

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL BANANO CAVENDISH- (*Musa cavendish*) FRESCO TROCEADO CON APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE**



**ESTEFANÍA ASCENCIO MEDINA  
MARÍA CAMILA VIVAS GUZMÁN**

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

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL BANANO CAVENDISH (*Musa cavendish*) FRESCO TROCEADO CON APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE**

**ESTEFANÍA ASCENCIO MEDINA  
MARÍA CAMILA VIVAS GUZMÁN**

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

**Director  
M. Sc. SILVIO ANDRÉS MOSQUERA SÁNCHEZ**

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

## **Nota de aceptación**

El Director y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

---

**M. Sc. SILVIO ANDRÉS MOSQUERA S.**  
**Director**

---

**Ph. D. JOSÉ FERNANDO SOLANILLA**  
**Presidente del Jurado**

---

**Ph. D. DIEGO FERNANDO ROA**  
**Jurado**

Popayán, 8 de noviembre de 2017

## DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad de estudiar y formarme como profesional, por ser mi compañía, mi fortaleza en los momentos difíciles y por permitirme estar bien de salud para culminar esta meta en mi vida.

A mi padre Carlos Eduardo Vivas y a mi madre María del Carmen Guzmán, por todo el apoyo y el amor incondicional que me brindan día a día, son mi más grande orgullo y motivación para salir adelante y ser una gran profesional. Los amo infinitamente, solo tengo agradecimientos y bendiciones para ustedes.

A mi hermano Juan Felipe Vivas, quien es mi más grande inspiración para lograr grandes cosas en la vida. Te amo mi mono hermoso.

A mi compañera de trabajo y gran amiga, quien compartió conmigo una de las etapas más importantes de mi vida. Gracias por tan linda amistad que a pesar de las dificultades siempre encontramos la mejor solución para que prevalezca.

A mis profesores por su entrega, paciencia y enseñanza durante toda la carrera.

A mis amigos de la Universidad, gracias por tanto apoyo, por la amistad tan linda que se forjó a lo largo de estos años, gracias y mil gracias por llegar a mi vida y compartir tantas experiencias inolvidables.

MARÍA CAMILA VIVAS GUZMÁN

A mi abuela por ser un ser tan sabio, que me ha guiado en todo momento, con sus consejos que me han orientado en este hermoso camino, por enseñarme a ser paciente y nunca dejar de perseverar; porque gracias a ella, hoy soy profesional. A mi madre por brindarme tanto amor y acompañarme en cada momento, dándome fortaleza para nunca abandonar mis sueños. A mis amigos por toda su amistad momentos y enseñanzas compartidos, a mi compañera de trabajo de grado Camila Vivas, porque juntas vivimos esta etapa llena de altibajos, emociones y alegrías, conservando siempre nuestra amistad, a mis profesores por brindarme su tiempo y su conocimiento a través de su experiencia. Pero ante todo doy gracias a la vida por permitirme culminar este camino lleno aprendizaje.

ESTEFANÍA ASCENCIO MEDINA

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro director Silvio Andrés Mosquera Sánchez, por todos sus conocimientos brindados, por su gran amistad y apoyo incondicional, en este camino de aprendizaje.

A los profesores Diego Roa Acosta y José Fernando Solanilla, por su apoyo, colaboración y guía en el transcurso del trabajo de investigación.

Al biólogo Iván Ramírez y al Químico Edier Gaviria Acosta, por su colaboración y apoyo durante toda la investigación.

Al señor Wilson Orozco por su paciencia, colaboración y disponibilidad en todo momento.

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

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. MARCO TEÓRICO	20
1.1 BANANO	20
1.1.1 Sector bananero en cifras	20
1.1.2 Taxonomía	21
1.1.3 Composición nutricional	22
1.1.4 Enfermedades	22
1.1.4.1 Sigatoka negra	22
1.1.4.2 Marchitez vascular	23
1.1.4.3 Virus del rayado del banano (BSV)	23
1.1.4.4 Marchitamiento por <i>Fusarium oxysporum f. sp. Cubense</i>	24
1.1.5 Poscosecha del banano	24
1.2 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES	25
1.3 PROTEÍNA DE SOYA	26
1.4 PROPÓLEO	27
1.5 ANTIOXIDANTES	28
1.5.1 Ácido cítrico	28
1.5.2 Ácido ascórbico	28
1.6 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA	29
1.6.1 Aplicaciones analíticas de las enzimas	30
1.6.2 Actividad enzimática por espectrofotometría	30
1.7 PRODUCTOS FRESCOS TROCEADOS (FRESH CUT)	31

