indicando que la incorporación del aceite esencial no incidió sobre las propiedades de barrera al vapor de agua del almidón, resultado que también fue reportado en pimentón recubierto con almidón y aceite esencial de tomillo (Zúñiga *et al.*, 2013) considerando así que el almidón de yuca fue el que actuó como barrera semipermeable al vapor de agua y no el aceite.

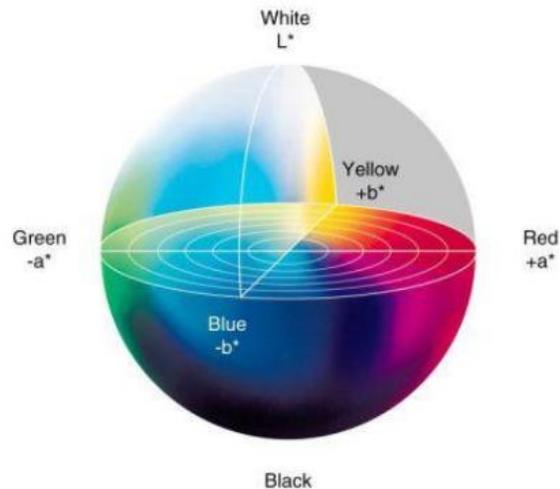
Los tratamientos que se presentan en la figura 17c no muestran diferencias entre ellos pero si con (T1), aunque T8 fue el que presentó menor pérdida de peso, lo que indica que la mezcla de almidón, proteína, y aceite esencial de orégano a 250 ppm redujo la pérdida de agua, debido a las interacciones específicas del aceite con la proteína aislada de soya, debido a su carácter anfifílico.

3.5. COLOR

Para analizar la variable de color se utilizó el modelo CIELAB, en donde el espacio de color es un sistema coordenado cartesiano definido por tres coordenadas rectangulares L^* , a^* , b^* de medidas adimensionales (figura 18) la coordenada a^* corresponde a rojo si $a^* > 0$, o a verde si $a^* < 0$ y la coordenada b^* corresponde al amarillo si $b^* > 0$, y al azul si $b^* < 0$. La coordenada acromática L^* es la luminosidad o claridad y representa si un color es oscuro, gris o claro, variando

desde cero para un negro hasta 100 para un blanco (Herrera *et al.*, 2011; citado por Yáñez-Zambrano, 2016).

Figura 18. Espacio de color CIELAB



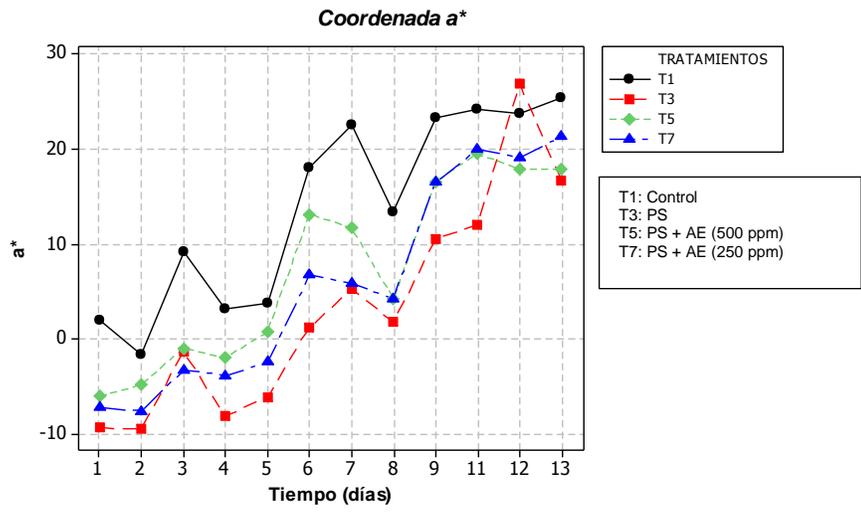
Fuente: Mozas, 2012; citado por Yáñez-Zambrano, 2016

3.5.1. Coordenada a^*

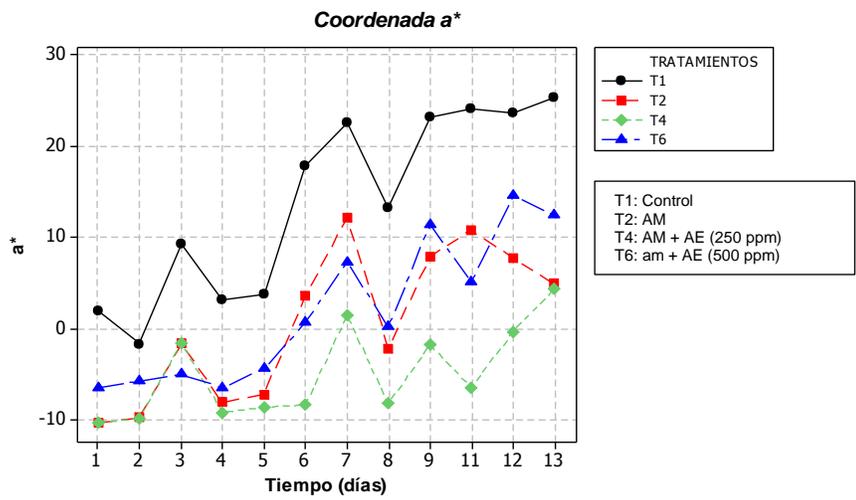
En la figura 19 se observa que el testigo (T1) presentó mayores valores frente a los demás tratamientos, siendo positivos (color rojo) a partir del día 3, a diferencia de los tratamientos T2, T3, T5, T6, T7, T8, T9 que inicialmente fueron negativos (color verde) hasta el día 6, luego de lo cual alcanzaron cifras positivas (color rojo), y el tratamiento T4 que obtuvo valores positivos en el último día de medición.

Figura 19. Cambios de color en la coordenada a^* con respecto al tiempo.

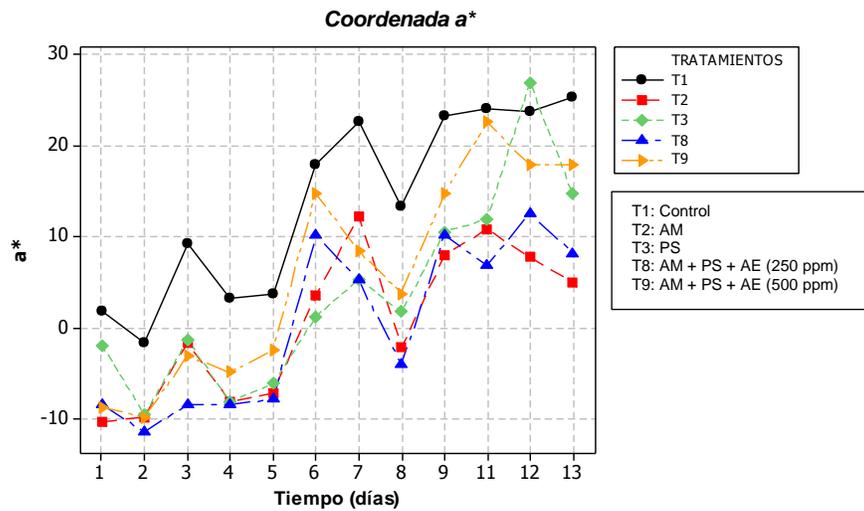
a) Tratamientos a base de proteína aislada de soja con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soja, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).



19a.



19b.



19c.

El ANOVA de una vía de medidas repetidas (Anexo C) arrojó diferencias significativas ($\text{Sig}=0 < 0.05$), entre tratamientos. El Anexo D muestra el efecto estadísticamente significativo del factor de medidas repetidas (días), así como la interacción entre el tiempo (días) y el factor del tratamiento (recubrimientos), lo que quiere decir que los recubrimientos ejercen cambios sobre la coordenada a^* en el tiempo.

Se observa según la tabla 9 que en los frutos con recubrimientos a base de proteína aislada de soya la diferencia total de color (ΔE), presenta valores mínimos de 4.84 en día 13, contrario a los tratamientos a base de almidón, en los cuales se observa un diferencial de color de 23.39 en el último día con respecto al testigo (T1), lo que indica que este material retarda el cambio de color a^* , al retardar el incremento en la síntesis de pigmentos de color naranja y rojo (carotenoides y antocianinas) en la piel del fruto, como es el caso particular del tratamiento T4, debido posiblemente a la acción del recubrimiento que forma una atmósfera modificada pasiva que puede influenciar diferentes cambios en productos frescos, como el color y la calidad sensorial (Oms-Oliu *et al.*, 2008 citado por Quintero *et al.*, 2010). Se considera que el mejor tratamiento fue el recubrimiento a base de almidón modificado de yuca en combinación con el aceite esencial de orégano a 250 ppm (T4). En cuanto a la mezcla de las materias primas empleadas al recubrir los frutos, se obtuvo que el tratamiento T8 fue el que

mejor se comportó al obtener un diferencial de color de 18.14 frente al testigo en el último día de medición.

Resultados similares fueron reportados por Acosta (2014) usando recubrimientos a base de almidón de yuca, gelatina de bovino y aceites esenciales en papaya, que menciona que en la coordenada a^* , tanto los factores (tratamiento y tipo de muestra) como la interacción tuvieron una influencia significativa, aumentando considerablemente desde valores negativos (verde) a positivos (rojo) durante el almacenamiento, cambios atribuidos a la maduración de la fruta y, en menor grado, al efecto de los tratamientos. Castricini *et al.* (2012) encontró que el uso de almidón de yuca (3 % y 5%) y el almidón de carboximetilo (CMS, 3% y 5%) en recubrimientos para papaya resultó en frutas verdes en los días de evaluación (excepto el sexto día) y que el almidón de yuca usado al 5% fue el más adecuado, confirmando su efecto sobre el cambio de color de verde a rojo en la piel de las papayas.

Tabla 9. Diferencia total de color para todos los tratamientos con respecto al testigo (T1).

T2-T1	ΔL	Δa^*	Δb^*	ΔE
Día 1	-14.17	-12.21	-9.43	20.95
Día 7	-1.37	-10.35	-5.32	11.71
Día 13	-4.72	-20.42	-8.83	22.74
T3-T1				
Día 1	-9.09	-11.25	-9.77	17.46
Día 7	-0.54	-17.29	-3.01	17.56
Día 13	-2.00	-8.70	-1.97	9.14
T4-T1				
Día 1	-9.89	-12.23	-11.32	19.38
Día 7	-4.22	-21.15	-9.48	23.55
Día 13	-5.42	-20.98	-8.80	23.39
T5-T1				
Día 1	-8.03	-7.93	-6.63	13.09
Día 7	-4.11	-10.90	-4.62	12.53
Día 13	2.09	12.96	2.31	13.33

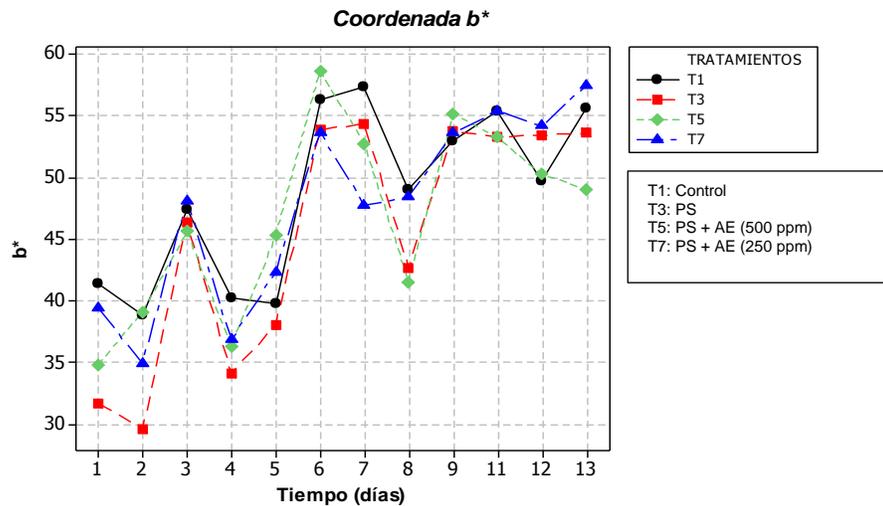
T6-1				
Día 1	-9.13	-8.38	-3.28	12.82
Día 7	-1.14	-15.21	-1.99	15.38
Día 13	0.68	-12.90	-0.73	12.94
T7-1				
Día 1	-5.94	-9.13	-2.05	11.09
Día 7	-5.67	-16.74	-9.53	20.08
Día 13	1.86	-4.04	1.91	4.84
T8-T1				
Día 1	-11.59	-11.39	-10.78	19.51
Día 7	-2.62	-17.32	-11.44	20.92
Día 13	-3.21	-17.16	-4.92	18.14
T9-T1				
Día 1	-8.82	-10.67	-4.07	14.43
Día 7	-0.15	-14.14	-1.06	14.18
Día 13	-1.52	-7.53	-2.01	7.94

3.5.2. Coordenada b*

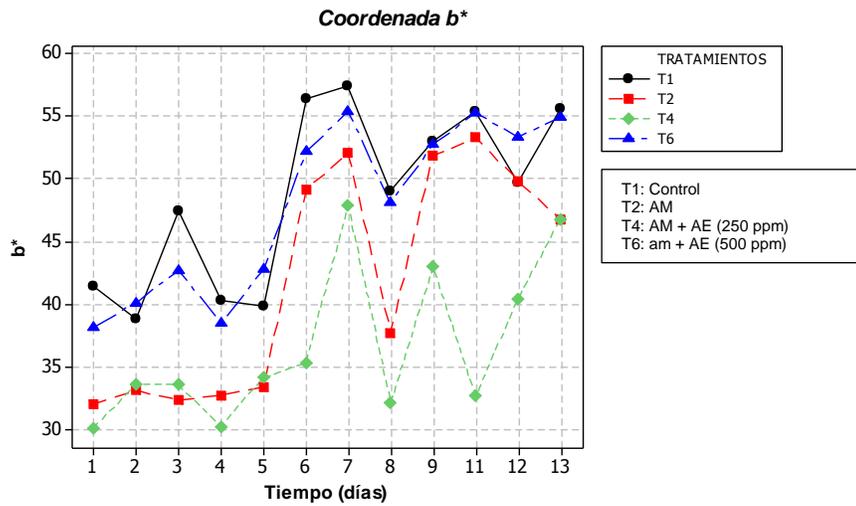
“La manifestación del color amarillo durante la maduración del fruto de la papaya está relacionada con cambios en el contenido de pigmentos, principalmente por la degradación de la clorofila” (Martínez y Ponce, 2012). En las figuras 20a. y 20c. se observa que los tratamientos y el testigo (T1) no presentan grandes diferencias, a excepción de los recubrimientos a base de almidón (figura 20b), en donde T2 y T4 tuvieron un comportamiento diferente con todos los tratamientos, presentando poca variación hasta el día 5 con valores entre 30 y 35, y en el día 13 llegando a un valor de 46.7.

Figura 20. Cambios de color en la coordenada b* con respecto al tiempo.

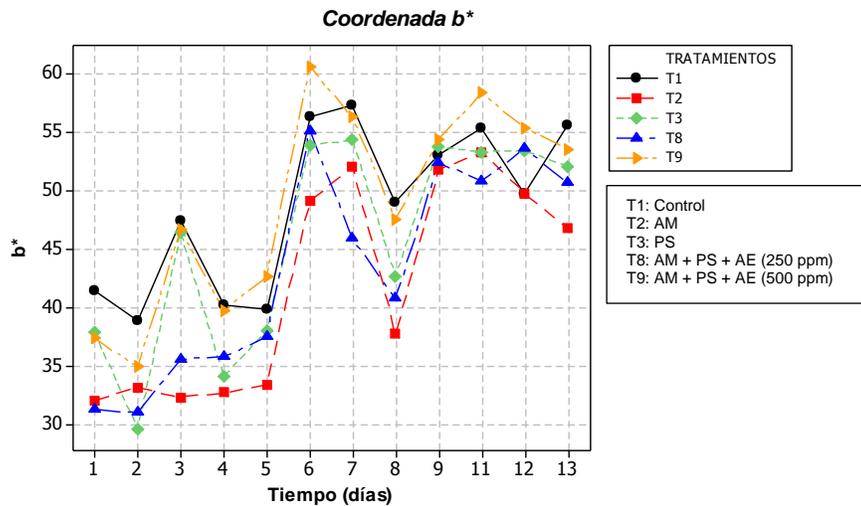
a) Tratamientos a base de proteína aislada de soja con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soja, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).



20a.



20b.



20c.

El ANOVA de una vía de medidas repetidas (Anexo E) arrojó diferencias estadísticamente significativas ($Sig=0 < 0.05$) entre tratamientos. El Anexo F muestra un efecto estadísticamente significativo del factor de medidas repetidas (días), así como la interacción entre el tiempo (días) y el factor del tratamiento (recubrimientos), lo que quiere decir que los recubrimientos ejercen cambios sobre el color b^* en el tiempo, en otras palabras inciden sobre la aparición del color amarillo en los frutos a medida que transcurre el tiempo.

Las menores diferencias de color total (ΔE) frente al testigo se presentan con los tratamientos a base de proteína aislada de soya (figura 20a), seguido de los recubrimientos que incorporan la mezcla de almidón, proteína y aceite esencial (figura 20c), sin embargo, para los tratamientos a base de almidón (figura 20b), al igual que en la coordenada de color a^* , se observa una mayor diferencia de color frente al testigo indicando que el almidón es la materia prima que retarda el desarrollo de color amarillo, como es el caso particular del tratamiento T4.