	pág.
2. METODOLOGÍA	32
2.1 LOCALIZACIÓN	32
2.2 MATERIALES	32
2.2.1 Materia prima	32
2.2.2 Insumos	32
2.3 EQUIPOS	32
2.3.1 Equipos usados en las pruebas preliminares	33
2.3.2 Equipos usados en la elaboración del recubrimiento	36
2.3.3 Equipos usados en la medición de variables	36
2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	38
2.4 MÉTODOS	39
2.4.1 Ensayos preliminares	39
2.4.1.1 Limpieza y desinfección	39
2.4.1.2 Selección y clasificación	39
2.4.1.3 Definición del estado de madurez	40
2.4.1.4 Corte	40
2.4.1.5 Aislamiento de hongos fitopatógenos del banano	40
2.4.1.6 Análisis microbiológico	40
2.4.1.7 Identificación macroscópica y microscópica de los hongos	40
2.4.1.8 Determinación del efecto fungicida del propóleo sobre los hongos <i>Fusarium</i> spp, <i>Penicillium</i> spp y <i>Aspergillus</i> spp presentes en el banano	41
2.4.2 Preparación del recubrimiento a base proteína aislada de soya	41
2.4.3 Aplicación del recubrimiento	41
2.4.4 Medición de variables	41

	pág.
2.4.4.1 Medición de pH	41
2.4.4.2 Medición grados Brix	42
2.4.4.3 Medición de color	42
2.4.4.4 Medición de firmeza	42
2.4.4.5 Acidez titulable	42
2.4.4.6 Pérdida de peso	42
2.4.4.7 Tasa de respiración	42
2.4.4.8 Medición de la actividad enzimática	42
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1 ELECCIÓN DEL ESTADO DE MADURACIÓN Y ESPESOR DE LAS RODAJAS DE BANANO	43
3.2 IDENTIFICACIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA DE LOS HONGOS PRESENTES EN EL BANANO FRESCO TROCEADO	44
3.1.1 <i>Fusarium spp</i>	44
3.1.2 <i>Aspergillus spp</i>	45
3.1.3 <i>Penicillium spp</i>	46
3.3 EFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE PROPÓLEO SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL DE LOS HONGOS <i>Fusarium spp.</i> , <i>Penicillium spp.</i> Y <i>Aspergillus spp</i> IN VITRO	46
3.4 CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO Y ÁCIDO ASCÓRBICO A APLICAR EN EL RECUBRIMIENTO	49
3.5 ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO	51
3.6 MEDICIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA	51
3.6.1 Pérdida de peso	52
3.6.2 Tasa de respiración	54
3.6.2.1 Porcentaje de CO <sub>2</sub> y O <sub>2</sub>	54



	pág.
3.6.3 Firmeza	55
3.6.4 Sólidos solubles totales	56
3.6.5 pH y acidez titulable	58
3.6.6 Color	60
3.6.6.1 Variación de la coloración total del fruto (DE)	60
3.6.7 Actividad enzimática	62
4. CONCLUSIONES	65
5. RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	78

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Contenido de Nutrientes en 100 g de porción comestible de banano	22
Cuadro 2. Formulación de recubrimientos	39
Cuadro 3. Diseño factorial $3^2$	49
Cuadro 4. Optimización de la luminosidad	51

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Participación de las exportaciones nacionales en 2015	20
Figura 2. Exportaciones nacionales de banano en 2015	21
Figura 3. Enfermedad Sigatoka negra	23
Figura 4. Virus del rayado del banano (BSV)	24
Figura 5. Enfermedad Marchitamiento por <i>Fusarium oxysporum f. sp. Cubense</i>	24
Figura 6. Reacción de la Polifenoloxidasas	29
Figura 7. Curva cinética enzimática	30
Figura 8. Tabla de color del banano	32
Figura 9. pH-metro	33
Figura 10. Refractómetro	33
Figura 11. Autoclave	33
Figura 12. Campana de flujo laminar	34
Figura 13. Balanza analítica	34
Figura 14. Vórtex	34
Figura 15. Plancha de agitación	35
Figura 16. Colorímetro	35
Figura 17. Microscopio Óptico de Alta Resolución	36
Figura 18. HL2	36
Figura 19. Máquina universal de ensayos	37
Figura 20. Oxy baby witt	37
Figura 21. Espectrofotómetro	38
Figura 22. Centrifuga	38

	pág.
Figura 23. Clasificación de bananos	39
Figura 24. Crecimiento de hongos en las rodajas de banano	40
Figura 25. Bananos M1 (estado de madurez 5). Corte: a) 1 cm; b) 0,5 cm; c) 0,3 cm	43
Figura 26. Bananos M2 (estado de madurez 4). Corte: a) 1 cm; b) 0,5 cm; c) 0,3 cm	44
Figura 27. Características del hongo <i>Fusarium spp</i> cepa 1. a) Macroscópicas; b) Microscópicas (100X); c) Imagen en el estereoscopio (3D)	44
Figura 28. Características del hongo <i>Fusarium spp</i> cepa 2. a) Macroscópicas; b) Microscópicas (100X); c) Imagen en el estereoscopio (3D)	45
Figura 29. Características del hongo <i>Aspergillus spp</i> . a) Macroscópicas ; b) Microscópicas (40X); c) Imagen en el estereoscopio (3D)	45
Figura 30. Características del hongo <i>Penicillium spp</i> . a) Macroscópicas; b) Microscópicas (40X); c) Imagen en el estereoscopio (3D)	46
Figura 31. Porcentaje de inhibición del <i>Fusarium spp</i> . (Cepa 1) a diferentes concentraciones vs tiempo de seguimiento; b) Porcentaje de inhibición del <i>Fusarium spp</i> . (Cepa 2) a diferentes concentraciones vs tiempo de seguimiento	47
Figura 32. Interacción para inhibición del hongo <i>Aspergillus spp</i> a diferentes concentraciones de propóleo (7000ppm, 8000ppm, 9000ppm, 10000ppm) vs tiempo de seguimiento	48
Figura 33. Interacción para inhibición del hongo <i>Penicillium spp</i> a diferentes concentraciones de propóleo (7000ppm, 8000ppm, 9000ppm, 10000ppm) vs tiempo de seguimiento	48
Figura 34. Efecto estandarizado de ácido cítrico y ácido ascórbico	50
Figura 35. Superficie de respuesta estimada para la luminosidad	51
Figura 36. Banano sin recubrimiento T1, día 0	52
Figura 37. Banano con los tratamientos T2, T3, T4, T5, día 0	52
Figura 38. Pérdida de peso vs Tiempo de seguimiento	53
Figura 39. Tasa de respiración	54
Figura 40. Pérdida de firmeza vs tiempo de evaluación	56

	pág.
Figura 41. a) Comportamiento de los grados (°Brix) vs Tratamientos. b) Comportamiento de los grados (°Brix) vs Tiempo de seguimiento	57
Figura 42. a) Comportamiento del porcentaje de acidez titulable vs tiempo de seguimiento; b) Comportamiento del pH vs Tiempo de seguimiento	59
Figura 43. Cambios en el DE con respecto al tiempo	60
Figura 44. Cambios de la coordenada b* en los tratamientos con respecto al tiempo	61
Figura 45. Cambios de la coordenada L* en los tratamientos con respecto al tiempo	62
Figura 46. Cinética enzimática de la PPO: a) Día 0; b) Día 4; c) Día 6	64

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Datos promedio de las tres réplicas realizadas	78
Anexo B. Análisis estadístico para la optimización de los ácidos cítrico y ascórbico	82
Anexo C. Análisis estadístico hasta el día 7 de todos los tratamientos	83
Anexo D. Registro fotográfico de los tratamientos en el tiempo de seguimiento	102

## GLOSARIO

**COMPUESTOS ANTIFÚNGICOS:** sustancias que proporcionan una barrera química, que eliminan o inhiben el crecimiento y desarrollo de agentes fúngicos (Velásquez, 2006).

**ENZIMA POLIFENOLOXIDASA:** cobreproteína que actúa en los compuestos fenólicos, causando su oxidación y polimerización con el consecuente desarrollo de un color café (García *et al.*, 2006).

**PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO:** reacción que se produce a causa de la enzima polifenoloxidasas, Este deterioro tiene un gran impacto visual que disminuye la calidad comercial, la aceptación organoléptica y el valor nutricional (Artes y Gil, 1998).

**PROPÓLEO:** se encuentra entre los productos que se pueden obtener de las abejas; contiene una mezcla de bálsamos, aceites etéreos, polen, vitaminas y proteínas que le confieren una variedad de propiedades biológicas de gran interés (Tolosa y Cañizares, 2002).

**PROTEÍNAS:** forman recubrimientos con barreras más débiles al vapor de agua que los polisacáridos, por su naturaleza hidrofílica, pero desarrollan muy buenas propiedades de barrera al oxígeno, lo que ayuda a controlar el intercambio de gases entre el fruto y el medio ambiente (Vásquez y Guerrero, 2013).

**RECUBRIMIENTO:** capa delgada formada por materiales comestibles, depositada sobre la superficie del alimento con el propósito de extender su vida útil y proporcionarle una efectiva barrera contra los riesgos que generan las condiciones ambientales existentes (Restrepo y Aristizabal, 2010).