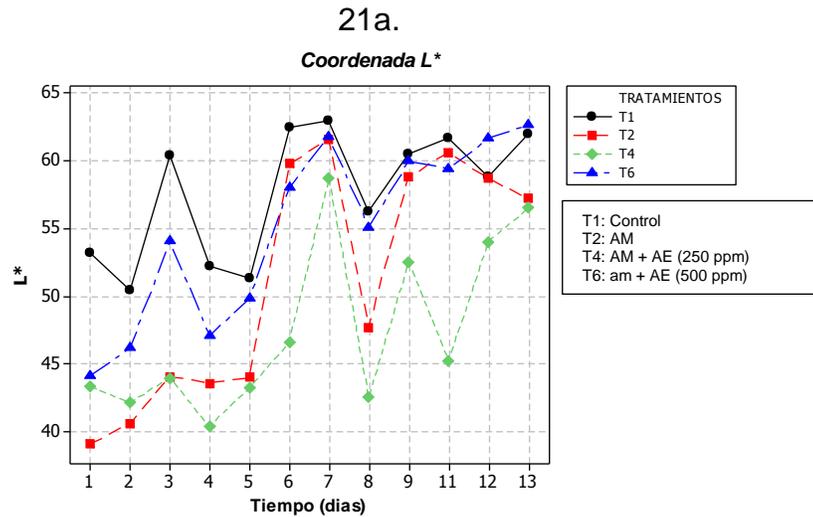
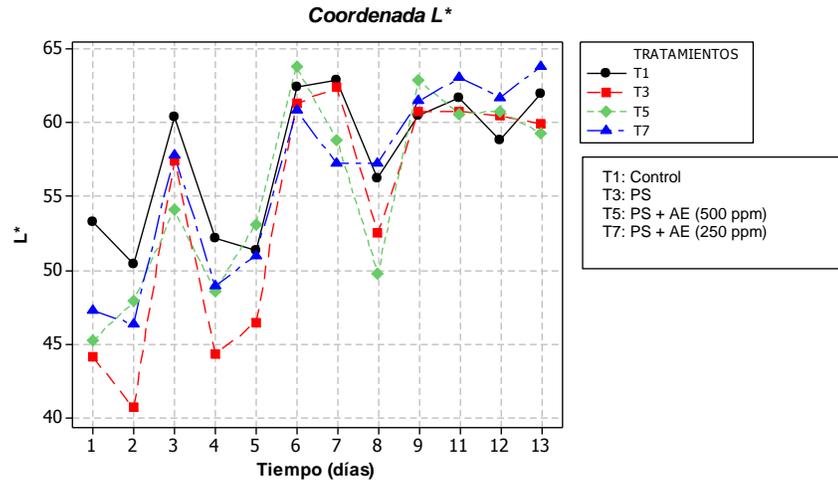
Los frutos recubiertos con almidón modificado de yuca retardaron la aparición del color amarillo en las papayas, al igual que lo encontraron Pinagorte-Zabala y Gálves-Encalda (2015), al encontrar un retraso en la maduración y en la senescencia de las papayas tratadas con un recubrimiento compuesto por almidón de yuca y gelatina con aceite esencial de orégano, al considerar el cambio de coloración, el cual fue más uniforme en las papayas con recubrimiento con respecto a las papayas que no fueron recubiertas.

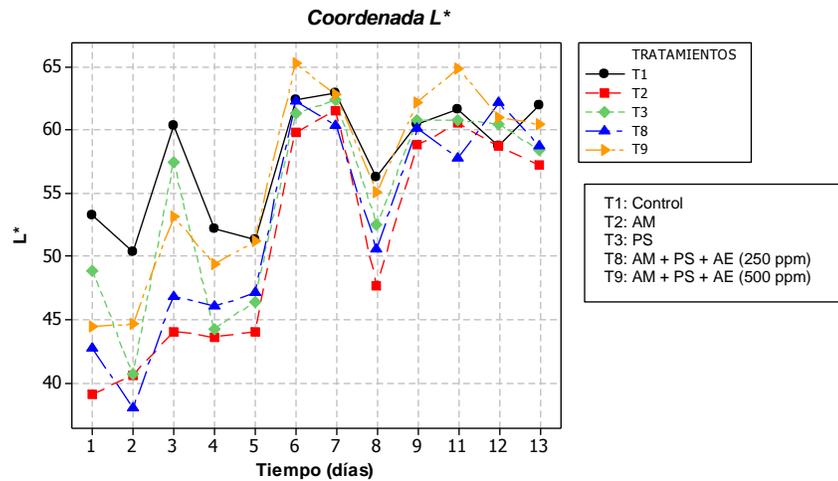
3.5.3. Coordenada L^*

En la figura 21 se observa un aumento en la coordenada L^* en todos los tratamientos, encontrándose los valores más bajos en los tratamientos T2 y T4 durante los primeros 5 días, y que el tratamiento T4 presentó menor claridad (L^*) con respecto a los demás durante el resto de la evaluación.

Figura 21. Cambios en la coordenada L* con respecto al tiempo.

a) Tratamientos a base de proteína aislada de soja con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soja, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).





El Anova de una vía de medidas repetidas (Anexo G) arrojó diferencias significativas ($\text{Sig.} = 0 < 0.05$) indicando la incidencia del recubrimiento sobre esta variable, en tanto que el Anexo H muestra un efecto estadísticamente significativo del factor de medidas repetidas (días), así como la interacción entre el tiempo (días) y el factor del tratamiento (recubrimientos), lo que quiere decir que los recubrimientos inciden en los cambios sobre la variable L^* en el tiempo. En un estudio similar Yáñez (2016) encontró que al utilizar proteína de soya en papaya, carambola y babaco se obtuvieron valores mayores en la coordenada L^* (61.87) los cuales presentaron una tendencia en la piel hacia colores claros a medida que avanzó la maduración, en comparación con los frutos recubiertos con almidón de yuca que obtuvieron valores de L^* mucho más bajos (44.95), lo que concuerda con lo observado en las gráficas 19a y 19b en donde se observa que los tratamientos T2 y T4 obtuvieron valores más bajos de L^* con respecto a los demás tratamientos, debido al menor desarrollo de color rojo y amarillo, que hacen que el fruto sea más oscuro.

En cuanto al tratamiento T1 o control, se observa que alcanzó el mayor valor de L^* en el día 7, que fue disminuyendo al igual que su variabilidad, debido posiblemente a que los frutos en el día 5 alcanzaron el pico climatérico y a partir del día 7 los frutos entraron en senescencia, proceso que se presenta luego de un estado de sobre madurez (Salgado-Martínez, 2006).

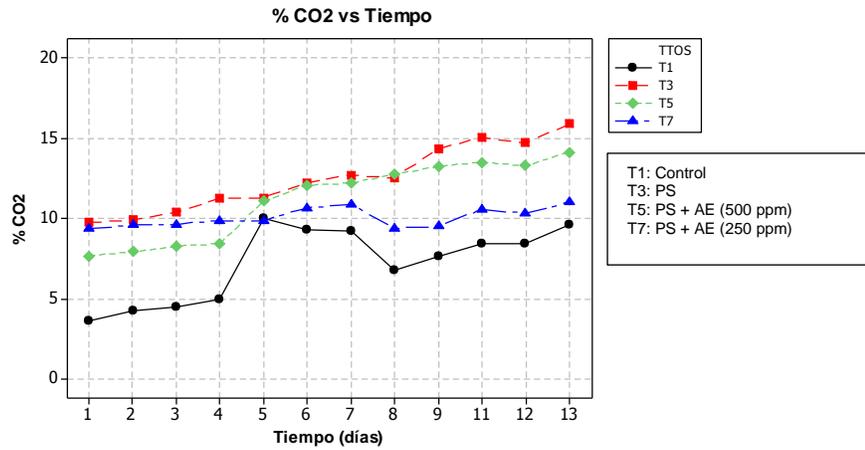
3.6. RESPIRACIÓN: PORCENTAJE DE CO_2

Seymour *et ál.* (1993) y Wills *et ál.* (1998) citados por Melgarejo (2010) indican que los frutos climatéricos presentan un pico respiratorio durante la maduración, exhibiendo un aumento de la respiración (Rhodes, 1980; citado por Melgarejo, 2010), presentando una serie de cambios fisicoquímicos que conducen a la maduración, como desaparición de la clorofila y síntesis de pigmentos, ablandamiento de los tejidos debido a la descomposición de las pectinas, desarrollo de algunos constituyentes de olor, destrucción de otros, etc. (Salgado y Martínez, 2006).

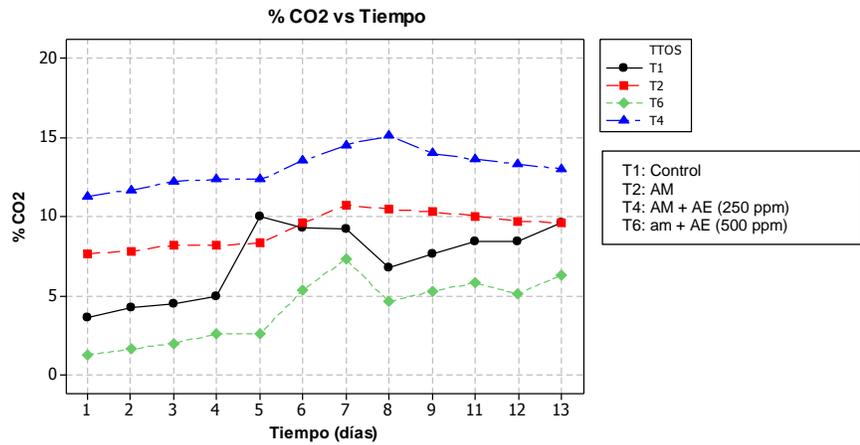
En la figura 22 se puede observar que el máximo incremento en la producción de CO₂ ocurrió a los 5 días en los frutos del tratamiento T1 (que se puede asociar con el pico climatérico) a diferencia de los demás tratamientos que ejercieron una barrera física contra los gases que son el sustrato principal del proceso de respiración (Márquez *et al.*, 2009; citado por Zúñiga y Ordoñez, 2013). A los 7 días se observó el pico climatérico en los tratamientos T2, T6 y T7, y en el día 8 el del tratamiento T4, mientras que en los tratamientos T3, T5 y T9 no se observó, pues se encontró un incremento progresivo de CO₂ en el tiempo, interpretándose estos resultados como una posible alteración del proceso respiratorio que puede ser generado a causa de lesiones en la fruta por enfermedades (Salgado y Martínez, 2006) en este caso producidas por el hongo *Fusarium spp.* al observarse que la proteína asilada de soya con o sin aceite esencial de orégano, presenta baja protección al hongo, a diferencia del almidón modificado de yuca (ver figura 27). En la figura 22c se observa que el tratamiento T8 generó menores porcentajes de CO₂ y menores cambios, indicando que la mezcla de almidón, proteína de soya y aceite esencial proporcionó una buena acción de barrera, reduciendo así la tasa de respiración, lo que se vio reflejado en una menor pérdida de peso en los frutos.

Figura 22. Porcentaje de CO2 respecto al tiempo.

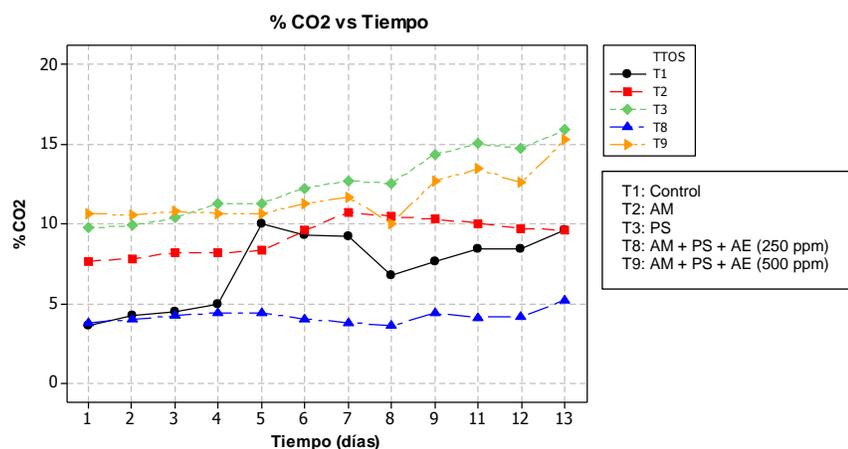
a) Tratamientos a base de proteína aislada de soya con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soya, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).



22a.



22b.



22c.

El Anova (Anexo I) arrojó diferencias significativas ($\text{Sig}=0.023 < 0.05$) indicando la incidencia del recubrimiento sobre esta variable durante el tiempo de medición, en tanto que el Anexo J muestra un efecto estadísticamente significativo del factor de medidas repetidas (días), lo que quiere decir que el porcentaje de CO₂ es diferente para los frutos dependiendo del tipo de recubrimiento en el tiempo.

En los tratamientos a base de proteína aislada de soya (figura 22a) se observa que el tratamiento T7 obtuvo menor variabilidad (iniciando con un valor de 9.8% y alcanzando en el último día 11%) a diferencia de los demás tratamientos y el control; se observó además que el tratamiento T5 mostró mayores valores (14.13%), similar a lo reportado por Rojas (2005, citado por Martínez y Ponce, 2012) quien afirma que la permeabilidad al oxígeno de las películas comestibles a base de puré de manzana y aceites esenciales aumenta a medida que se incrementaba la concentración de aceites esenciales en su formulación, atribuyendo este fenómeno a que la transmisión de oxígeno tiene lugar a los canales hidrofóbicos, ya que las moléculas de O₂, necesarias para degradación de compuestos (respiración aeróbica), son solubles en lípidos, formando canales de difusión como lo son los aceites esenciales. También se observó que el tratamiento T3 presentó una tendencia progresiva en el porcentaje iniciando en 9.7% y terminando en 15.87% similar al tratamiento T5 que varió desde 7.67% hasta 14.1%. En cuanto a los recubrimientos que contenían almidón modificado de yuca (figura 22b), el tratamiento T6 presentó mayor variabilidad y T4 y T2 menor variabilidad, alcanzando porcentajes de CO₂ de 11.3% hasta 15% y porcentajes de CO₂ de 7.62% hasta 10.7% respectivamente (figura 22b), indicando que los films que contienen almidón reducen la permeabilidad al oxígeno, lo que es debido

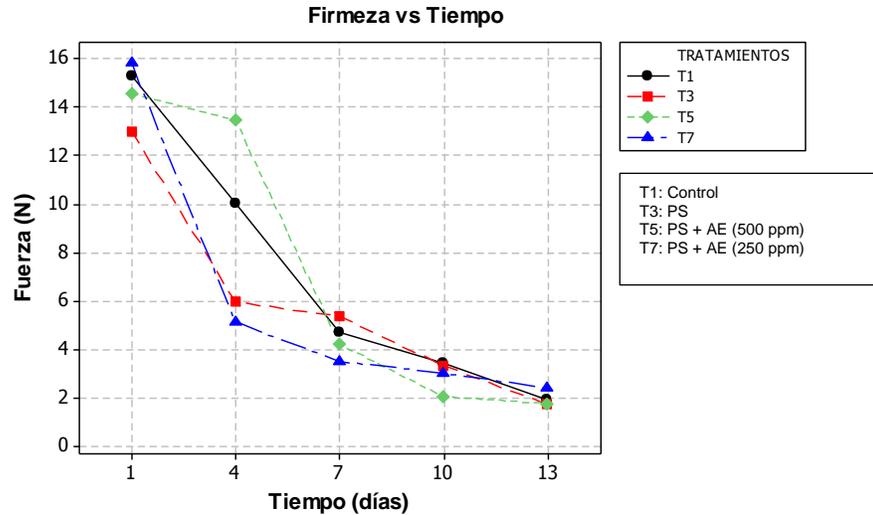
posiblemente a la formación progresiva de zonas cristalinas que actúan de mayor barrera al paso del oxígeno (Chang *et al.*, 2010; citado por Acosta-Davila, 2010). Se observó además que la adición de aceite esencial de orégano a 250 ppm no afectó las propiedades de barrera del almidón (T4), lo que concuerda con los resultados obtenidos en las mediciones de color (coordenadas a^* , b^* y L^*), pues los frutos recubiertos con este tratamiento (T4) lograron mantener el color verde y retardar la aparición del color amarillo, cambios consecuentes por el proceso de respiración de los frutos y que probablemente se atribuyen al efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca, “el cual retarda el proceso de maduración, pues forma una película en torno al fruto recubierto, reduciendo la permeabilidad a los gases, produciendo atmósfera modificada interna que lo aísla del medio ambiente, retardando el proceso de maduración y senescencia” (Mosquera *et al.*, 2010; citado por Zúñiga y Ordoñez, 2013), así mismo se observó, en un estudio similar que la tasa de respiración en pimentones recubiertos con almidón y aquellos recubiertos con almidón y aceite esencial de tomillo, fue más baja en comparación con aquellos que no fueron recubiertos (Zúñiga y Ordoñez, 2013).

3.7. FIRMEZA

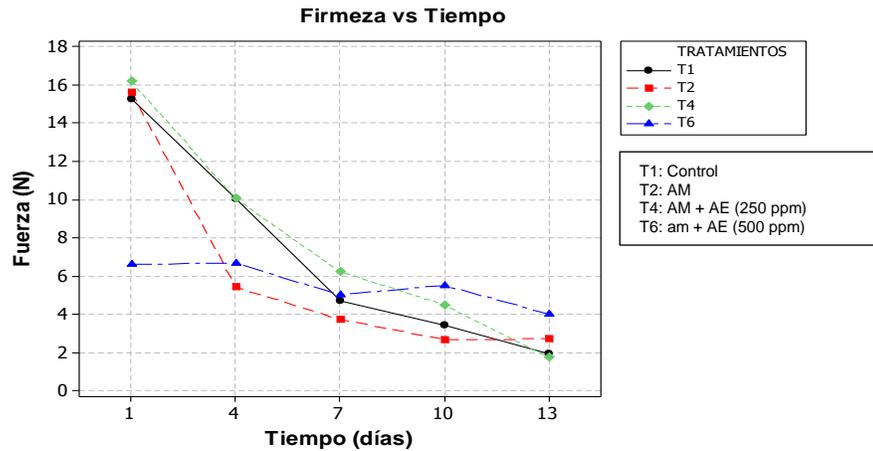
La figura 23 presenta una disminución marcada de la firmeza en todos los tratamientos durante los primeros siete días, debido a la pérdida de peso o deshidratación del fruto asociados a la maduración. El mayor valor de firmeza fue de 15.8258 N en el día 1 con el tratamiento T7 y el menor valor 1.5958 N para el último día de evaluación con el tratamiento T9; también se observó que el tratamiento T6 (figura 23b) presentó menor variabilidad (con valores desde 6.62N hasta 4.03N), incluso el último día de evaluación presentó mayor firmeza en comparación con el resto de los tratamientos.