## RESUMEN

El banano de variedad *Musa cavendish* es un fruto climatérico, contiene enzimas que son activadas al momento de la cosecha; durante la maduración se producen cambios en la actividad enzimática alterando estructuras subcelulares, sin olvidar que es muy susceptible al ataque de microorganismos patógenos. Por este motivo se evaluó la respuesta fisiológica del banano fresco troceado, aplicándole un recubrimiento comestible a base de proteína aislada de soya (2%), extracto etanólico de propóleo (9000 ppm) y la combinación de ácido ascórbico (3%) y ácido cítrico (0,75%); siendo T1: Muestra testigo; T2: Muestra con recubrimiento. T3: Muestra con recubrimiento más propóleo; T4: Muestra con recubrimiento más antioxidante; T5: Muestra con recubrimiento más antioxidante más propóleo. Se tomaron en cuenta las variables pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles, actividad de la polifenoloxidasas, respiración (%CO<sub>2</sub>), pH, acidez titulable y crecimiento de hongos *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium* spp. durante siete días. Se observaron resultados positivos en la tasa de respiración, el O<sub>2</sub> fue disminuyendo a medida que el porcentaje de CO<sub>2</sub> aumentó, logrando una barrera contra gases en los tratamientos con recubrimiento; la luminosidad se incrementó para los tratamientos que tenían ácido cítrico y ascórbico, disminuyendo pardeamiento, el T3, T4 y T5 a lo largo del seguimiento arrojaron menor valor de absorbancia, inhibiendo la actividad de PPO respecto al T1; el porcentaje de acidez arrojó una respuesta positiva; los tratamientos con recubrimiento aumentaron porcentaje de ácidos orgánicos, a diferencia del tratamiento testigo, determinando que el ácido málico posiblemente emergió al ambiente.

**Palabras claves:** Pardeamiento enzimático, Polifenoloxidasas, Crecimiento fúngico, Recubrimiento, Frutos climatéricos.



## ABSTRACT

The banana variety Musa Cavendish is a climacteric fruit, contains enzymes that are activated at the time of the crop; during maturation, changes occur in the enzyme activity by altering subcellular structures, without forgetting that it is very susceptible to attack by pathogenic microorganisms. For this reason, we evaluated the physiological response of chopped fresh bananas, applying an edible coating based on soy protein isolate (2%), ethanolic extract of propolis (9000ppm) and the combination of ascorbic acid (3%) and citric acid (0.75%); T1: Sample; T2: Displays with coating. T3: shows with a coating that is more propolis; T4: Shows with more antioxidant; T5: Shows with more antioxidant more propolis. It took into account the variables (loss of weight, color, firmness, soluble solids, activity of the polyphenoloxidase, breathing (%CO<sub>2</sub>), pH, acidity and growth of the fungus Fusarium, Aspergillus and Penicillium spp.) for seven days. showing positive results in variables such as rate of respiration, the O<sub>2</sub> decreased as the percentage of CO<sub>2</sub> was increasing, making a barrier against gas in the treatments with coating, the luminosity increase for treatments that have citric acid and ascorbic acid, reducing browning, the T3, T4 and T5 during the follow-up showed lower absorbance value by inhibiting the activity of PPO with regard to the T1, the percentage of acidity showed a positive response, the treatments with coating increased percentage of organic acids Unlike the control treatment by determining that malic acid is possibly emerged to the environment.

**Keywords:** Enzymatic browning, Polyphenoloxidase, Fungal growth, Coating, Cluster fruits.

## INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa spp.*) es uno de los principales cultivos de frutas en todo el mundo, con una producción anual de 144 millones de toneladas; su producción representa una importante contribución a las economías de países de Asia, África, América Latina e Islas del Pacífico. Es un alimento básico para millones de personas que viven en el trópico (Christelova *et al.*, 2017).

Su cultivo en Colombia tiene importancia socioeconómica por ser fundamental en la canasta familiar, a la vez que es una fuente de divisas para el país. En su cultivo y cosecha se debe tener un adecuado manejo, ya que al ser climatérico, su rápida maduración juega un papel fundamental en la obtención de un producto de calidad; es así como este factor natural se convierte en un problema para los comercializadores, debido a que genera pérdidas poscosecha que afectan la economía del sector. Por lo anterior, es necesario conocer los procesos fisiológicos de la maduración para el mejoramiento de la calidad y la prevención de estas pérdidas durante su producción, almacenamiento, industrialización y mercadeo (Buitrago y Escobar, 2009).

El año 2016 fue positivo para el sector bananero colombiano. Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), el país exportó 1.830.388 ton de Banano Cavendish, que equivalen a 100,9 millones de cajas de 18,14 kg, cifra que si bien supera el volumen exportado de los últimos cuatro años, ubica a Colombia por debajo de países tales como Ecuador, Costa Rica y Guatemala, que exportaron 316,4, 120,0 y 116,7 millones de cajas de 18,14 kg respectivamente. De acuerdo con los registros del DANE, al país ingresaron USD 848,7 millones en divisas, producto de la venta del banano de exportación en el 2016 (13,4% más que en 2015), a US\$/FOB de 463,67 por tonelada, 10,49 US\$/FOB menos que el precio percibido por tonelada en el 2015 (USD 8,41 en 2016 y USD 8,6 en 2015 por caja de 18,14 kg). Este valor alcanzado en las ventas externas del sector, lo mantiene en el tercer lugar del escalafón de productos agrícolas exportables del país, segmento liderado por el café con USD 2.379,2 millones, a pesar de la disminución en el valor exportado.