Figura 23. Cambios de firmeza con respecto al tiempo.

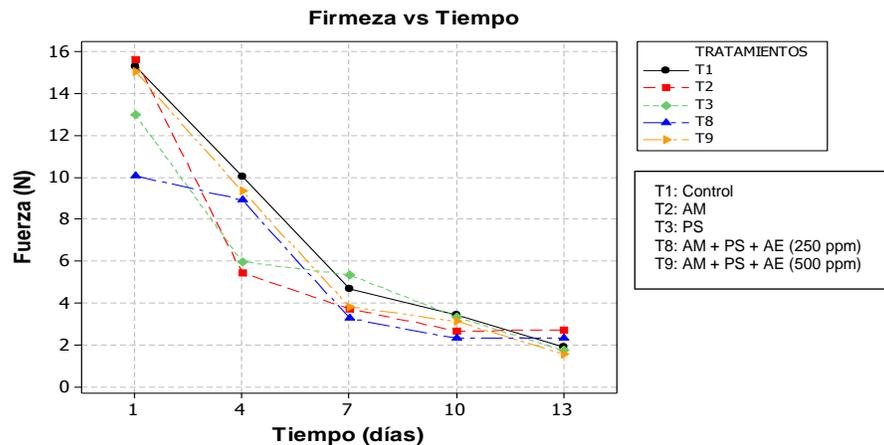
a) Tratamientos a base de proteína aislada de soya con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soya, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).



23a.



23b.



23c.

Se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis al no encontrarse normalidad y homogeneidad de varianzas en los datos de firmeza, con respecto a los tratamientos (Anexo K y L) y al tiempo (Anexo M y N), la cual no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Anexo O) por lo cual se conserva la hipótesis nula (H_0) indicando que los recubrimientos no influyeron sobre la firmeza de los frutos, resultados que coinciden con Pinargote y Gálvez (2015), quienes reportan que no se produjeron cambios significativos en la textura de la fruta al aplicar una película a base de almidón de yuca y gelatina de bovino más aceite esencial de orégano.

A pesar de que la prueba estadística no arrojó diferencias entre tratamientos, en la gráfica 23b. se puede observar que los tratamientos T4 y T6 obtuvieron valores de firmeza un poco mayores a los demás, esto probablemente se debe a la aparición de los primeros síntomas de infección por el hongo *Fusarium spp.* a partir del día 3 (inoculado previamente), excepto en el tratamiento T6 que apareció en el día 5. Según Prusky (1996); citado por Oliveira *et al.*, 2016, en los procesos de descomposición de frutas y hortalizas causados por hongos patógenos, estos pueden dañar los tejidos del huésped para liberar los nutrientes necesarios y así asegurar su desarrollo, se puede observar que los tratamientos T6 y T4 a base de almidón y aceite esencial de orégano, funcionaron como barrera protectora contra el hongo inoculado debido a los compuestos fenólicos que aporta el aceite, conservando características de calidad como color, brillo y textura.

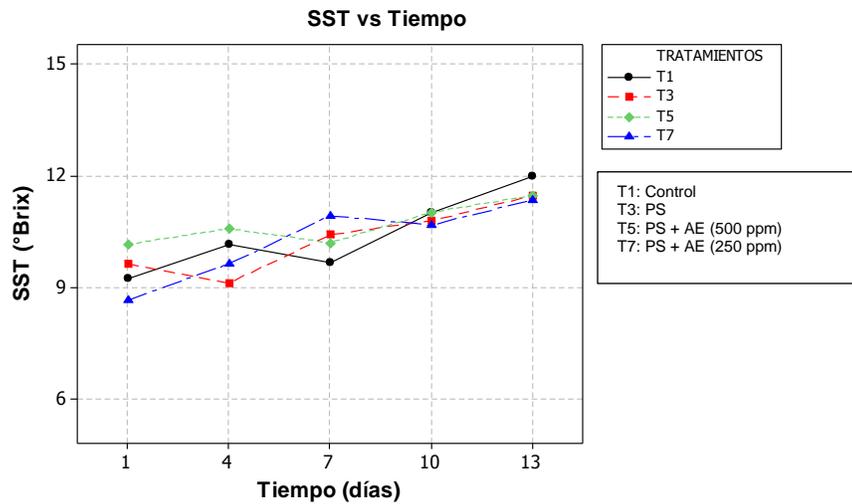
Con respecto al tiempo, la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis (Anexo P) arrojó diferencias estadísticamente significativas, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a) indicando que el tiempo influyó en los cambios de firmeza presentados en los frutos; según Acosta-Dávila (2014), al utilizar recubrimientos de almidón de yuca y gelatina incorporando aceites esenciales con efecto anti fúngico (clavo, orégano y canela) parece que es la evolución de la fruta debida al avance de la maduración, y no el tratamiento con recubrimientos, lo que causa en mayor medida los cambios observados en este parámetro, producidos por la acción de pectinasas y celulasas que degradan las sustancias pécticas y la hemicelulosa que se encuentran en la piel, debilitando las paredes celulares y las fuerzas cohesivas que mantienen las células unidas (Wills *et al.* 1998; Seymour *et al.* 1993 citado por Melgarejo, 2010; Gallo, 1996 citado por Pinzón *et al.*, 2007), además de la acción de hidrolasas que contribuyen al ablandamiento (De la Cruz *et al.*, 2007; citado por Barrera *et al.*, 2012).

3.8. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

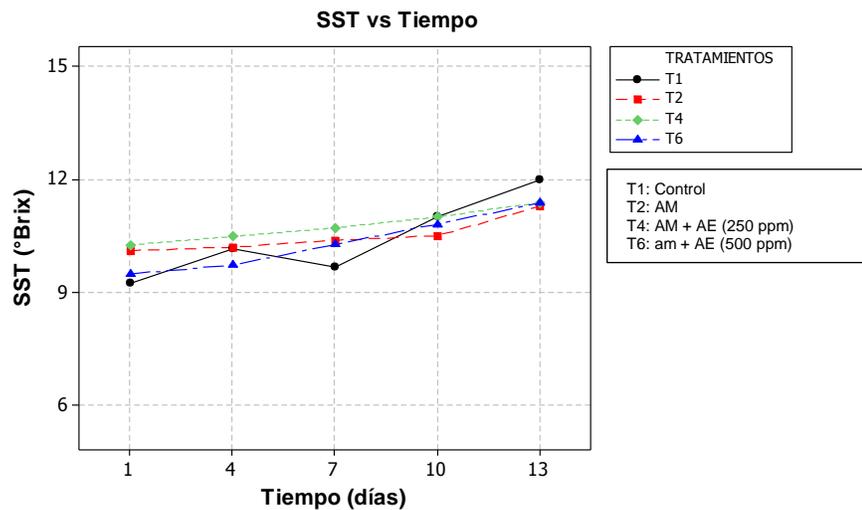
La figura 24 muestra un aumento progresivo en el contenido de sólidos solubles debido a la degradación hidrolítica de los carbohidratos de cadena larga, en donde es frecuente casi toda la conversión de almidón en azúcar (fructosa, glucosa y sacarosa). Miranda *et al.*, (2014; citado por Yáñez-Zambrano 2016) indica que la papaya, al ser una fruta climatérica, logra mayor concentración de sólidos solubles durante el almacenamiento, aunque no se conoce si la producción de sacarosa a partir del almidón es mínima, se sabe que contribuye al aumento marginal de los sólidos solubles después de la cosecha al degradarse a azúcares simples (Costa y Balbino 2002; Santamaría *et al.* 2009; citado por Miranda *et al.*, 2014). El menor valor de porcentaje de sólidos solubles totales fue en el tratamiento T7 (8.67) en el día 1 y el mayor valor en el tratamiento T1 (12.01) en el día 13. Se observa en general menores valores en el contenido de sólidos solubles hasta el día 7, luego de lo cual parece haber un crecimiento acelerado en los últimos días de observación (llegando hasta 12.01°Brix).

Figura 24. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales con respecto al tiempo.

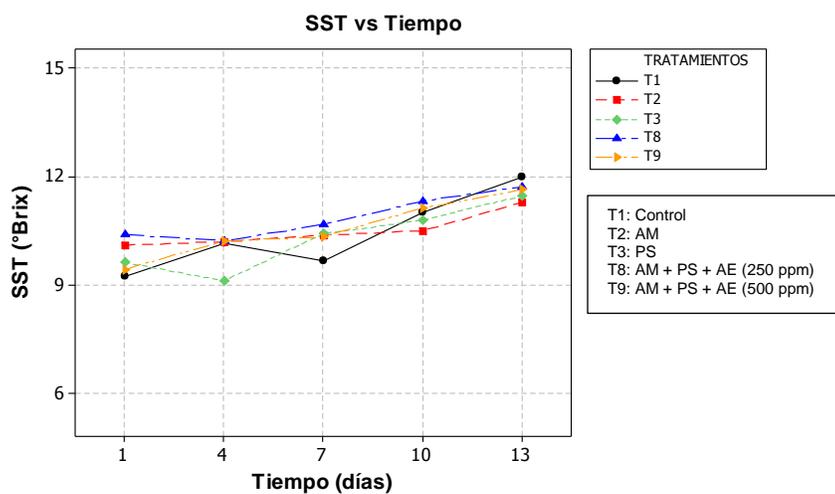
a) Tratamientos a base de proteína aislada de soya con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soya, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).



24a.



24b.



24c.

Las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas arrojaron normalidad en los datos tanto en tratamientos (Anexo Q) como en el tiempo (Anexo S), pero no homogeneidad de varianzas para los tratamientos ($\text{sig}=0.017 < 0,05$) (Anexo R) y el tiempo ($\text{sig}=0.00 < 0,05$) (Anexo T), por lo que se aplicó una prueba de comparaciones múltiples robusta (Games-Howell) que no detectó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Anexo U), pero sí entre el tiempo de seguimiento (Anexo V) presentando diferencias entre el día 1 (9.72 °Brix) y día 4 (10.05 °Brix) con los días 7 (10.41 °Brix), 10 (10.92 °Brix) y 13 (11.53 °Brix), días 4 (10.05 °Brix) y 7 (10.41 °Brix), con los días 10 (10.92 °Brix), y 13 (11.53 °Brix), y día 7 (10.41 °Brix) con los días 1 (9.72 °Brix), 10 (10.92 °Brix), y 13 (11.53 °Brix), por último día 10 y día 13 presentan diferencias entre ellos y con el resto de los días, indicando que en el día 1 se presentaron los valores más bajos de sólidos entre 9.24 y 10.4 °Brix, los cuales fueron aumentando en el tiempo. En un estudio similar Acosta-Dávila, menciona que recubrimientos a base de almidón de yuca y gelatina en combinación con aceites esenciales no afectaron parámetros de calidad como lo son su contenido en sólidos solubles y acidez, entre otros, mientras que Saavedra y Algecira (2010), indican que la aplicación de los recubrimientos a base de proteína aislada de soya y almidón de yuca en las fresas no generó diferencias significativas en el contenido de sólidos solubles totales entre los tratamientos. Aunque la prueba estadística no arrojó diferencias entre tratamientos, en la figura 24 se observa que el testigo (T1) fue el que presentó el mayor valor de grados Brix (12.01 °Brix) en el día trece, a diferencia del resto de los frutos que estaban recubiertos, los cuales registraron valores más

bajos de grados Brix, porque el testigo no tuvo ninguna barrera que impidiera una maduración más rápida. En un estudio similar, Pirganote y Gálvez (2015) obtuvieron en la aplicación de recubrimientos biodegradables de almidón de yuca y gelatina con aceite esencial de orégano para la conservación de papayas a temperatura ambiente, que las papayas con recubrimiento poseen menor cantidad de grados Brix en mayor tiempo a diferencia de las papayas sin recubrimiento las cuales se maduran con mayor rapidez.

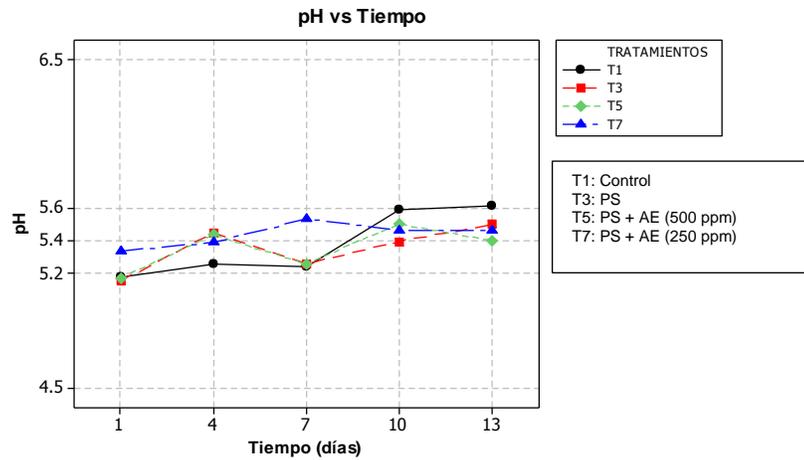
En cuanto al tiempo, el día 1 y día 4 no presentan diferencias entre sí, al obtener los valores más bajos en el contenido de sólidos solubles, el cual presenta un aumento en los demás días, lo que se atribuye a la maduración de los frutos. En el segundo grupo, el día 4 y el día 7 son diferentes al día 1, día 10, día 13 debido a que los valores durante este intervalo de tiempo se mantienen muy similares y luego aumentan progresivamente en el día 10 y 13 indicando que los frutos después de alcanzar el pico climatérico (después del día 5) continúan su proceso de maduración lo que se ve reflejado en el aumento progresivo de sólidos solubles, por otro lado los sólidos en el último día son más similares entre tratamientos entre 11 y 12°Brix, evidenciando menores cambios en el contenido de sólidos solubles en los frutos teniendo en cuenta que después del pico climatérico el fruto puede comenzar el proceso de senescencia, en donde los cambios en el fruto se reducen.

3.9. pH

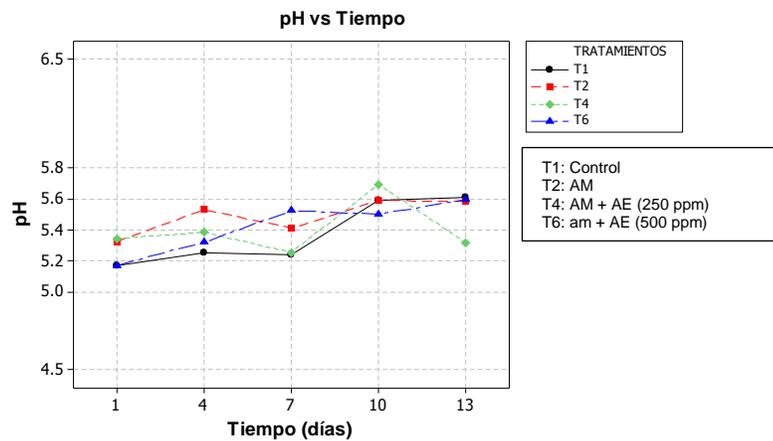
En la figura 25 se puede observar que los valores de pH muestran un incremento leve, siendo menor el del tratamiento T3 en el primer día de observación (pH=5.15, figura 25a), observándose que el tratamiento control T1, entre los días 1 y 7 obtuvo valores entre 5.17 y 5.25 y a partir del día 5 donde presentó el pico climatérico, se incrementó hasta 5.61, con la consecuente disminución de los ácidos orgánicos predominantes (Barrera *et al.*, 2012). En la figura 25b se presentan los tratamientos que tienen como base almidón de yuca y se observa que el tratamiento T4 obtuvo el mayor valor en el décimo día (pH=5.70) y el menor al final de la evaluación (pH=5.32). En la figura 25c se observa que todos los tratamientos estuvieron dentro de un rango de 5.32 a 5.61 a pesar de la disminución en los tratamientos T8 y T9 en el último día de medición.

Figura 25. Cambios de pH con respecto al tiempo.

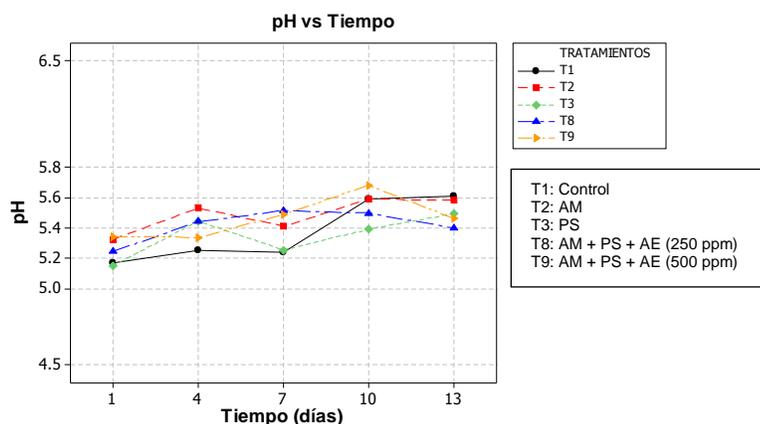
a) Tratamientos a base de proteína aislada de soja con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soja, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).



25a.



25b.



25c.

Se realizaron pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas con respecto a los tratamientos (Anexo W y X) y el tiempo (Anexo Y y Z), encontrando normalidad en los datos, pero no homogeneidad de varianzas, por lo que se aplicó la prueba de comparaciones múltiples robusta de Games-Howell (Anexo AA) que no arrojó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, por lo que se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a) lo que significa que los tratamientos no influyeron sobre el cambio de pH en los frutos. Resultados similares fueron reportados por Andrade *et al.*, (2013) al utilizar almidón de yuca y cera de laurel en combinación con aceite de oliva en frutos de tomate de árbol; encontraron que en cuanto a valores de pH y acidez titulable, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en los cuales variaba la concentración de almidón, lo que demuestra que los recubrimientos a partir de almidón no inciden sobre la variable de pH, así mismo en este estudio no se encontró algún efecto por parte de los recubrimientos que contenían almidón de yuca, proteína aislada de soja y aceite esencial de orégano.

La prueba de Games-Howell (Anexo BB y Anexo CC) detectó diferencias estadísticamente significativas de pH entre los días de observación así: el día 1 (5.2519) con los días 4 (5.3944), 7 (5.3878), 10 (5.5763) y 13 (5.5056); el día 4 (5.3944) y el día 7 (5.3878) con los días 1 (5.2519), 10 (5.5763) y 13 (5.5056); y finalmente el día 10 (5.5763) y día 13 (5.5056) con los días 1 (5.2519), 4 (5.3944), y 7 (5.3878), indicando que hay variación del pH con respecto al tiempo. Los resultados muestran en el día 1 los menores valores de pH, los cuales aumentan entre el día 4 y 7 y mantienen un $\text{pH}=5.39$, finalmente en el día 10 alcanzan sus valores máximos con un promedio de $\text{pH}=5.58$, lo que evidencia un aumento de los valores de pH con el tiempo, a causa de la disminución en el contenido de

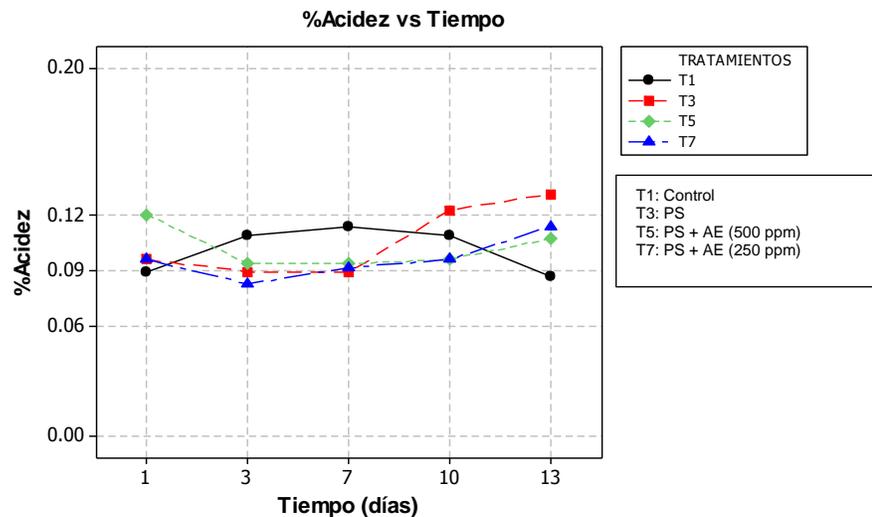
ácidos orgánicos, los cuales son convertidos en azúcares a medida que avanza la maduración (Melgarejo, 2010).

3.10. PORCENTAJE DE ACIDEZ

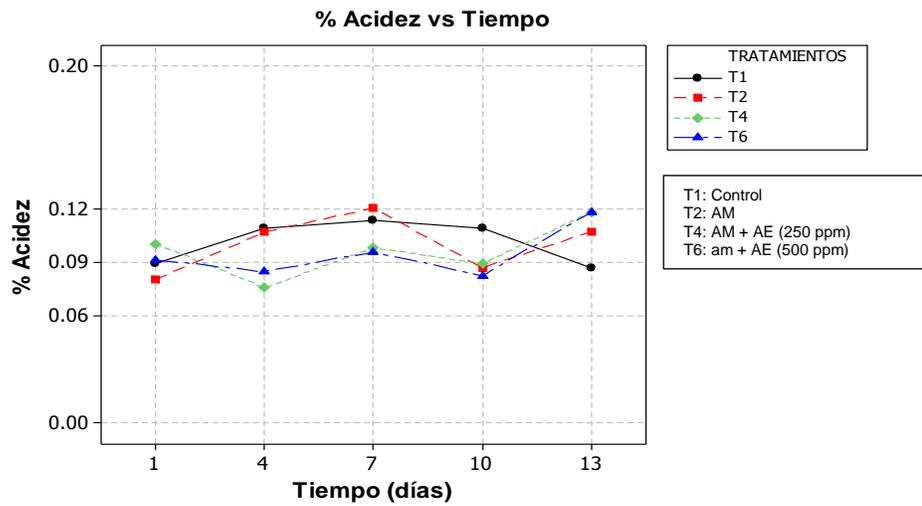
En la figura 26 se observa que el tratamiento T1 presentó un aumento del porcentaje de acidez hasta el día 7, y luego disminuyó hasta el final de la evaluación, aunque de manera general los valores de acidez para todos los tratamientos se mantuvieron entre 0.09% y 0.11% durante los 13 días de medición.

Figura 26. Cambios de porcentaje de ácido málico con respecto al tiempo.

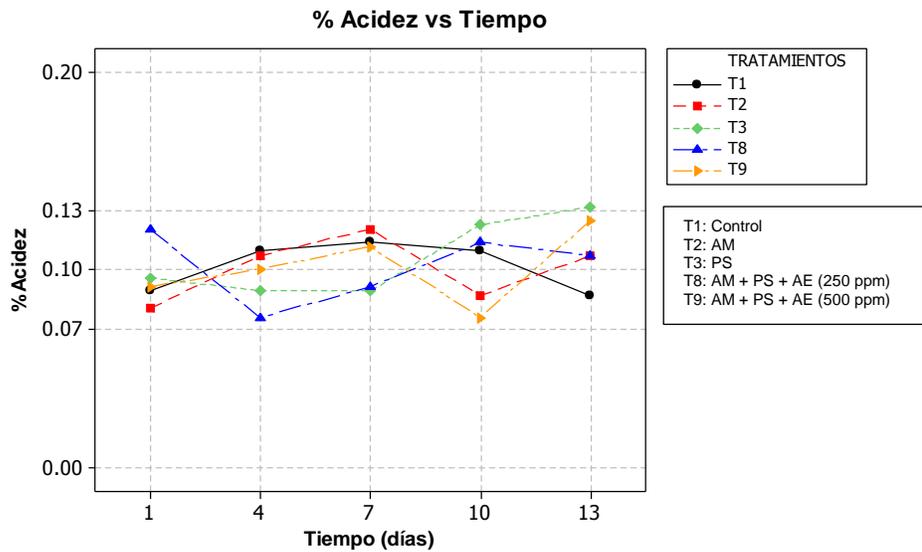
a) Tratamientos a base de proteína aislada de soya con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **b)** Tratamientos a base de almidón modificado de yuca con y sin aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm). **c)** Tratamientos que incorporan proteína aislada de soya, almidón modificado de yuca y aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm).



26a.



26b.



26c.

Se realizaron las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas y se encontró normalidad en los datos, tanto en tratamientos ($\text{sig}=0.321 > 0,05$) (Anexo DD) como en el tiempo ($\text{sig}=0.138 > 0,05$) (Anexo FF), y homogeneidad de varianzas para los tratamientos ($\text{sig}=0.486 > 0,05$) (Anexo EE) y el tiempo

(sig=0.548>0,05) (Anexo GG), por lo tanto se aplicó ANOVA y la prueba paramétrica de Tukey.

El Anova (Anexo HH) arrojó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el tiempo de evaluación (días), pero no entre tratamientos, por lo que se rechazó la hipótesis nula (H_0) y se aceptó la hipótesis alterna (H_a) indicando que el tiempo influyó en el cambio de porcentaje de acidez y el recubrimiento elaborado a partir de almidón modificado de yuca, proteína aislada de soja y aceite esencial de orégano no intervino en el porcentaje de acidez de las papayas almacenadas a temperatura ambiente (20°C-22°C). Resultados similares se presentaron en estudios previos realizados por Bósquez (2003) y Mulkay *et al.*, (2004), quienes señalan que factores como acidez titulable y pH no son afectados por la mayoría de los recubrimientos comestibles que se han investigado (Andrade *et al.*, 2014).

La prueba Tukey (Anexo KK) arrojó diferencias estadísticamente significativas entre los días 1 (0.0984%), 4 (0.0911%), 7 (0.1008%), y 10 (0.0971%), con el día 13 (0.1129%) (Anexo LL), al presentarse un aumento leve del porcentaje de acidez al final de la evaluación. Los tratamientos T2, T3, T4, T5, T6, T7 y T9, entre el día 10 y día 13 aumentaron sus porcentajes, resultados similares fueron reportados por Miranda *et al.*, 2014 en donde las papayas recubiertas con almidón de yuca y cera comercial inicialmente mantuvieron la acidez y posteriormente aumentaron en el tiempo, explica que se debe a que los tratamientos retardaron o concentraron la volatilización de ácidos orgánicos, permitiendo que los frutos permanecieran más ácidos y más verdes (Amaya *et al.*, 2010; citado por Miranda *et al.*, 2014), además a la alteración del proceso de respiración en donde es ralentizada la síntesis de ácidos orgánicos a partir de carbohidratos (Soler 2009: citado por Miranda *et al.*, 2014), teniendo en cuenta que los recubrimientos a base de polisacáridos y proteínas son polímeros que forman redes moleculares cohesionadas por una alta interacción entre sus moléculas lo que les confiere propiedades de barrera a gases (O_2 y CO_2) retardando la respiración en las frutas (Eric, 2009: citado por Fernández Valdez *et al.*, 2015)

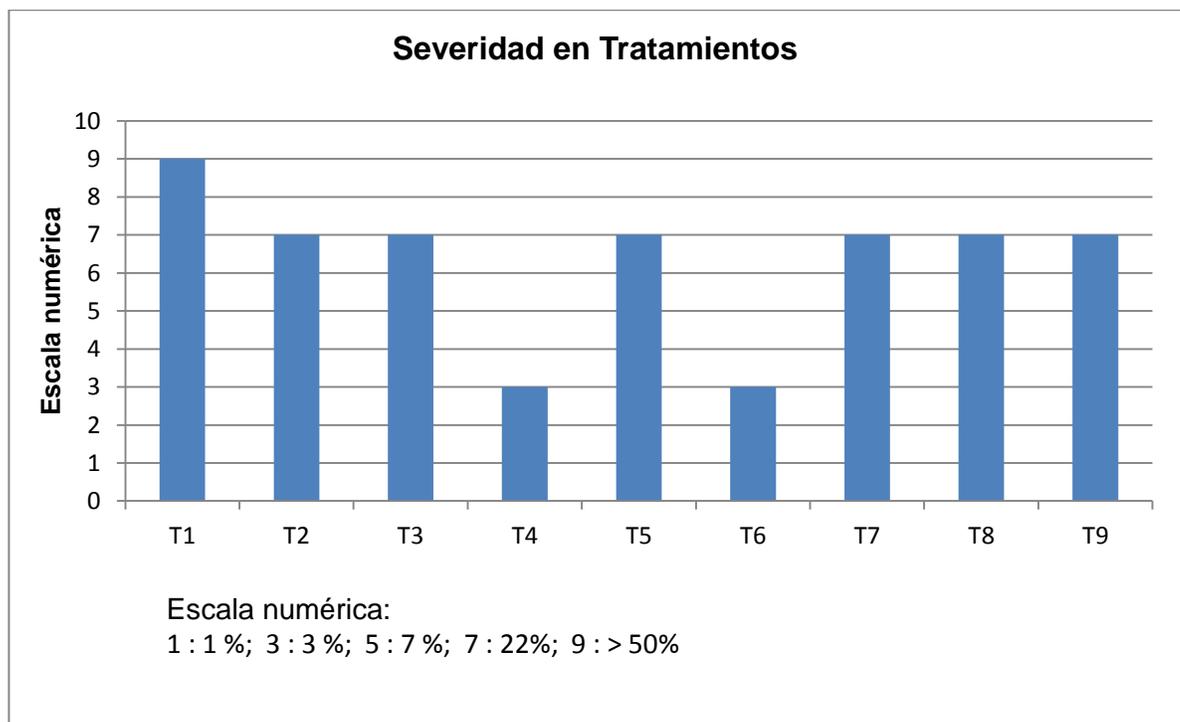
Por el contrario, en los frutos control (T1) se observó que el porcentaje de acidez disminuyó a partir del día 7. Pinto *et al.* (2006; citado por Miranda *et al.*, 2014) señalan que la disminución de la acidez de la fruta se debe a la reducción de la actividad metabólica, es posible que los ácidos orgánicos que son utilizados como sustratos de la respiración para la síntesis de nuevos componentes durante la

maduración (Chitarra y Chitarra 2005; Botia *et al.*, 2008; Sañudo *et al.*, 2008; Álvarez *et al.*, 2009; citado por Miranda *et al.*, 2014) fueran agotados durante este periodo.

3.11. CRECIMIENTO MICROBIANO

Se midió el porcentaje de daño del hongo de acuerdo con la escala de severidad (figura 9) y los resultados mostraron un mayor daño en los frutos de los tratamientos T1 (control), con un área infectada mayor al 50%, seguido por los tratamientos T2, T3, T5, T7, T8 y T9, con 22% de daño, finalmente, los tratamientos que mejor se comportaron frente al hongo fueron los tratamientos T4 y T6 al final de los trece días de evaluación, el aceite esencial al ser mezclado en almidón pareció tener un efecto positivo, sobre los frutos al reducir el porcentaje de daño hasta 3%.

Figura 27. Severidad en los tratamientos por *Fusarium spp.*



Se encontró que en los tratamientos T4 y T6, la severidad por *Fusarium spp.* fue menor, y que al estar compuestos por almidón modificado de yuca en combinación con aceite esencial de orégano lograron reducir la maduración de los frutos en

comparación con los demás tratamientos y el control, lo cual se observa en la reducción de valores de algunas variables como color, respiración y porcentaje de pérdida de peso, así que se atribuye el mejor comportamiento de estos tratamientos frente al crecimiento del hongo. Debido a que no solo se retrasó la maduración en los frutos, sino que además el aceite esencial logró detener el crecimiento del hongo en combinación con el almidón a las concentraciones de 250 y 500 ppm, al estar compuesto por timol y carvacrol, alfa terpineno y *p*-cimeno que conforman el 80 y 90% de la composición total del aceite esencial de orégano (Gómez y López, 2009), estos metabolitos tienen propiedades antimicrobianas contra microorganismos Fitopatógenos (Bosquez-Molina *et al.*, 2010). Resultados similares reportan Bosquez-Molina *et al.*, (2010) al sumergir papayas en un recubrimiento formulado con aceite esencial de tomillo y aceite de lima mexicano, encontraron que el aceite de tomillo tuvo mayor efecto sobre el daño causado por los hongos *C. gloeosporioides* y *R. stolonifer*, y que la concentración no era un factor clave para reducir el desarrollo de estos dos hongos como ocurrió en estudios *in vitro*.

Oliveira *et al.*, (2016), indican efecto positivo de recubrimientos de almidón de yuca en el control de antracnosis en papaya, al encontrar que frutos tratados con el 2%, 3% ó 4% de almidón, presentaron mejor control de la enfermedad que el revestimiento al 1% y el testigo, ya que la interferencia en los procesos de maduración de los frutos por los recubrimientos de almidón podrían explicar el eficiente efecto sobre la antracnosis en papaya, teniendo en cuenta que a medida que avanza la madurez en los frutos, estos son más susceptibles al ataque de patógenos (Kader, 2002), debido a que generan un ambiente óptimo para el desarrollo de estos microorganismos, haciendo más fácil su proliferación. Lo anterior puede relacionarse al efecto que tuvieron los recubrimientos de almidón en combinación con aceite esencial al retardar la maduración en los frutos, por lo tanto el desarrollo del hongo *fusarium spp.* se redujo con estos tratamientos.

4. CONCLUSIONES

Las condiciones de temperatura, pH y agitación que se manejaron en el proceso de elaboración de los recubrimientos de almidón de yuca y proteína aislada de soya, permitieron obtener películas que al ser aplicadas a los frutos aportaron características como brillo y destacaron el color de los frutos al compararlos con el testigo.

Se observó que los recubrimientos a base de almidón modificado de yuca y proteína aislada de soya con y sin aceite esencial, lograron reducir la transpiración de las papayas en comparación con los frutos testigo, además se observó que la adición de aceite esencial a la matriz de almidón a una concentración de 250 ppm obtuvo los valores más bajos de las coordenadas L^* , a^* y b^* , al mantener el color verde en los frutos, y un mejor control de la respiración con respecto a la producción de CO_2 en los tratamientos a base de almidón y su combinación con proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano a 250ppm.

No se observó ningún efecto por parte de los recubrimientos a base de almidón modificado de yuca, proteína aislada de soya y aceite esencial de orégano sobre los parámetros de calidad como pH, sólidos solubles y firmeza, solamente los cambios en estos parámetros se debieron a la maduración inherente de los frutos.

La utilización de aceite esencial de orégano (250 ppm y 500 ppm) en combinación con almidón modificado de yuca redujo considerablemente los daños causados en papaya por el hongo *Fusarium spp.* en comparación con la utilización de proteína aislada de soya más aceite esencial y la muestra testigo.

Los mejores tratamientos fueron los tratamientos a base de almidón en combinación con aceite esencial de orégano (250ppm) y proteína aislada de soya, al permitir la menor pérdida de peso en los frutos y un mejor control en la respiración, al igual que una reducción en el desarrollo del color.

5. RECOMENDACIONES

Realizar estudios que permitan conocer la interacción a nivel molecular del aceite esencial de orégano con el almidón de yuca y la proteína aislada de soya, para determinar porque la efectividad sobre las características fisiológicas en los frutos fue diferente en algunos de los tratamientos.

Realizar estudios que permitan conocer la volatilización de los compuestos del aceite esencial de orégano al ser combinado con el almidón y la proteína después de ser aplicado al fruto, para determinar su efectividad sobre el crecimiento del hongo *Fusarium spp.*

Realizar estudios que permitan determinar la viabilidad económica de la elaboración del recubrimiento para su aplicación a nivel comercial.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA DÁVILA, Sandra. Propiedades de films de almidón de yuca y gelatina. Incorporación de aceites esenciales con efecto antifúngico. Tesis Doctoral "Ciencia, Tecnología y Gestión Alimentaria. Valencia. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos, 2014. 297 p.

ACHIPIZ, Sandra Marcela. CASTILLO, Astrid Eugenia. MOSQUERA, Silvio Andrés. HOYOS, José Luís. NAVIA, Diana Paola. Efecto de un recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*psidium guajava*). En: Biotecnología del sector Agropecuario y Agroindustrial (en línea). Edición especial. No 2. Mayo, 2013. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa11.pdf>. Disponible en: Scielo.org.co. Fecha de acceso: 06/07/2017.