Los productos mínimamente procesados o alimentos de Cuarta Gama, corresponden fundamentalmente a productos frescos “vivos”, es decir que aún continúan con sus procesos metabólicos, circunstancias que propician deterioro por los cambios bioquímicos y fisiológicos asociados a factores como la pérdida de agua, el incremento en la respiración, pardeamiento y deterioro microbiológico, limitando su mercadeo en tiempos cortos (Pinto, 2010).

Actualmente, no existe oferta de banano mínimamente procesado, con un tiempo de vida útil aceptable para su consumo o uso, debido al fenómeno de pardeamiento enzimático que sufre la pulpa al retirar su cáscara, por la actividad de la enzima polifenoloxidasas (PPO), en presencia de compuestos polifenólicos y oxígeno (Williams *et al.*, 2003, citado por Pinto, 2010).

Por lo anterior, hoy se requiere alcanzar un elevado nivel de desarrollo conducente a la aplicación de técnicas y métodos que permitan mantener las condiciones de calidad en productos hortofrutícolas, como es el caso de la utilización de recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros naturales que minimizan el efecto progresivo de la maduración, y de los productos en fresco cortados, que en combinación con éstos, permiten una mayor conservación.

Las tendencias actuales en la industria alimentaria incluyen los “commodities” o productos de conveniencia, son destinados a consumidores muy exigentes que requieren respuestas a necesidades específicas de tiempo y calidad en productos listos para consumo; respondiendo a esta necesidad, la introducción al mercado de alimentos de consumo rápido como productos en fresco troceados, aportan una forma atractiva de presentación, apariencia y sabor agradable al consumidor. Por esta razón, el principal objetivo de este estudio es evaluar la respuesta fisiológica del banano *Cavendish* (*Musa cavendish*) fresco cortado, con adición de un recubrimiento comestible, Identificando el efecto fisiológico de la aplicación del recubrimiento sobre las características de calidad del banano fresco troceado.

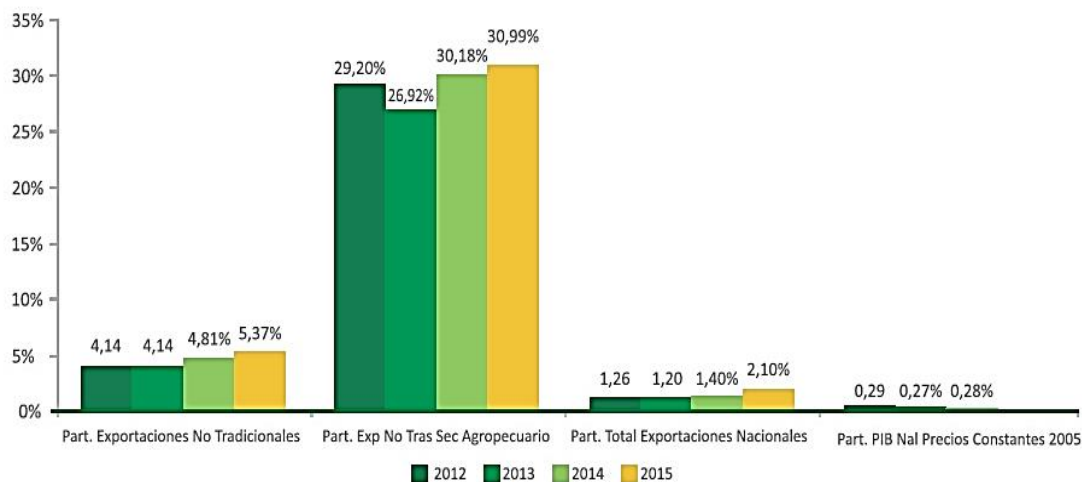
# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 BANANO

El banano y el plátano ocupan el cuarto lugar de importancia a nivel mundial, después del arroz, el cereal y el maíz; en las regiones tropicales más pobres de África, Latino América y Asia, son las principales fuentes de subsistencia, seguras y nutritivas para más de 400 de los 700 millones de personas que hoy sufren de desnutrición (Pinto, 2010).

**1.1.1 Sector bananero en cifras.** En el contexto general de la agricultura nacional, el banano continúa ocupando el tercer lugar dentro del listado de productos agrícolas de mayor exportación liderado por el café, cuyo aporte se acerca a los USD 2.526,4 millones, seguido de flores con USD 1.308,6 millones. En el 2015 las exportaciones del sector bananero representaron el 2,10% de las exportaciones nacionales (mayor que el 1,4 % del año anterior), el 5,37 % de las exportaciones no tradicionales (frente al 4,81 % del 2014) y el 30,99 % de las exportaciones no tradicionales del sector agropecuario (frente a un 30,18% del año pasado), lo cual evidencia una mejoría en los indicadores de participación de las exportaciones de banano sobre el total de ventas externas del país (Figura 1) (DANE, 2016, citado por ASBAMA, 2016).