ADEME, Anteneh. AYALEW, Amare. WOLDETSADIK, Kebede. Evaluation of antifungal activity of plant extracts against papaya anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). En: Journal Plant Pathology & Microbiology (en línea). Vol4. No 207. 2013. <http://dx.doi.org/10.4172/2157-7471.1000207>. Disponible en: omicsonline.org. Fecha de acceso: 26/06/2017.

AGRONET. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Estadísticas. Agrícola, área, producción, rendimiento y participación (en línea). Bogotá. Mayo de 2016. [Citado el 01/07/2017]. Disponible en internet: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>

ÁLVAREZ QUINTERO, Rafael M. Formulación de un recubrimiento comestible de frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabólica y evaluación de la calidad poscosecha. Tesis doctoral. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica. 2012. 207p.

AMAYA, Paola. PEÑA, Lorna. Mosquera, Andrés. VILLADA, Héctor. VILLADA, Dora. Efecto del uso de recubrimientos sobre la calidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* mill). En: DYNA (en línea). Vol 77. No 162. Junio, 2010. <http://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/15776/18745>. Disponible en: revistasl.unal.edu.co. Fecha de acceso: 26/06/2017.

ANDRADE, Johana C. Acosta, Diana L. Bucheli, Mauricio A. y Osorio, Oswaldo. Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea* S.). En: Información tecnológica (en línea). Vol. 25. No 6. Mayo, 2014. <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v25n6/art08.pdf>. Disponible en: Scielo.cl. Fecha de acceso: 06/07/2017.

ANGÉL ALARCON, Dilia Irney. Evaluación de técnicas de conservación para hongos filamentosos y levaduriformes en el cepario de la pontificia universidad javeriana. Trabajo de grado para optar el título de microbiología industrial. Bogotá. Pontificia universidad Javeriana. 2006. 78p

BAKRY, Amr M; ABBAS, Shabbar; ALI, Barkat; MAJEED, Hamid; ABOUELWAF, Mohamed Y; MOUSA, Ahmed; LIANG, Li. Microencapsulation of oils: A comprehensive review of benefits, techniques, and applications. En: comprehensive reviews in food science and food safety (en línea). Vol 15. Enero, 2016. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12179/epdf>. Disponible en: Wiley Online Library. Fecha de acceso: 26/06/2017

BAÑOS GUEVARA, Patricia Elizabeth. ZAVALETA MEJÍA, Emma. COLINAS LEÓN, Ma. Teresa. LUNA ROMERO, Isaac; GUTIÉRREZ ALONSO, Juan Gabriel Control Biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* [(Penz.) Penz. y Sacc.] en Papaya Maradol Roja (*Carica papaya* L.) y Fisiología Postcosecha de Frutos Infectados. En: Revista Mexicana de Fitopatología (en línea). Vol. 22, No 2. Diciembre, 2004. <http://www.redalyc.org/pdf/612/61222206.pdf>. Disponible en: Redalyc.org. Fecha de acceso: 07/07/2017.

BARRERA BELLO, Elizabeth. LOAIZA, Marcela Gil. GARCÍA PAJÓN, Carlos Mario. DURANGO RESTREPO, Diego Luis. GIL GONZÁLEZ, Jesús Humberto. Empleo de un Recubrimiento Formulado con Propóleos para el Manejo Poscosecha de Frutos de Papaya (*Carica papaya* L. cv.

Hawaiiana). En: Revista Facultad Nacional de Agronomía (en línea), vol. 65, No 1. Enero, 2012. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n1/v65n1a20>. Disponible en: redalyc.org. Fecha de acceso: 06/07/2017.

BARRIOS, Simón. LOPEZ-CHARRASQUERO, Francisco. CONTRERAS, Jesús. Estudio preliminar de modificación química de almidón de yuca mediante reacciones de carboximetilación asistida por microondas. En: Revista latinoamericana de metalurgia y materiales (en línea). Vol. 2. No 1. Mayo, 2010. https://www.researchgate.net/publication/262223198_ESTUDIO_PRELIMINAR_DE_MODIFICACION_QUIMICA_DE_ALMIDON_DE_YUCA_MEDIANTE_REACCIONES_DE_CARBOXIMETILACION_ASISTIDA_POR_MICROONDAS. Disponible en: researchgate.net. Fecha de acceso: 06/07/2017.

BENÍTEZ MARINO, Jorge Luis. CASTRO SANTOS, Esmeralda. GAMBOA SERRANO, Cesar. MOSSO CARBAJAL, Alan Armando. TAPIA RUIZ, Israel. ZAPATA MUÑOZ, Lirio Elizabeth. Hongos microscópicos que dañan los cultivos de importancia económica en el estado de Guerrero. Reporte de investigación documental. Universidad Autónoma de Guerrero. Chilpancingo, México, 2014, 27p.

Bosquez-Molina, E. Ronquillo-de Jesús, E. Bautista-Banos, S. Verde-Calvoa, J.R. Morales-López, J. Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings (en línea). Vol 57. 2010. https://www.researchgate.net/profile/E_BosquezMolina/publication/229102713_Inhibitory_effect_of_essential_oils_against_Colletotrichum_gloeosporioides_and_Rhizopus_stolonifer_in_stored_papaya_fruit_and_their_possible_application_in_coatings/links/5665c72508ae15e74634b3e7.pdf. Disponible en: researchgate.net. Fecha de acceso: 06/07/2017.

CABALLERO GÓMEZ, Luz Marina. MANTILLA FLÓREZ, Cleotilde. Factibilidad para la creación de una comercializadora de papaya maradol encerada como alternativa para mejorar las condiciones pos cosecha en las plazas de mercado de Bucaramanga. Profesional en producción agroindustrial. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander, Instituto de Educación a distancia, INSED. 2008. 192p.

CARP, Dina Judith. Formación y estabilidad de espumas de proteínas de soja: efecto de la desnaturalización térmica y de la interacción con polisacáridos. Tesis doctorado en ciencias biológicas. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. 2001. 237pag.

CASTRICINI, Ariane. CAVESTRÉ CONEGLIANI, Regina Celi. DELIZA, Rosires. Starch edible coating of papaya: effect on sensory characteristics. En: Food Science and Technology (campinas) (en línea). Vol.32. No 1. Febrero, 2012. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120612012000100013. Disponible en: Scielo.br. Fecha de acceso: 06/07/2017.

CHAMS CHAMS, linda María. Efecto de películas antimicrobianas sobre la supervivencia de *Salmonella spp* y *Staphylococcus aureus* en queso costeño elaborado con diferentes concentraciones de NaCl. Magíster en Ciencias Agroalimentarias con énfasis en Ciencias de los Alimentos. Universidad de Córdoba, facultad de ingeniería, departamento de ingeniería de alimentos, montería, 2013. 106p.

CHAVARRÍA MORBIONI, María Lorena. Determinación del tiempo de vida útil de la leche de soya mediante un estudio de tiempo real. Previo a la obtención de título de: Tecnólogo en alimentos. Guayaquil- Ecuador. Escuela Superior Politécnica del litoral. 2010. 67 p.

CHIUMARELLI, Marcela. HUBINGER, Miriam D. Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid En: Food Hydrocolloids (en línea). Vol 38. Julio, 2014. https://www.researchgate.net/publication/259512844_Evaluation_of_edible_films_

and_coatings_formulated_with_cassava_starch_glycerol_carnauba_wax_and_stearic_acid. Disponible en: ResearchGate. Fecha de acceso: 07/07/2017.

CUETO WONG, María Cristina. Determinación del efecto inhibitorio del aceite esencial y diferentes extractos de orégano (*Lippia berlandieri schauer*) sobre el crecimiento de *Fusarium oxysporum* tanto in vitro como en plántula de tomate. Tesis doctoral en ciencias biológicas con acentuación en alimentos. México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de ciencias biológicas, 2010. 101 p.

DE BARROS, JC. DA CONCEIÇÃO, ML. NETO, NJ. DA COSTA, AC. DE SOUZA, EL. Combination of *Origanum vulgare* L. essential oil and lactic acid to inhibit *Staphylococcus aureus* in meat broth and meat model. En: National Center for Biotechnology Information (en línea). Vol 43. No 3. Julio, 2012. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24031936>. Disponible en: US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed).

DE FALCO, E. MANCINI, E. ROSCIGNO, G. MIGNOLA, E. TAGLIALATELA-SCAFATI, O. SENATORE, F. Chemical composition and biological activity of essential oils of *Origanum vulgare* L. subsp. *vulgare* L. under different growth conditions. En: National Center for Biotechnology Information (en línea). Vol. 18. No 12. Diciembre, 2013. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24304588>. Disponible en: US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed).

DE LUNA JIMÉNEZ, Alfonso. Valor nutritivo de la proteína de soya. En: Investigación y Ciencia. (En línea), Vol.14. No 36. Septiembre, 2006. <http://www.redalyc.org/pdf/674/67403606.pdf>. Disponible en: redalyc.org. Fecha de acceso: 06/07/2017.

DE OLIVEIRA, Bruno F. CRUZ, André F. ALVES, Eduardo. Cassava starch coatings for postharvest control of papaya anthracnose. En: *Phytopathologia Mediterranea* (en línea). Vol. 55. No 2. (2016). <http://www.fupress.net/index.php/pm/article/view/15214>. Disponible en: Firenze university press. Fecha de acceso: 06/07/2017.

DE SOUSA, Larissa Lima. ALBUQUERQUE DE ANDRADE, Sonálle Carolina. ALVES AGUIAR ATHAYDE, Ana Júlia. VASCONCELOS DE OLIVEIRA, Carlos Eduardo. VERÍSSIMO DE SALESA, Camila. MADRUGA, Marta Suely. LEITE DE SOUZA, Evandro. Efficacy of *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils in combination to control postharvest pathogenic *Aspergilli* and autochthonous mycoflora in *Vitis labrusca* L. (table grapes). En: *International Journal of Food Microbiology* (en línea). Vol. 165. Agosto, 2013.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160513002754>. Disponible en: ScienceDirect. Fecha de acceso: 06/07/2017.

DOMÍNGUEZ COURTNEY, M.F. JIMÉNEZ MUNGUÍA, M.T. Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. En: Temas selectos de ingeniería de alimentos (en línea). Vol. 6. No 2. 2012. <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Dominguez-Courtney-et-al-2012.pdf>. Disponible en: udlap.mx

ELIZARI RETA, Iñaki. Actividad antibacteriana de aceites esenciales de orégano y tomillo incorporados en soluciones formadoras de films sobre la microbiota superficial de filetes de merluza. Proyecto Fin de Máster. Pamplona. Universidad pública de Navarra. Departamento de Tecnología de Alimentos. 2013. 63p.

EVANS, Eduard A. BALLEEN, Fredy H. Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial. En: Food and Resource Economics (en línea). Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas. Universidad de la Florida. Agosto, 2015. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FE/FE91700.pdf>. Disponible en: [uf/ifas](http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/FE/FE91700.pdf) extensión.

FERNÁNDEZ CRUZ, Natalia Marcela. Efecto de barrera contra el vapor de agua de recubrimientos comestibles sobre el tomate (*Solanum lycopersicum*). Trabajo de grado en ingeniería agroindustrial. Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de ciencias agrarias. 2015.

FIGIEL, Adam. SZUMNY, Antoni. GUTIÉRREZ-ORTÍZ, Antonio. CARBONELL-BARRACHINA, Ángel. Composition of oregano essential oil (*Origanum vulgare*) as affected by drying method. En: Journal of Food Engineering (en línea). Vol 98. Enero, 2010. https://www.researchgate.net/profile/Angel_Carbonell-Barrachina/publication/248514957_Composition_of_oregano_essential_oil_Origanum_vulgare_as_affected_by_drying_method/links/00b7d5290f85d22d2c000000.pdf. Disponible en: researchGate.net. Fecha de acceso: 27/01/2017.

GARCÍA, Mario Alfonso. Guía Técnica del cultivo de la papaya. En: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Salvador. Diciembre. 2010. 40 p.

GARCÍA GARCÍA, R.M; PALOU GARCÍA, E. Mecanismos de acción antimicrobiana de timol y carvacrol sobre microorganismos de interés en los alimentos. En: Temas selectos de ingeniería de alimentos. Febrero, 2008 no.11p. 41-51.

GEFOR. *Rhizopus spp.* (en línea). Mayo, 2011. [Citado el 01/07/2017]. Disponible en internet: <http://www.gefor.4t.com/hongos/rhizopus.html>

GÓMEZ SÁNCHEZ, A.I. LÓPEZ MALO, A. Potencial antimicrobiano de los aceites esenciales de orégano (*Origanum vulgare*) y canela (*Cinnamomum zeylanicum*). En: Temas selectos de ingeniería de alimentos. Enero, 2009 no. 13p. 33-45.

GUÉDEZ, Clemencia; CAÑIZALEZ, Luis; AVENDAÑO, Laura; SCORZA, José; CASTILLO, Carmen; OLIVAR, Rafael; MÉNDEZ, Yolanda, SÁNCHEZ, Libert. Actividad antifúngica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) sobre hongos postcosecha en frutos de lechosa (*Carica papaya* L.). En: Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología (en línea). Vol 34. No 2. Diciembre, 2014. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562014000200007. Disponible en: Scielo.org.ve. Fecha de acceso: 06/06/2017. HERNÁNDEZ, María Soledad. BARRERA, Jaime. MELGAREJO, Luz Marina Fisiología poscosecha. En: Experimentos en fisiología vegetal. Primera edición. Colombia. Melgarejo, Luz Marina. 2010, p167-186

HERNÁNDEZ MEDINA, Marilyn. TORRUCO UCO, Juan Gabriel. CHEL GUERRERO, Luis. BETANCUR-ANCONA, David. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. En: Ciencia e Tecnología de Alimentos. Julio, 2008. Vol.28 no. 9p. 718-726.

HERNÁNDEZ OROZCO, Fabio Alberto y MORA MORENO, Diana Patricia. Diseño de producto para la creación futura de una empresa productora y comercializadora de bebidas saludables a base de soya para el mercado de la ciudad de Bogotá, cuyos flujos de información estén soportados en tecnologías de la información. Trabajo de grado como requisito para optar por el título de Ingeniero Industrial. BOGOTÁ D.C. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ingeniería. 2009. 219 p.

INSUASTY ORTEGA, Alexandra. PERDOMO QUIÑONEZ, Paola Andrea. Efecto de recubrimiento a base de propóleo y proteína de soya sobre la calidad de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). Trabajo de grado de ingeniería agroindustrial. Cauca-Colombia. Universidad del Cauca. (2013). 64 p.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT). DATABIO. *Cladosporium spp.* (en línea). España. Julio, 2014. [Citado el 01/07/2017]. Disponible en internet: <http://www.insht.es/RiesgosBiologicos/Contenidos/Fichas%20de%20agentes%20biologicos/Fichas/Hongos/Cladosporium%20spp.pdf>

MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Leovina Ingrid y PONCE LAY, Meily. Uso y evaluación de dos aceites esenciales (canela y clavo de olor) para el control de las pudriciones fungosas y determinación de la vida útil mediante películas protectoras comestibles en papaya (*Carica Papaya* Cv. Hawaiana). Trabajo de grado de Ingeniería de Alimentos. Guayaquil- Ecuador. Escuela Superior Politécnica del

Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2012.149 p.

MARTUCCI, J.F. GENDEB, L.B. NEIRAA, L.M. RUSECKAITEA, R.A. Orégano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. En: Industrial Crops and Products (en línea). Vol. 71. Septiembre, 2015. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669015002691>. Disponible en: ScienceDirect. Fecha de acceso: 01/01/2017.

MERCADO RUIZ, Jorge Nemesio. GUZMÁN REYES, Isabel Cristina. GARCÍA ROBLES, Jesús Manuel. SALINAS HERNÁNDEZ, Rosa Ma. BÁEZ SAÑUDO, Reginaldo. Efecto de un recubrimiento con ceras comestibles en frutos de papaya (*Carica Papaya L*) sobre su calidad durante el almacenamiento. En: Revista Iberoamericana de Tecnología Pos cosecha (en línea). Vol. 15. No 1. 2014. <http://www.redalyc.org/pdf/813/81331357004.pdf>. Disponible en: Redalyc.org. Fecha de acceso: 07/07/2017.

MIRANDA, Abraham D. ALVIS, Armando. ARRAZOLA, Guillermo. Efectos de dos recubrimientos sobre la calidad de la papaya (*Carica papaya*) variedad tainung. En: Temas agrarios. Vol. 19. No 1. Junio, 2014. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4994550>. Disponible en: Dialnet.es. Fecha de acceso: 07/07/2017.

NAVARRO, Juan Ramón. ARAUZ, Luis Felipe. Exactitud y repetibilidad de dos métodos para la evaluación de la severidad de enfermedades fungosas en el fruto de la papaya (*Carica papaya*). En: Agronomía Costarricense (en línea). vol. 23. Núm. 1. 1999. <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=rednia.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=016382>. Disponible en: Sidalc.net. Fecha de acceso: 07/07/2017.

NOSTRO, A. PAPALIA, T. Antimicrobial activity of carvacrol: current progress and future prospectives. Recent Patentents on Anti-infective Drug Discovery. En: National Center for Biotechnology Information (en línea). Vol 7. No 1. Abril, 2012. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22044355>. Disponible en: US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed). Fecha de acceso: 07/07/2017.

OCORÓ-ZAMORA, María; AYALA-APONTE, Alfredo. Influencia del espesor en secado de puré de papaya (*Carica papaya L.*) por tecnología de ventana de refractancia. En: revistas Unal (en línea). Mayo, 2013. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/31560/46227>. Disponible en: DYNA. Fecha de acceso: 07/07/2017.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales

(papaya, piña, plátano, cítricos) (en línea). Junio, 2007. Técnicas mejoradas de postcosecha, procesamiento y comercialización de frutas. [Citado el 1o de mayo de 2017]. Disponible en internet: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ac304s/ac304s00.htm>. Fecha de acceso: 07/07/2017.

ORTEGA-NIEBLAS, Ma. Magdalena. ROBLES-BURGUEÑO, Ma. Refugio. ACEDO-FÉLIX, Evelia. GONZÁLEZ-LEÓN, Alberto. MORALES-TREJO, Adriana, VÁZQUEZ-MORENO, Luz. Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de orégano (*Lippia palmeri* S. Wats). En: Revista Fitotecnia mexicana (en línea). Vol 34. No 1. Marzo, 2011. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802011000100004. Disponible en: Scieloorg.mx. Fecha de acceso: 07/07/2017.

PASQUEL, Manuel José. Obtención de un recubrimiento antifúngico con nanopartículas de ZnO para manejo pos cosecha en naranja valencia (*citrus sinensis*). Trabajo de grado en ingeniería agroindustrial. Cauca-Colombia. Universidad del Cauca, 2017. 123pag.

PESAVENTO, G. CALONICO, C. BILIA, A.R. BARNABEI, M. CALESINI, F. ADDONA, R. MENCARELLI, L. CARMAGNINI, L. DI MARTINO, M.C. LO NOSTRO, A. Antibacterial activity of Oregano, Rosmarinus and Thymus essential oils against Staphylococcus aureus and Listeria monocytogenes in beef meatballs. En: Food control (en línea). Vol. 54. February, 2015. https://www.researchgate.net/publication/272625640_Antibacterial_activity_of_Oregano_Rosmarinus_and_Thymus_Essential_Oils_against_Staphylococcus_aureus_and_Listeria_monocytogenes_in_beef_meatballs. Disponible en: ResearchGate.net. Fecha de acceso: 07/07/2017.

PINARGOTE SAVALA, Stalin Boanerges y GÁLVEZ ENCALADA, Marcos Dennis. Aplicación de Recubrimientos Biodegradables de Almidón de Yuca y Gelatina con Aceite Esencial de Orégano para la Conservación de Papayas a Temperatura Ambiente. Previa a la obtención del Título de: INGENIEROS DE ALIMENTOS. Guayaquil- Ecuador. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. 2015. 137p.

PROGRAMA DE TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA, ASOHOFrucol, FONDO NACIONAL DE FOMENTO HORTIFRUTÍCOLA. Plan de negocios de papaya. (En línea). 2013. Elaboración y acompañamiento del plan de negocios para el sector hortofrutícola en Colombia. [Citado el 19 de mayo de 2016]. Disponible en: <https://www.ptp.com.co/documentos/PLAN%20DE%20NEGOCIO%20PAPAYA%20diciembre.pdf>

QUINTERO, C Juan; FALGUERA, Víctor; MUÑOZ, H. Aldemar. Películas y recubrimientos comestibles: importancia y tendencias recientes en la cadena hortofrutícola. En: Tumbaga (en línea). Vol. 1. No 5. Mayo, 2010. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3628239>. Disponible en: Dialnet.es. Fecha de acceso: 07/07/2017.

QUIROGA RAMOS, Ivonne Angélica. Antracnosis, una enfermedad limitante para la producción de papaya. En: CropLife Latín América (En línea). 22 de Agosto 2015. Protección de cultivos. Disponible en internet: <http://www.croplifela.org/es/proteccion-de-cultivos/plaga-del-mes/antracnosis-papaya.html>. Fecha de acceso: 07/07/2017.

SAAVEDRA, Nataly; ALGECIRA, Néstor. Evaluación de películas comestibles de almidón de yuca y proteína aislada de soya en la conservación de fresas. En: NOVA, publicación científica en ciencias biomédicas (en línea). Vol. 8. No 14. Noviembre, 2010. http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/NOVA14_ARTORIG4.pdf. Disponible en: NOVA. Universidad Colegio mayor de Cundinamarca. Fecha de acceso: 07/07/2017.

SALGADO PACHECO, Tatiana. MARTÍNEZ VIVAS, Rocio del Pilar. Relación entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano (*Musa Sapientum* L). Var. Criollo, Tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Var. Morada y Mango (*Mangifera indica* L.) Var. Azúcar. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero de Alimentos. Bogotá. Universidad de la Salle. 2006, 224 p.

SIPSA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, DANE. Boletín semanal, precios mayoristas (en línea). 2012. Boletín semanal de precios de frutas y verduras, no.14. [Citado el 19 de mayo de 2016]. Disponible en internet: http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Semana14_15sep_21sep_2012.pdf. Fecha de acceso: 07/07/2017.

SIVAKUMAR, Dharini; BAUTISTA-BAÑOS, Silvia. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. En: Crop Protection (en línea). Vol. 64. Octubre, 2014. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219414001756>. Disponible en: ScienceDirect. Fecha de acceso: 07/07/2017.

STEVIC, Tatjana; BERIC, Tanja; SAVIKIN, Katarina; SOKOVIC, Marina; GODEVAC, Dejan; DIMKIC, Ivica; STANKOVIC, Slavisa. Antifungal activity of selected essential oils against fungi isolated from medicinal plant. En: Industrial Crops and Products (en línea). Vol. 55. Marzo, 2014. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669014000892>. Disponible en: ScienceDirect. Fecha de acceso: 07/07/2017.

TOULAH, FH. ESMAIL, HA. Khan, S. The efficacy of *Origanum vulgare* on *Eimeria tenella*. En: National Center for Biotechnology Information (NCBI). (En línea). Vol 42. No 1. Abril, 2012. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22662614>. Disponible en: US National Library of Medicine National Institutes of Health (PubMed).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Guía de epidemiología agrícola. Práctica No 1. Cuantificación de enfermedades en campo.

VANEGAS PÉREZ, Luz Stella. RESTREPO MOLINA, Diego Alonso. LÓPEZ VARGAS, Jairo Humberto Características de las bebidas con proteína de soya. En: Revista Facultad Agraria Medellín (en línea). Vol. 62. No 2. Septiembre, 2009. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n2/a15v62n2.pdf>. Disponible en: Scielo.org.co. Fecha de acceso: 07/07/2017.

VARGAS AGUILAR, pedro. HERNÁNDEZ VILLALOBOS, Diana. Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. En: Tecnología en marcha. Vol. 26. No 1. Abril, 2013. http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1120. Disponible en: Tecnología en marcha. Fecha de acceso: 07/07/2017.

VÁSQUEZ BRIONES, M.C. Y GUERRERO BELTRÁN J.A. Recubrimientos de frutas con biopelículas. En: Temas selectos de ingeniería de alimentos (en línea). Vol. 7, No. 2. 2013. <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Vazquez-Briones-et-al-2013.pdf>. Disponible en: udlap.mx. Fecha de acceso: 07/07/2017.

VELASCO M, Reinaldo. ENRÍQUEZ C, Mario. TORRES R, Andrés. PALACIOS, Lily. RUALES M, Johana. Caracterización morfológica de películas biodegradables a partir de Almidón modificado de yuca, agente antimicrobiano y plastificante. En: Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol.10. No 2. Julio, 2012. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000200018. Disponible en: Scielo.org.co. Fecha de acceso: 07/01/2017.

VILLA MARTÍNEZ, Alejandra. PÉREZ LEAL, Ramona. MORALES MORALES, Hugo Armando. BASURTO SOTELO, Moisés. SOTO PARRA, Juan Manuel y MARTÍNEZ ESCUDERO, Esther. Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. En: Acta agronómica. Vol. 64. No 2. Julio, 2014. http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/43358/49856. Disponible en: Revistasunal.edu.co. Fecha de acceso: 07/01/2017.

VILLACÍS ÁLVAREZ, Fernanda Jhullana. Estudio del efecto de un recubrimiento comestible y su incidencia en el tiempo de vida útil de la uvilla (*Physalis peruviana* L.). Trabajo de grado para optar el Título de Ingeniera en Alimentos. Ecuador. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. 2014. 184 p.

WANG, La. LI, Jianzhang. ZHANG, Shifeng. SHI, Junyou. Preparation and Characterization of All-Biomass Soy Protein Isolate-Based Films Enhanced by Epoxy Castor Oil Acid Sodium and Hydroxypropyl Cellulose. En: materials (en línea). Vol 9. No 3. 2016. <http://www.mdpi.com/1996-1944/9/3/193/htm#B9-materials-09-00193>. Disponible en: mdpi.com. Fecha de acceso: 07/07/2017.

WU, Tao. DAI, Shengdong. CONG, Xu. LIU, Rui. ZHANG, Min. Succinylated Soy Protein Film Coating Extended the Shelf Life of Apple Fruit. En: Journal of Food Processing and Preservation (en línea). Vol. 40. Julio, 2016. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfpp.13024/full>. Disponible en: Wiley online library.

YÁÑEZ ZAMBRANO, Ana Jessenia. Evaluación de diferentes polímeros biodegradables de origen vegetal como recubrimientos comestibles para prolongar su conservación. Trabajo de grado de Ingeniería Agroindustrial. Quevedo-Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de ciencias de la ingeniería, 2016. 127 p.

ZHOU, G. L. PAULL, R. E. JUNG, C. N. Papaya: Postharvest Quality-Maintenance. En: Fruit, Nut, and Beverage Crops (en línea). Vol. 34. Mayo, 2014. http://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-34.pdf. Disponible en: ctahr.hawaii. Fecha de acceso: 07/07/2017.

ZÚÑIGA CAMACHO, Danyely ORDOÑEZ BOLAÑOS, Diana Yamile. Efecto del recubrimiento de almidón de yuca modificado y aceite esencial de tomillo (thymus vulgaris) sobre la conservación del pimentón (capsicum annum). Trabajo de grado de ingeniería agroindustrial. Cauca-Colombia. Universidad del Cauca. (2013). 64pag.

ANEXOS

ANEXO A. PRUEBA ESTADÍSTICA DE MEDIDAS REPETIDAS PARA PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO. Pruebas de los efectos inter-sujetos

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	7378,228	1	7378,228	1695,770	,000
Tratamientos	108,597	8	13,575	3,120	,021
Error	78,317	18	4,351		

ANEXO B. PRUEBA DE EFECTOS DEL FACTOR DE TRATAMIENTOS Y DE MEDIDAS REPETIDAS PARA PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO.

Origen		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
días	Esfericidad asumida	2175,760	10	217,576	600,335	,000
	Greenhouse-Geisser	2175,760	2,497	871,474	600,335	,000
	Huynh-Feldt	2175,760	4,219	515,699	600,335	,000
	Límite-inferior	2175,760	1,000	2175,760	600,335	,000
días * Tratamientos	Esfericidad asumida	80,381	80	1,005	2,772	,000
	Greenhouse-Geisser	80,381	19,973	4,024	2,772	,002
	Huynh-Feldt	80,381	33,752	2,381	2,772	,000
	Límite-inferior	80,381	8,000	10,048	2,772	,034
Error (días)	Esfericidad asumida	65,236	180	,362		
	Greenhouse-Geisser	65,236	44,940	1,452		
	Huynh-Feldt	65,236	75,943	,859		
	Límite-inferior	65,236	18,000	3,624		

**ANEXO C. ANOVA DE UNA VÍA DE MEDIDAS REPETIDAS PARA PROBAR
LOS EFECTOS PRINCIPALES DEL FACTOR RECUBRIMIENTO SOBRE LA
VARIABLE DE RESPUESTA COLOR, COORDENADA a*.**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	4624.453	1	4624.453	74.189	.000
Tratamientos	8046.841	8	1005.855	16.137	.000
Error	1122.001	18	62.333		

ANEXO D. PRUEBA DE ESFERICIDAD DE LOS DATOS DE MEDIDAS REPETIDAS PARA COLOR, COORDENADA a*.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Días	Sphericity Assumed	23417.110	11	2128.828	123.507	.000
	Greenhouse-Geisser	23417.110	3.555	6586.227	123.507	.000
	Huynh-Feldt	23417.110	6.507	3598.488	123.507	.000
	Lower-bound	23417.110	1.000	23417.110	123.507	.000
días * Tratamientos	Sphericity Assumed	3719.615	88	42.268	2.452	.000
	Greenhouse-Geisser	3719.615	28.444	130.771	2.452	.002
	Huynh-Feldt	3719.615	52.060	71.449	2.452	.000
	Lower-bound	3719.615	8.000	464.952	2.452	.054
Error(días)	Sphericity Assumed	3412.827	198	17.237		
	Greenhouse-Geisser	3412.827	63.998	53.327		
	Huynh-Feldt	3412.827	117.135	29.136		
	Lower-bound	3412.827	18.000	189.602		

**ANEXO E. ANOVA DE UNA VÍA DE MEDIDAS REPETIDAS PARA PROBAR
LOS EFECTOS PRINCIPALES DEL FACTOR RECUBRIMIENTO SOBRE LA
VARIABLE DE RESPUESTA COLOR, COORDENADA b*.**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	663631.994	1	663631.994	8262.517	.000
Tratamientos	4611.340	8	576.418	7.177	.000
Error	1445.731	18	80.318		

ANEXO F. PRUEBA DE ESFERICIDAD DE LOS DATOS DE MEDIDAS REPETIDAS PARA COLOR, COORDENADA b*.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
días	Sphericity Assumed	16690.830	11	1517.348	57.061	.000
	Greenhouse- Geisser	16690.830	5.137	3249.268	57.061	.000
	Huynh-Feldt	16690.830	10.627	1570.649	57.061	.000
	Lower-bound	16690.830	1.000	16690.830	57.061	.000
días * Tratamientos	Sphericity Assumed	2742.925	88	31.170	1.172	.182
	Greenhouse- Geisser	2742.925	41.094	66.747	1.172	.262
	Huynh-Feldt	2742.925	85.014	32.265	1.172	.186
	Lower-bound	2742.925	8.000	342.866	1.172	.367
Error(días)	Sphericity Assumed	5265.126	198	26.592		
	Greenhouse- Geisser	5265.126	92.462	56.943		
	Huynh-Feldt	5265.126	191.281	27.526		
	Lower-bound	5265.126	18.000	292.507		

**ANEXO G. ANOVA DE UNA VÍA DE MEDIDAS REPETIDAS PARA PROBAR
LOS EFECTOS PRINCIPALES DEL FACTOR RECUBRIMIENTO SOBRE LA
VARIABLE DE RESPUESTA COLOR, COORDENADA L*.**

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	946124.755	1	946124.755	20269.026	.000
Tratamientos	2836.072	8	354.509	7.595	.000
Error	840.210	18	46.678		

ANEXO H. PRUEBA DE ESFERICIDAD DE LOS DATOS DE MEDIDAS REPETIDAS PARA COLOR, COORDENADA L*.

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
días	Sphericity Assumed	13212.485	11	1201.135	90.873	.000
	Greenhouse- Geisser	13212.485	5.205	2538.429	90.873	.000
	Huynh-Feldt	13212.485	10.827	1220.301	90.873	.000
	Lower-bound	13212.485	1.000	13212.485	90.873	.000
días * Tratamientos	Sphericity Assumed	1990.355	88	22.618	1.711	.001
	Greenhouse- Geisser	1990.355	41.640	47.799	1.711	.017
	Huynh-Feldt	1990.355	86.618	22.979	1.711	.001
	Lower-bound	1990.355	8.000	248.794	1.711	.164
Error(días)	Sphericity Assumed	2617.100	198	13.218		
	Greenhouse- Geisser	2617.100	93.690	27.934		
	Huynh-Feldt	2617.100	194.890	13.429		
	Lower-bound	2617.100	18.000	145.394		

**ANEXO I. ANOVA DE UNA VÍA DE MEDIDAS REPETIDAS PARA PROBAR
LOS EFECTOS PRINCIPALES DEL FACTOR RECUBRIMIENTO SOBRE LA
VARIABLE DE RESPIRACIÓN (%CO₂)
Tests of Between-Subjects Effects**

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Type III Sum of Squares	29211.178	1	29211.178	174.789	.000
df	4107.364	8	513.420	3.072	.023
Mean Square	3008.213	18	167.123		

**ANEXO J. PRUEBA DE ESFERICIDAD DE LOS DATOS DE MEDIDAS
REPETIDAS PARA RESPIRACION (%CO2)**

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tiempo	Sphericity Assumed	804.812	11	73.165	16.741	.000
	Greenhouse- Geisser	804.812	2.297	350.400	16.741	.000
	Huynh-Feldt	804.812	3.822	210.584	16.741	.000
	Lower-bound	804.812	1.000	804.812	16.741	.001
tiempo * tratamiento	Sphericity Assumed	510.842	88	5.805	1.328	.053
	Greenhouse- Geisser	510.842	18.375	27.801	1.328	.220
	Huynh-Feldt	510.842	30.575	16.708	1.328	.165
	Lower-bound	510.842	8.000	63.855	1.328	.292
Error(tiempo)	Sphericity Assumed	865.328	198	4.370		
	Greenhouse- Geisser	865.328	41.343	20.930		
	Huynh-Feldt	865.328	68.793	12.579		
	Lower-bound	865.328	18.000	48.074		

**ANEXO K. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA FIRMEZA CON RESPECTO A
LOS TRATAMIENTOS.**

tratamientos		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Nw	T1	.211	15	.072	.864	15	.027
	T2	.294	15	.001	.700	15	.000
	T3	.256	15	.009	.855	15	.021
	T4	.150	15	.200*	.941	15	.400
	T5	.246	15	.015	.820	15	.007
	T6	.143	15	.200*	.923	15	.211
	T7	.309	15	.000	.686	15	.000
	T8	.246	15	.015	.831	15	.009
	T9	.224	15	.042	.838	15	.012

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**ANEXO L. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZA PARA FIRMEZA
CON RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS.**

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Nw	Se basa en la media	2.202	8	126	.031
	Se basa en la mediana	.943	8	126	.484
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.943	8	98.491	.485
	Se basa en la media recortada	1.960	8	126	.057

ANEXO M. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA FIRMEZA CON RESPECTO AL TIEMPO (DÍAS).

tiempo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Nw 1 DIA	.081	27	.200*	.965	27	.474
4 DIAS	.155	27	.094	.887	27	.007
7 DIAS	.162	27	.065	.902	27	.015
10 DIAS	.302	27	.000	.683	27	.000
13 DIAS	.247	27	.000	.614	27	.000

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**ANEXO N. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA FIRMEZA
CON RESPECTO AL TIEMPO (DÍAS).**

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Nw	Se basa en la media	7.494	4	130	.000
	Se basa en la mediana	6.726	4	130	.000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	6.726	4	91.296	.000
	Se basa en la media recortada	7.260	4	130	.000

ANEXO O. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS PARA FIRMEZA CON RESPECTO A TRATAMIENTOS.

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Nw es la misma entre las categorías de tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.756	Conserve la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05.