Figura 1. Participación de las exportaciones nacionales en 2015



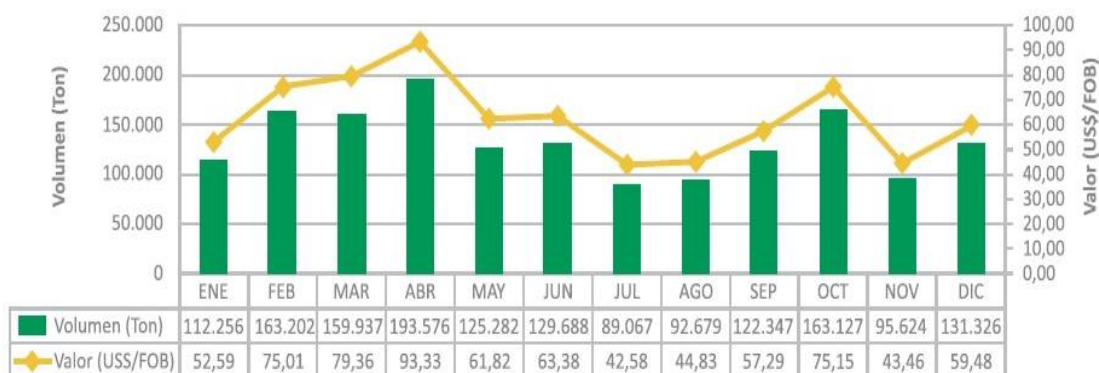
Fuente. DANE, año.

Colombia exportó 1.578.112 ton de Banano Cavendish a 31 de diciembre de 2015, que equivalen a 86,99 millones de cajas de 18,14 kg aproximadamente, cifra que la ubica por debajo de competidores importantes en América Latina como Ecuador y Guatemala, cuyas exportaciones para el año 2015 alcanzaron 317,4 y 124,9 millones de cajas de 18,14 kg respectivamente, ingresando al país USD 748,3 millones en divisas producto de las exportaciones con un precio implícito US\$/FOB de 474,16 por tonelada, US\$/FOB

14,34 más por tonelada sobre los ingresos percibidos en 2014 (DANE, 2016, citado por ASBAMA, 2016).

Al analizar el comportamiento mensual de las exportaciones, febrero y abril se destacan como los meses de mayor dinamismo (163.202 y 193.576 ton respectivamente), sin embargo, marzo y abril registran los valores FOB más altos, con USD 75,01 y USD 93,33 millones en ingresos generados respectivamente (Figura 2) (DANE, 2016, citado por ASBAMA, 2016.).

Figura 2. Exportaciones nacionales de banano en 2015



Fuente. DANE, 2016, citado por ASBAMA, 2016.

En lo que respecta al destino de las exportaciones (DANE, 2016, citado por ASBAMA, 2016), en 2015 Estados Unidos pasó del primer lugar con 22,8 millones de cajas a ocupar el tercer puesto con 15,45 millones de cajas. El principal destino es Bélgica con el 29,39% (25,56 millones de cajas), seguido del Reino Unido con el 17,96 % (15,62 millones de cajas), destacándose la diversificación de los destinos de exportación por el crecimiento de los Países Bajos con el 3,41% en 2014 (3,12 millones de cajas) al 5,14% en el 2015 (4,47 millones de cajas). La agrupación de los países de menor volumen de exportación que incluye a Dinamarca, España, Italia y Japón, entre otros, pasó del 2,62% del año 2014 (2,41 millones de cajas) al 3,43% del 2015 (2,98 millones de cajas).

Es importante destacar que el sector bananero genera 158.593 empleos a nivel nacional (39.529 directos y 119.064 indirectos), de los cuales el 28,6% (45.393) se ubica en la región Caribe, una contribución estimada del 7,57% en el Magdalena y el 1,77% en La Guajira (ASBAMA, 2016).

**1.1.2 Taxonomía.** De acuerdo con Pinto (2010), el banano se clasifica de la siguiente manera: Orden Scitamineae, Familia Musaceae, género Musa, especie Musa cavendish (INIBAP, 2001). El banano es una falsa baya de forma falcada o elongada, que crece en racimos de hasta 100 unidades y 50 kg de peso; de color amarillo cuando está maduro siendo dulce y carnoso en esta etapa.

**1.1.3 Composición nutricional.** El banano es rico en carbohidratos, potasio, magnesio, vitaminas A, C y complejo B; es más rico en calorías que la mayoría de las frutas, por su gran contenido de fécula. De los 125 g que pesa en promedio, el 25% es materia seca que aporta alrededor de 120 calorías, pero tiene bajos niveles de sodio y es pobre en proteínas y lípidos (Ovalle y Rueda, 1999, citado por Pinto, 2010) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido de Nutrientes en 100 g de porción comestible de banano

Componente	%
Desperdicio %	33,00
Energía (kcal)	92,00
Proteína (g)	1,00
Grasa (g)	0,50
Calcio (g)	6,00
Hierro (g)	0,30
Vitamina (g)	20,00
Tiamina (g)	0,05
Riboflavina (mg)	0,10
Niacina (mg)	0,50
Fosfato (µg)	19,00
Vitamina C (mg)	9,00

Fuente. FAO, s.f.