ANEXO P. PRUEBA NO PARAMÉTRICA DE KRUSKAL-WALLIS PARA FIRMEZA CON RESPECTO AL TIEMPO (DÍAS).

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Nw es la misma entre las categorías de tiempo.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.000	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05.

**ANEXO Q. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA SOLIDOS SOLUBLES TOTALES
CON RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS.**

Pruebas de normalidad

tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
° Brix T1	.207	15	.084	.917	15	.175
T2	.269	15	.005	.899	15	.093
T3	.197	15	.120	.878	15	.045
T4	.125	15	.200 [*]	.956	15	.623
T5	.144	15	.200 [*]	.916	15	.168
T6	.174	15	.200 [*]	.903	15	.104
T7	.173	15	.200 [*]	.928	15	.252
T8	.146	15	.200 [*]	.949	15	.502
T9	.199	15	.113	.915	15	.159

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**ANEXO R. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA SÓLIDOS
SOLUBLES TOTALES CON RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS**

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
° Brix	Se basa en la media	4.936	8	126	.000
	Se basa en la mediana	2.871	8	126	.006
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2.871	8	87.702	.007
	Se basa en la media recortada	4.904	8	126	.000

**ANEXO S. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA PRUEBA DE SÓLIDOS
SOLUBLES TOTALES CON RESPECTO AL TIEMPO.**

Pruebas de normalidad

	tiempo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
° Brix	1 DIA	.086	27	.200*	.968	27	.541
	4 DIAS	.164	27	.059	.946	27	.169
	7 DIAS	.095	27	.200*	.973	27	.692
	10 DIAS	.111	27	.200*	.971	27	.628
	13 DIAS	.154	27	.099	.929	27	.067

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

**ANEXO T. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA SÓLIDOS
SOLUBLES TOTALES CON RESPECTO AL TIEMPO.**

Prueba de homogeneidad de varianza

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
° Brix Se basa en la media	7.444	4	130	.000
Se basa en la mediana	6.606	4	130	.000
Se basa en la mediana y con gl ajustado	6.606	4	91.963	.000
Se basa en la media recortada	7.343	4	130	.000

ANEXO U. PRUEBA ESTADISTICA DE GAMES HOWELL PARA SOLIDOS SOLUBLES TOTALES CON RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: ° Brix

Games-Howell

(I) tratamientos	(J) tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	-.0813	.30172	1.000	-1.1313	.9686
	T3	.1287	.36703	1.000	-1.1045	1.3619
	T4	-.3553	.30143	.952	-1.4046	.6940
	T5	-.2753	.30819	.991	-1.3402	.7895
	T6	.0807	.34046	1.000	-1.0709	1.2322
	T7	.1620	.39493	1.000	-1.1630	1.4870
	T8	-.4533	.32250	.884	-1.5545	.6478
	T9	-.1380	.36148	1.000	-1.3536	1.0776
T2	T1	.0813	.30172	1.000	-.9686	1.1313
	T3	.2100	.26919	.996	-.7191	1.1391
	T4	-.2740	.16915	.786	-.8415	.2935
	T5	-.1940	.18092	.974	-.8017	.4137
	T6	.1620	.23166	.998	-.6284	.9524
	T7	.2433	.30613	.996	-.8230	1.3097
	T8	-.3720	.20434	.669	-1.0628	.3188
	T9	-.0567	.26157	1.000	-.9576	.8442
T3	T1	-.1287	.36703	1.000	-1.3619	1.1045
	T2	-.2100	.26919	.996	-1.1391	.7191
	T4	-.4840	.26886	.682	-1.4124	.4444
	T5	-.4040	.27642	.861	-1.3512	.5432
	T6	-.0480	.31200	1.000	-1.0978	1.0018
	T7	.0333	.37067	1.000	-1.2126	1.2792
	T8	-.5820	.29229	.563	-1.5726	.4086
	T9	-.2667	.33480	.996	-1.3900	.8567
T4	T1	.3553	.30143	.952	-.6940	1.4046
	T2	.2740	.16915	.786	-.2935	.8415
	T3	.4840	.26886	.682	-.4444	1.4124
	T5	.0800	.18044	1.000	-.5261	.6861
	T6	.4360	.23128	.630	-.3534	1.2254
	T7	.5173	.30585	.744	-.5484	1.5830
	T8	-.0980	.20391	1.000	-.7875	.5915
	T9	.2173	.26124	.994	-.6827	1.1174
T5	T1	.2753	.30819	.991	-.7895	1.3402
	T2	.1940	.18092	.974	-.4137	.8017
	T3	.4040	.27642	.861	-.5432	1.3512
	T4	-.0800	.18044	1.000	-.6861	.5261
	T6	.3560	.24003	.853	-.4577	1.1697
	T7	.4373	.31251	.885	-.6436	1.5183
	T8	-.1780	.21378	.995	-.8974	.5414

	T9	.1373	.26901	1.000	-.7825	1.0572
T6	T1	-.0807	.34046	1.000	-1.2322	1.0709
	T2	-.1620	.23166	.998	-.9524	.6284
	T3	.0480	.31200	1.000	-1.0018	1.0978
	T4	-.4360	.23128	.630	-1.2254	.3534
	T5	-.3560	.24003	.853	-1.1697	.4577
	T7	.0813	.34438	1.000	-1.0844	1.2471
	T8	-.5340	.25814	.513	-1.4022	.3342
	T9	-.2187	.30545	.998	-1.2454	.8081
	T7	T1	-.1620	.39493	1.000	-1.4870
T2		-.2433	.30613	.996	-1.3097	.8230
T3		-.0333	.37067	1.000	-1.2792	1.2126
T4		-.5173	.30585	.744	-1.5830	.5484
T5		-.4373	.31251	.885	-1.5183	.6436
T6		-.0813	.34438	1.000	-1.2471	1.0844
T8		-.6153	.32663	.630	-1.7317	.5010
T9		-.3000	.36517	.995	-1.5286	.9286
T8		T1	.4533	.32250	.884	-.6478
	T2	.3720	.20434	.669	-.3188	1.0628
	T3	.5820	.29229	.563	-.4086	1.5726
	T4	.0980	.20391	1.000	-.5915	.7875
	T5	.1780	.21378	.995	-.5414	.8974
	T6	.5340	.25814	.513	-.3342	1.4022
	T7	.6153	.32663	.630	-.5010	1.7317
	T9	.3153	.28529	.968	-.6499	1.2805
	T9	T1	.1380	.36148	1.000	-1.0776
T2		.0567	.26157	1.000	-.8442	.9576
T3		.2667	.33480	.996	-.8567	1.3900
T4		-.2173	.26124	.994	-1.1174	.6827
T5		-.1373	.26901	1.000	-1.0572	.7825
T6		.2187	.30545	.998	-.8081	1.2454
T7		.3000	.36517	.995	-.9286	1.5286
T8		-.3153	.28529	.968	-1.2805	.6499

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .636.

ANEXO V. PRUEBA ESTADISTICA DE GAMES-HOWELL PARA DATOS DE SOLIDOS SOLUBLES CON RESPECTO AL TIEMPO.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: ° Brix

Games-Howell

(I) tiempo	(J) tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1 DIA	4 DIAS	-.3322	.16895	.299	-.8121	.1477
	7 DIAS	-.6933*	.16785	.001	-1.1703	-.2163
	10 DIAS	-1.2096*	.15346	.000	-1.6504	-.7689
	13 DIAS	-1.8167*	.14709	.000	-2.2424	-1.3909
4 DIAS	1 DIA	.3322	.16895	.299	-.1477	.8121
	7 DIAS	-.3611	.13149	.061	-.7327	.0104
	10 DIAS	-.8774*	.11255	.000	-1.1972	-.5576
	13 DIAS	-1.4844*	.10369	.000	-1.7818	-1.1871
7 DIAS	1 DIA	.6933*	.16785	.001	.2163	1.1703
	4 DIAS	.3611	.13149	.061	-.0104	.7327
	10 DIAS	-.5163*	.11089	.000	-.8312	-.2014
	13 DIAS	-1.1233*	.10188	.000	-1.4153	-.8314
10 DIAS	1 DIA	1.2096*	.15346	.000	.7689	1.6504
	4 DIAS	.8774*	.11255	.000	.5576	1.1972
	7 DIAS	.5163*	.11089	.000	.2014	.8312
	13 DIAS	-.6070*	.07588	.000	-.8223	-.3918
13 DIAS	1 DIA	1.8167*	.14709	.000	1.3909	2.2424
	4 DIAS	1.4844*	.10369	.000	1.1871	1.7818
	7 DIAS	1.1233*	.10188	.000	.8314	1.4153
	10 DIAS	.6070*	.07588	.000	.3918	.8223

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .231.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

ANEXO W. PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA VALORES DE pH, CON RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS.

Pruebas de normalidad

	tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
pH	T1	.229	15	.033	.830	15	.009
	T2	.137	15	.200*	.952	15	.563
	T3	.215	15	.060	.942	15	.415
	T4	.192	15	.142	.909	15	.129
	T5	.215	15	.059	.913	15	.152
	T6	.145	15	.200*	.927	15	.246
	T7	.179	15	.200*	.940	15	.385
	T8	.140	15	.200*	.957	15	.643
	T9	.160	15	.200*	.956	15	.618

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

ANEXO X. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA PH, CON RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS.

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ph	Se basa en la media	3.287	8	126	.002
	Se basa en la mediana	1.732	8	126	.097
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.732	8	98.254	.100
	Se basa en la media recortada	3.177	8	126	.003

ANEXO Y. PRUEBAS DE NORMALIDAD PARA VALORES DE pH, CON RESPECTO AL TIEMPO.

Pruebas de normalidad

	tiempo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	Gl	Sig.
pH	1 DIA	.165	27	.056	.929	27	.067
	4 DIAS	.100	27	.200*	.981	27	.874
	7 DIAS	.152	27	.113	.952	27	.244
	10 DIAS	.098	27	.200*	.981	27	.880
	13 DIAS	.093	27	.200*	.962	27	.409

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

ANEXO Z. PRUEBAS DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA pH, CON RESPECTO AL TIEMPO.

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ph	Se basa en la media	3.193	4	130	.015
	Se basa en la mediana	3.135	4	130	.017
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	3.135	4	112.915	.017
	Se basa en la media recortada	3.185	4	130	.016

**ANEXO AA. PRUEBA DE GAMES – HOWELLS PARA PH CON RESPECTO A
LOS TRATAMIENTOS.**

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: pH

Games-Howell

(I) tratamiento s	(J) tratamiento s	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	-.1147	.05941	.602	-.3176	.0883
	T3	.0260	.06244	1.000	-.1854	.2374
	T4	-.0260	.06900	1.000	-.2577	.2057
	T5	.0233	.06110	1.000	-.1843	.2309
	T6	-.0493	.07147	.999	-.2891	.1904
	T7	-.0587	.05535	.973	-.2518	.1344
	T8	-.1427	.07070	.545	-.3799	.0946
	T9	-.0887	.06277	.883	-.3010	.1237
T2	T1	.1147	.05941	.602	-.0883	.3176
	T3	.1407	.04689	.109	-.0170	.2983
	T4	.0887	.05532	.794	-.0993	.2766
	T5	.1380	.04508	.095	-.0134	.2894
	T6	.0653	.05837	.965	-.1338	.2645
	T7	.0560	.03691	.837	-.0690	.1810
	T8	-.0280	.05743	1.000	-.2237	.1677
	T9	.0260	.04733	1.000	-.1332	.1852
T3	T1	-.0260	.06244	1.000	-.2374	.1854
	T2	-.1407	.04689	.109	-.2983	.0170
	T4	-.0520	.05856	.992	-.2495	.1455
	T5	-.0027	.04902	1.000	-.1672	.1618
	T6	-.0753	.06145	.943	-.2832	.1325
	T7	-.0847	.04162	.537	-.2269	.0575
	T8	-.1687	.06057	.168	-.3733	.0360
	T9	-.1147	.05109	.407	-.2861	.0567
T4	T1	.0260	.06900	1.000	-.2057	.2577
	T2	-.0887	.05532	.794	-.2766	.0993
	T3	.0520	.05856	.992	-.1455	.2495

	T5	.0493	.05713	.993	-.1438	.2425
	T6	-.0233	.06810	1.000	-.2519	.2052
	T7	-.0327	.05093	.999	-.2094	.1440
	T8	-.1167	.06730	.722	-.3425	.1092
	T9	-.0627	.05892	.975	-.2612	.1359
T5	T1	-.0233	.06110	1.000	-.2309	.1843
	T2	-.1380	.04508	.095	-.2894	.0134
	T3	.0027	.04902	1.000	-.1618	.1672
	T4	-.0493	.05713	.993	-.2425	.1438
	T6	-.0727	.06009	.947	-.2766	.1312
	T7	-.0820	.03958	.513	-.2167	.0527
	T8	-.1660	.05918	.164	-.3666	.0346
	T9	-.1120	.04943	.395	-.2779	.0539
T6	T1	.0493	.07147	.999	-.1904	.2891
	T2	-.0653	.05837	.965	-.2645	.1338
	T3	.0753	.06145	.943	-.1325	.2832
	T4	.0233	.06810	1.000	-.2052	.2519
	T5	.0727	.06009	.947	-.1312	.2766
	T7	-.0093	.05423	1.000	-.1983	.1796
	T8	-.0933	.06983	.911	-.3276	.1410
	T9	-.0393	.06179	.999	-.2482	.1695
T7	T1	.0587	.05535	.973	-.1344	.2518
	T2	-.0560	.03691	.837	-.1810	.0690
	T3	.0847	.04162	.537	-.0575	.2269
	T4	.0327	.05093	.999	-.1440	.2094
	T5	.0820	.03958	.513	-.0527	.2167
	T6	.0093	.05423	1.000	-.1796	.1983
	T8	-.0840	.05322	.805	-.2692	.1012
	T9	-.0300	.04212	.998	-.1740	.1140
T8	T1	.1427	.07070	.545	-.0946	.3799
	T2	.0280	.05743	1.000	-.1677	.2237
	T3	.1687	.06057	.168	-.0360	.3733
	T4	.1167	.06730	.722	-.1092	.3425
	T5	.1660	.05918	.164	-.0346	.3666
	T6	.0933	.06983	.911	-.1410	.3276
	T7	.0840	.05322	.805	-.1012	.2692

	T9	.0540	.06091	.992	-.1516	.2596
T9	T1	.0887	.06277	.883	-.1237	.3010
	T2	-.0260	.04733	1.000	-.1852	.1332
	T3	.1147	.05109	.407	-.0567	.2861
	T4	.0627	.05892	.975	-.1359	.2612
	T5	.1120	.04943	.395	-.0539	.2779
	T6	.0393	.06179	.999	-.1695	.2482
	T7	.0300	.04212	.998	-.1140	.1740
	T8	-.0540	.06091	.992	-.2596	.1516

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .027.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

ANEXO BB. PRUEBA DE GAMES – HOWELLS PARA VALORES DE pH, CON RESPECTO AL TIEMPO.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: pH

Games-Howell

(I) tiempo	(J) tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1 DIA	4 DIAS	-.1426*	.02473	.000	-.2125	-.0727
	7 DIAS	-.1359*	.03232	.001	-.2279	-.0440
	10 DIAS	-.3244*	.03221	.000	-.4161	-.2328
	13 DIAS	-.2537*	.02864	.000	-.3349	-.1725
4 DIAS	1 DIA	.1426*	.02473	.000	.0727	.2125
	7 DIAS	.0067	.03280	1.000	-.0866	.0999
	10 DIAS	-.1819*	.03270	.000	-.2748	-.0889
	13 DIAS	-.1111*	.02918	.003	-.1938	-.0285
7 DIAS	1 DIA	.1359*	.03232	.001	.0440	.2279
	4 DIAS	-.0067	.03280	1.000	-.0999	.0866
	10 DIAS	-.1885*	.03875	.000	-.2980	-.0790
	13 DIAS	-.1178*	.03584	.015	-.2192	-.0164
10 DIAS	1 DIA	.3244*	.03221	.000	.2328	.4161
	4 DIAS	.1819*	.03270	.000	.0889	.2748
	7 DIAS	.1885*	.03875	.000	.0790	.2980
	13 DIAS	.0707	.03574	.291	-.0304	.1718
13 DIAS	1 DIA	.2537*	.02864	.000	.1725	.3349
	4 DIAS	.1111*	.02918	.003	.0285	.1938
	7 DIAS	.1178*	.03584	.015	.0164	.2192
	10 DIAS	-.0707	.03574	.291	-.1718	.0304

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .018.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

ANEXO CC. PRUEBA DE TUKEY PARA PH CON RESPECTO AL TIEMPO.

tiempo	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
1 DIA	27	5.2519			
HSD	27		5.3878		
Tukey ^{a,b}	27		5.3944	5.3944	
4 DIAS	27			5.4878	
7 DIAS	27				5.5944
10 DIAS	27				
Sig.		1.000	1.000	.078	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
 Se basa en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática(Error) = .018.

- a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.
- b. Alfa = 0.05.

ANEXO DD. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VALORES DE PORCENTAJE DE ACIDEZ CON RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS.

Pruebas de normalidad

	tratamientos	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
%	T1	.184	15	.183	.938	15	.358
	T2	.161	15	.200*	.933	15	.300
	T3	.168	15	.200*	.936	15	.331
	T4	.155	15	.200*	.967	15	.804
	T5	.199	15	.111	.911	15	.142
	T6	.250	15	.013	.824	15	.008
	T7	.168	15	.200*	.967	15	.809
	T8	.110	15	.200*	.978	15	.952
	T9	.151	15	.200*	.924	15	.222

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

ANEXO EE. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA VALORES DE PORCENTAJE DE ACIDEZ CON RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS.

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
%	Se basa en la media	.940	8	126	.487
	Se basa en la mediana	.756	8	126	.642
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.756	8	118.058	.642
	Se basa en la media recortada	.954	8	126	.475

**ANEXO FF. PRUEBA DE NORMALIDAD PARA VALORES DE PORCENTAJE
DE ACIDEZ CON RESPECTO AL TIEMPO**

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
%	Se basa en la media	.940	8	126	.487
	Se basa en la mediana	.756	8	126	.642
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.756	8	118.058	.642
	Se basa en la media recortada	.954	8	126	.475

ANEXO GG. PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS PARA VALORES DE PORCENTAJE DE ACIDEZ CON RESPECTO AL TIEMPO

Prueba de homogeneidad de varianza

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
%	Se basa en la media	.940	8	126	.487
	Se basa en la mediana	.756	8	126	.642
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.756	8	118.058	.642
	Se basa en la media recortada	.954	8	126	.475

**ANEXO HH. PRUEBA ESTADISTICA DE ANOVA PARA VALORES DE
PORCENTAJE DE ACIDEZ**

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: %

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	.041 ^a	44	.001	2.701	.000
Intersección tratamientos	1.383	1	1.383	4036.523	.000
días	.001	8	.000	.462	.880
días	.011	4	.003	8.327	.000
tratamientos * días	.028	32	.001	2.557	.000
Error	.031	90	.000		
Total	1.454	135			
Total corregido	.072	134			

a. R al cuadrado = .569 (R al cuadrado ajustada = .358)

ANEXO II. PRUEBA DE TUKEY PARA VALORES DE PORCENTAJE DE ACIDEZ CON RESPECTO A TRATAMIENTOS

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %
HSD Tukey

(I) tratamientos	(J) tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	.0013	.00676	1.000	-.0201	.0228
	T3	-.0040	.00676	1.000	-.0255	.0175
	T4	.0054	.00676	.997	-.0161	.0268
	T5	-.0004	.00676	1.000	-.0219	.0210
	T6	-.0027	.00676	1.000	-.0242	.0188
	T7	.0058	.00676	.994	-.0157	.0273
	T8	.0000	.00676	1.000	-.0215	.0215
	T9	.0009	.00676	1.000	-.0206	.0224
T2	T1	-.0013	.00676	1.000	-.0228	.0201
	T3	-.0054	.00676	.997	-.0268	.0161
	T4	.0040	.00676	1.000	-.0175	.0255
	T5	-.0018	.00676	1.000	-.0233	.0197
	T6	-.0040	.00676	1.000	-.0255	.0175
	T7	.0045	.00676	.999	-.0170	.0260
	T8	-.0013	.00676	1.000	-.0228	.0201
	T9	-.0004	.00676	1.000	-.0219	.0210
T3	T1	.0040	.00676	1.000	-.0175	.0255
	T2	.0054	.00676	.997	-.0161	.0268
	T4	.0094	.00676	.899	-.0121	.0309
	T5	.0036	.00676	1.000	-.0179	.0251
	T6	.0013	.00676	1.000	-.0201	.0228
	T7	.0098	.00676	.873	-.0117	.0313
	T8	.0040	.00676	1.000	-.0175	.0255
	T9	.0049	.00676	.998	-.0166	.0264
T4	T1	-.0054	.00676	.997	-.0268	.0161
	T2	-.0040	.00676	1.000	-.0255	.0175
	T3	-.0094	.00676	.899	-.0309	.0121
	T5	-.0058	.00676	.994	-.0273	.0157
	T6	-.0080	.00676	.957	-.0295	.0134
	T7	.0004	.00676	1.000	-.0210	.0219
	T8	-.0054	.00676	.997	-.0268	.0161
	T9	-.0045	.00676	.999	-.0260	.0170
T5	T1	.0004	.00676	1.000	-.0210	.0219
	T2	.0018	.00676	1.000	-.0197	.0233
	T3	-.0036	.00676	1.000	-.0251	.0179
	T4	.0058	.00676	.994	-.0157	.0273
	T6	-.0022	.00676	1.000	-.0237	.0192

	T7	.0063	.00676	.991	-.0152	.0277
	T8	.0004	.00676	1.000	-.0210	.0219
	T9	.0013	.00676	1.000	-.0201	.0228
T6	T1	.0027	.00676	1.000	-.0188	.0242
	T2	.0040	.00676	1.000	-.0175	.0255
	T3	-.0013	.00676	1.000	-.0228	.0201
	T4	.0080	.00676	.957	-.0134	.0295
	T5	.0022	.00676	1.000	-.0192	.0237
	T7	.0085	.00676	.941	-.0130	.0300
	T8	.0027	.00676	1.000	-.0188	.0242
	T9	.0036	.00676	1.000	-.0179	.0251
	T7	T1	-.0058	.00676	.994	-.0273
T2		-.0045	.00676	.999	-.0260	.0170
T3		-.0098	.00676	.873	-.0313	.0117
T4		-.0004	.00676	1.000	-.0219	.0210
T5		-.0063	.00676	.991	-.0277	.0152
T6		-.0085	.00676	.941	-.0300	.0130
T8		-.0058	.00676	.994	-.0273	.0157
T9		-.0049	.00676	.998	-.0264	.0166
T8		T1	.0000	.00676	1.000	-.0215
	T2	.0013	.00676	1.000	-.0201	.0228
	T3	-.0040	.00676	1.000	-.0255	.0175
	T4	.0054	.00676	.997	-.0161	.0268
	T5	-.0004	.00676	1.000	-.0219	.0210
	T6	-.0027	.00676	1.000	-.0242	.0188
	T7	.0058	.00676	.994	-.0157	.0273
	T9	.0009	.00676	1.000	-.0206	.0224
	T9	T1	-.0009	.00676	1.000	-.0224
T2		.0004	.00676	1.000	-.0210	.0219
T3		-.0049	.00676	.998	-.0264	.0166
T4		.0045	.00676	.999	-.0170	.0260
T5		-.0013	.00676	1.000	-.0228	.0201
T6		-.0036	.00676	1.000	-.0251	.0179
T7		.0049	.00676	.998	-.0166	.0264
T8		-.0009	.00676	1.000	-.0224	.0206

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .000.

**ANEXO JJ. SUBCONJUNTOS HOMOGENEOS DE TUKEY PARA
PORECENAJE DE ACIDEZ CON RESPECTO A TRATAMIENTOS**

% ACIDEZ

HSD Tukey^{a,b}

tratamientos	N	Subconjunto
		1
T7	15	.0961
T4	15	.0965
T2	15	.1006
T9	15	.1010
T8	15	.1019
T1	15	.1019
T5	15	.1024
T6	15	.1046
T3	15	.1059
Sig.		.873

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

b. Alfa = 0.05.

ANEXO KK. PRUEBA ESTADISTICA DE TUKEY PARA VALORES DE PORCENTAJE DE ACIDEZ CON RESPECTO AL TIEMPO

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: %

HSD Tukey

(I) tiempo	(J) tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1 DIA	4 DIAS	.0074	.00504	.579	-.0066	.0215
	7 DIAS	-.0022	.00504	.992	-.0163	.0118
	10 DIAS	.0015	.00504	.998	-.0125	.0155
	13 DIAS	-.0199*	.00504	.001	-.0339	-.0058
4 DIAS	1 DIA	-.0074	.00504	.579	-.0215	.0066
	7 DIAS	-.0097	.00504	.313	-.0237	.0043
	10 DIAS	-.0060	.00504	.761	-.0200	.0081
	13 DIAS	-.0273*	.00504	.000	-.0413	-.0133
7 DIAS	1 DIA	.0022	.00504	.992	-.0118	.0163
	4 DIAS	.0097	.00504	.313	-.0043	.0237
	10 DIAS	.0037	.00504	.947	-.0103	.0177
	13 DIAS	-.0176*	.00504	.006	-.0317	-.0036
10 DIAS	1 DIA	-.0015	.00504	.998	-.0155	.0125
	4 DIAS	.0060	.00504	.761	-.0081	.0200
	7 DIAS	-.0037	.00504	.947	-.0177	.0103
	13 DIAS	-.0214*	.00504	.001	-.0354	-.0073
13 DIAS	1 DIA	.0199*	.00504	.001	.0058	.0339
	4 DIAS	.0273*	.00504	.000	.0133	.0413
	7 DIAS	.0176*	.00504	.006	.0036	.0317
	10 DIAS	.0214*	.00504	.001	.0073	.0354

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .000.

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

ANEXO LL. SUBCONJUNTOS HOMOGENEOS DE TUKEY PARA VALORES DE PORCENTAJE DE ACIDEZ CON RESOECTO AL TIEMPO

% ACIDEZ

HSD Tukey^{a,b}

tiempo	N	Subconjunto	
		1	2
4 DIAS	27	.0911	
10 DIAS	27	.0971	
1 DIA	27	.0986	
7 DIAS	27	.1008	
13 DIAS	27		.1184
Sig.		.313	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = .000.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 27.000.

b. Alfa = 0.05.

ANEXO MM. DATOS PROMEDIOS OBTENIDOS DURANTE LOS SEGUIMIENTOS *IN VIVO* DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA.

1. Seguimiento del porcentaje de CO2 producido por los frutos

TRATAMIENTOS	DÍAS/CO2											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13
T1	3.64%	4.26%	4.47%	4.92%	9.99%	9.31%	9.23%	6.73%	7.63%	8.39%	8.39%	9.63%
T2	7.62%	7.82%	8.19%	8.19%	8.31%	9.58%	10.71%	10.47%	10.29%	10.03%	9.71%	9.63%
T3	9.73%	9.89%	10.38%	11.30%	11.30%	12.24%	12.69%	12.52%	14.36%	15.02%	14.70%	15.88%
T4	11.27%	11.69%	12.22%	12.33%	12.33%	13.52%	14.52%	15.09%	14.00%	13.56%	13.31%	13.01%
T5	7.67%	7.92%	8.28%	8.42%	11.09%	12.06%	12.20%	12.73%	13.23%	13.50%	13.29%	14.13%
T6	1.28%	1.62%	1.98%	2.58%	2.58%	5.37%	7.27%	4.61%	5.26%	5.82%	5.10%	6.29%
T7	9.33%	9.58%	9.63%	9.88%	9.88%	10.67%	10.86%	9.39%	9.51%	10.57%	10.32%	10.96%
T8	3.79%	4.01%	4.21%	4.41%	4.41%	4.01%	3.80%	3.61%	4.37%	4.12%	4.14%	5.21%
T9	10.61%	10.57%	10.77%	10.64%	10.64%	11.28%	11.64%	10.03%	12.67%	13.44%	12.57%	15.26%

2. Seguimiento de cambio de color en los frutos de papaya. (TTO=tratamiento)

TTO	DÍAS	L*	a*	b*
T1	1	53.22	1.86	41.43
	2	50.37	-1.71	38.80
	3	60.35	9.19	47.37
	4	52.19	3.15	40.21
	5	51.30	3.73	39.77
	6	62.38	17.91	56.33
	7	62.91	22.54	57.32
	8	56.26	13.31	48.97
	9	60.47	23.18	52.97
	11	61.65	24.06	55.35
	12	58.76	23.66	49.67
	13	61.93	25.31	55.57
		DÍAS	L*	a*
T2	1	39.05	-10.35	32.00
	2	40.59	-9.80	33.10
	3	44.05	-1.70	32.28
	4	43.57	-8.13	32.68
	5	44.00	-7.24	33.36
	6	59.77	3.53	49.06
	7	61.54	12.19	52.01
	8	47.66	-2.18	37.70
	9	58.78	7.89	51.80
	11	60.57	10.82	53.28
	12	58.67	7.73	49.77

	13	57.21	4.89	46.73
T3	DÍAS	L*	a*	b*
	1	44.13	-9.40	31.66
	2	40.69	-9.54	29.58
	3	57.45	-1.37	46.36
	4	44.25	-8.19	34.12
	5	46.40	-6.13	37.97
	6	61.32	1.21	53.89
	7	62.37	5.25	54.31
	8	52.49	1.73	42.67
	9	60.72	10.46	53.74
	11	60.74	11.91	53.30
	12	60.47	26.84	53.41
	13	59.92	16.61	53.59

TTO	DÍAS	L*	a*	b*
T4	1	43.33	-10.38	30.11
	2	42.12	-9.86	33.53
	3	43.93	-1.61	33.53
	4	40.40	-9.25	30.22
	5	43.23	-8.68	34.10
	6	46.56	-8.38	35.31
	7	58.69	1.39	47.85
	8	42.51	-8.30	32.10
	9	52.52	-1.83	42.96
	11	45.18	-6.54	32.65
	12	53.99	-0.39	40.40
	13	56.51	4.33	46.77
	T5	DÍAS	L*	a*
1		45.19	-6.07	34.79
2		47.86	-4.81	39.05
3		54.07	-1.06	45.61
4		48.57	-1.99	36.28
5		53.11	0.73	45.25
6		63.77	13.08	58.65
7		58.80	11.64	52.70
8		49.78	4.21	41.55
9		62.83	16.54	55.13
11		60.57	19.46	53.27
12		60.79	17.85	50.24
13		59.30	17.85	49.04

	DÍAS	L*	a*	b*
T6	1	44.09	-6.53	38.15
	2	46.18	-5.85	40.07
	3	54.03	-5.06	42.68
	4	47.08	-6.59	38.39
	5	49.79	-4.39	42.71
	6	57.99	0.71	52.10
	7	61.77	7.33	55.33
	8	55.05	0.15	48.06
	9	59.95	11.38	52.70
	11	59.37	5.10	55.20
	12	61.60	14.54	53.32
	13	62.60	12.41	54.83

	DÍAS	l*	a*	b*
T7	1	47.28	-7.28	39.38
	2	46.31	-7.62	34.90
	3	57.83	-3.27	48.11
	4	48.96	-3.91	36.85
	5	50.94	-2.50	42.33
	6	60.82	6.77	53.68
	7	57.24	5.80	47.79
	8	57.27	4.23	48.40
	9	61.44	16.44	53.61
	11	63.05	19.91	55.41
	12	61.71	19.03	54.17
	13	63.79	21.27	57.48
	T8	DÍAS	l*	a*
1		41.63	-9.54	30.64
2		38.01	-11.50	30.96
3		49.33	-7.28	37.58
4		46.00	-8.48	35.74
5		47.08	-7.84	37.51
6		62.28	10.14	55.13
7		60.29	5.22	45.88
8		50.59	-4.09	40.74
9		60.16	10.12	52.39
11		57.73	6.78	50.83
12		62.16	12.55	53.61
13		58.72	8.15	50.65
	DÍAS	l*	a*	b*

T9	1	44.40	-8.81	37.35
	2	44.62	-9.80	34.88
	3	53.11	-3.10	46.68
	4	49.35	-4.90	39.71
	5	51.18	-2.42	42.64
	6	65.25	14.71	60.57
	7	62.76	8.40	56.26
	8	55.09	3.71	47.55
	9	62.18	14.65	54.30
	11	64.84	22.53	58.36
	12	61.03	17.80	55.36
	13	60.41	17.78	53.56

3. Seguimiento del porcentaje de ácido málico

TRATAMIENTOS	DIAS/ %Ac málico				
	1	4	7	10	13
T1	0.09	0.11	0.11	0.11	0.09
T2	0.08	0.11	0.12	0.09	0.11
T3	0.10	0.09	0.09	0.12	0.13
T4	0.10	0.08	0.10	0.09	0.12
T5	0.12	0.09	0.09	0.10	0.11
T6	0.09	0.08	0.10	0.08	0.12
T7	0.10	0.08	0.09	0.10	0.11
T8	0.12	0.08	0.09	0.11	0.11
T9	0.09	0.10	0.11	0.08	0.13

4. Seguimiento del contenido de sólidos solubles (°Brix)

TRATAMIENTOS	DIAS/°Brix				
	1	4	7	10	13
T1	9.24	10.17	9.68	11.01	12.01
T2	10.12	10.2	10.39	10.51	11.30
T3	9.64	9.13	10.43	10.80	11.47
T4	10.27	10.49	10.73	11.01	11.39
T5	10.17	10.60	10.21	11.03	11.48
T6	9.49	9.73	10.28	10.82	11.39
T7	8.67	9.64	10.94	10.69	11.36
T8	10.40	10.23	10.68	11.33	11.74
T9	9.45	10.23	10.34	11.13	11.65

5. Seguimiento de pH

TRATAMIENTOS	DIAS/pH				
	1	4	7	10	13
T1	5.17	5.26	5.24	5.59	5.61
T2	5.33	5.53	5.41	5.59	5.58
T3	5.15	5.45	5.26	5.39	5.50
T4	5.35	5.39	5.26	5.70	5.32
T5	5.17	5.43	5.26	5.50	5.40
T6	5.17	5.32	5.53	5.50	5.60
T7	5.33	5.39	5.53	5.46	5.46
T8	5.25	5.44	5.52	5.50	5.40
T9	5.34	5.34	5.49	5.68	5.46

6. Seguimiento de porcentaje de pérdida de peso.

TTOS	DIAS	% P/PESO
1	1	0
	2	0.7
	3	2.2
	4	3.2
	5	3.9
	6	4.4
	7	5.4
	8	8.2
	9	8.4
	11	9.7
	12	11.3
	13	13.0
	2	1
2		0.7
3		2.0
4		2.7
5		3.2
6		3.6
7		4.3
8		4.9
9		6.3
11		7.1
12		8.0
13		9.0
3		1
	2	1.4
	3	1.6
	4	2.3
	5	2.7
	6	3.1
	7	3.8
	8	4.4
	9	5.9
	11	6.8

	12	7.7
	13	8.7
4	1	0.0
	2	0.8
	3	2.1
	4	2.9
	5	3.3
	6	3.8
	7	4.4
	8	5.0
	9	6.4
	11	7.4
	12	8.3
	13	9.2
	5	1
2		0.6
3		2.1
4		2.7
5		3.5
6		4.0
7		5.0
8		5.8
9		7.6
11		8.9
12		10.1
13		11.5
6		1
	2	0.8
	3	2.1
	4	2.9
	5	3.5
	6	3.9
	7	4.5
	8	5.1
	9	6.3

	11	7.1
	12	8.1
	13	8.7
7	1	0
	2	0.7
	3	1.9
	4	2.7
	5	3.3
	6	3.6
	7	4.4
	8	5.1
	9	6.7
	11	7.7
	12	8.6
	13	9.8
	8	1
2		0.7
3		2.0
4		2.7
5		3.2

	6	3.6
	7	4.2
	8	4.7
	9	5.9
	11	7.3
	12	7.3
	13	8.1
9	1	0
	2	0.7
	3	1.9
	4	2.6
	5	3.1
	6	3.5
	7	4.2
	8	4.8
	9	6.2
	11	7.0
	12	8.0
	13	9.1