**1.1.4 Enfermedades.** Las enfermedades que afectan al plátano y al banano representan problemas significativos en todo el mundo, dado que deterioran todas las partes de la planta y son causadas por hongos, bacterias y virus.

Entre las enfermedades causadas por hongos se encuentran la Sigatoka negra causada por *Mycosphaerella fijiensis* y el marchitamiento por *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense* (FOC raza 1 y recientemente FOC raza 4). En el segundo grupo, las más importantes son marchitez vascular por *Ralstonia solanacearum* raza 2, pudrición del pseudotallo por *Dickeya (Erwinia) chrysanthemi* y marchitamiento bacteriano por *Xanthomonas campestris pv. musacearum*. Por último, el virus del rayado del banano (BSV) y el mosaico del banano (causado por el virus del mosaico del pepino, CMV) se encuentran distribuidos en la mayoría de las áreas donde se cultivan (Ploetz, 2004, citado por Alvarez *et al.*, 2013).

**1.1.4.1 Sigatoka negra.** Causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, es considerada como una de las enfermedades más limitante de la producción a nivel mundial; se maneja con fungicidas, ocasionando contaminaciones ambientales e incremento de los costos de producción; como estrategia no contaminante, algunos investigadores recomiendan cultivar en condiciones de sombrío (Barrera, Barraza y Campo, 2016). Es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, y se caracteriza por la alta producción de ascosporas y conidias asexuales de su anamorfo *Paracercospora fijiensis*, produciendo un alto número de ciclos sexuales y asexuales por año y colonización rápida de los tejidos foliares de cultivos de plátano y de banano, con necrosis parcial o total, reducción de la fotosíntesis, madurez prematura de los frutos y disminución hasta de un 50% del

rendimiento, dependiendo de la severidad del ataque (Rodríguez y Cayón, 2008; De Bellaire *et al.*, 2010, citado por Barrera, Barraza y Campo, 2016).

Figura 3. Enfermedad Sigatoka negra



Fuente. Alvares *et al.*, 2013.

**1.1.4.2 Marchitez vascular.** Es la principal enfermedad de origen bacteriano del plátano y el banano. Es un fitopatógeno importante que afecta diferentes cultivos en un área geográfica amplia. Primero causa en las plantas afectadas una marchitez de origen vascular y, finalmente, la muerte. La bacteria se mueve dentro de los haces vasculares de la planta, bloqueando en ellos el paso del agua y la conducción de nutrientes y de fotoasimilados (Gómez *et al.*, 2005, citado por Alvares *et al.*, al, 2013). Esta acción genera en la planta síntomas de clorosis y marchitamiento de las hojas, que se doblan, se pudren y se caen. Los hijos o puyones de las plantas afectadas pueden presentar los mismos síntomas o pueden permanecer asintomáticos, razón por la cual el fitopatógeno se ha dispersado en el material de siembra (Alvares *et al.*, 2013).

**1.1.4.3 Virus del rayado del banano (BSV).** Las plantas afectadas presentan inicialmente un rayado clorótico continuo o interrumpido en las hojas, perpendicular a la nervadura central, que se convierte posteriormente en necrótico. Los racimos se emiten lateralmente a través del pseudotallo debido a la oclusión de la salida de la flor; hay reducción en el peso, retraso en su aparición y en la cosecha (Tepetlan *et al.*, 2016).

En los últimos 15 años, numerosos brotes espontáneos de BSV se han producido en todas las zonas productoras de plátano del mundo. La enfermedad puede surgir de manera espontánea de un día para otro en plantas que no muestran síntomas, con mayor tendencia en variedades e híbridos interespecíficos; el origen de estos brotes se relaciona con la presencia de secuencias virales endógenas (Gayral *et al.*, 2008, citado por Tepetlan *et al.*, 2016), que pueden ser activadas y causar una infección episomal bajo ciertas condiciones de estrés. Existen badnavirus endógenos en los antecedentes genéticos de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (principales progenitores de los plátanos cultivados) y sus híbridos. Sin embargo los BSV (secuencias virales endógenas del virus del rayado del plátano) sólo ocurren en algunas adhesiones del género *Musa* que contienen el genoma B (James *et al.*, 2011, citado por Tepetlan *et al.*, 2016).

Figura 4. Virus del rayado del banano (BSV)



Fuente. Reichel, Cuervo y Morales, 2008.

**1.1.4.4 Marchitamiento por *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense*.** Es considerada una de las enfermedades fungosas de marchitez vascular más destructivas registradas en la historia bananera. Los síntomas externos inician con el amarillamiento y marchitez de las hojas adultas, progresando a las más jóvenes y causando la muerte total, además de presentar una rajadura en el pseudotallo a nivel del suelo. A nivel interno de la planta, la infección avanza mostrando una decoloración del cormo y necrosis en los vasos xilemáticos del pseudotallo; produce en el suelo clamidosporas capaces de sobrevivir más de 20 años en ausencia de su hospedero (Caballero *et al.*, 2013).

Figura 5. Enfermedad Marchitamiento por *Fusarium oxysporum f. sp. Cubense*



Fuente. Dita, 2014.

**1.1.5 Poscosecha del banano.** La poscosecha del banano consiste en el alistamiento de la fruta, en la que se deben aplicar buenas prácticas de manejo, higiene y aislamiento, con miras a manejar un producto con alta calidad e inocuidad. El alistamiento comienza con una inspección detallada de la fruta en la empacadora, observándose el calibre, longitud, presencia de daños por mala manipulación en campo y verificación de la edad



del racimo. Posteriormente se procede a dividir las manos de acuerdo con las especificaciones del mercado y se hace un pesaje de la fruta según el tipo de caja. Cabe resaltar que todas estas labores se realizan previo lavado en tanques con buenas condiciones higiénicas y con una solución de agua, alumbre y algún floculante para impedir la adherencia del látex en la fruta (Moreno *et al.*, 2009, citado por Jaramillo, 2016).

La fruta preparada se trata con una solución de fungicida (la más usada es el thiabendazol) que actúa como cicatrizante en la zona de la corona y previene el desarrollo de hongos durante el transporte y almacenamiento; esta se debe renovar con frecuencia para evitar la acumulación de suciedad, lo que puede poner en peligro la inocuidad del (Moreno *et al.*, 2009, citado por Jaramillo, 2016).

El empaque, sin duda alguna, es una de las labores que determina la buena calidad de la fruta y su aceptación según el tipo de mercado de destino. Los materiales empleados deben ser de la calidad y con las especificaciones técnicas requeridas para evitar al máximo riesgos de contaminación y proliferación de microorganismos; la porosidad de la bolsa debe ser adecuada para evitar el desarrollo y crecimiento de microorganismos patógenos (Moreno, Blanco y Mendoza, 2009). El empaque o embalaje del banano se realiza para el fácil apilamiento y seguridad durante las operaciones de transporte y manejo, debe estar en perfecto estado y su almacenamiento debe cumplir con las exigencias de las autoridades que regulan estas disposiciones. Según Moreno *et al.* (2009), en la distribución de los productos debe realizarse capacitación para evitar el posible maltrato al momento de empacar la fruta, contando con programas constantes para que los operarios conozcan a fondo los peligros a los que está expuesto el producto y las maneras de minimizar el riesgo de contaminación, garantizar que el personal se encuentre en buenas condiciones de salud, maneje buenas prácticas de higiene y contar con sistemas eficientes de eliminación de los desechos que impidan la proliferación y desarrollo de microorganismos dentro de la planta de empaque.

En el manejo poscosecha se encuentran defectos por daños mecánicos, por cambios físicos de color y sabor de la fruta y por ablandamiento del tejido de la fruta que resulta del colapso de las paredes celulares. Estos daños ocurren debido a un aumento en la tasa de respiración asociada con el daño mecánico, así como un aumento en la producción de etileno que apresura la maduración.

La pérdida de peso de la fruta es otro resultado de los daños mecánicos con consecuencias en calidad de venta y por lo tanto, menor precio (Dadzie y Orchard, s.f.).

## **1.2 RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES**

Un recubrimiento comestible (RC) se define como una matriz transparente continua, comestible y delgada, que se estructura alrededor de un alimento, generalmente mediante la inmersión del mismo en una emulsión formadora de RC, con el fin de conservar y servir

de empaque (Vasconez *et al.*, 2009). Esta emulsión puede estar conformada por un polisacárido, un compuesto de naturaleza proteica, lipídica o por una mezcla de ellos, actuando como barrera para diversas sustancias que actúan sobre el alimento (Fernández *et al.*, 2015).

Según Falguera *et al.* (2011), los recubrimientos deben cumplir características funcionales para controlar o minimizar las causas de alteración de los alimentos a recubrir:

- Ser libres de tóxicos y seguros para la salud
- Requerir una tecnología simple para su elaboración
- Ser protectores de la acción física, química y mecánica
- Presentar propiedades sensoriales
- Mejorar las propiedades mecánicas y preservan la textura
- Prolongar la vida útil a través del control sobre el desarrollo de microorganismos
- Regular condiciones de interface o superficiales del alimento, a través del agregado de aditivos como antioxidantes, agentes antimicrobianos y nutrientes

Al controlar la transferencia de humedad, gases y compuestos volátiles, los recubrimientos han demostrado capacidad de mejorar la integridad y la calidad de los alimentos. Sin embargo, al recubrir un fruto u hortaliza para retardar la pérdida de humedad, es necesario que exista cierta permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono para evitar una respiración anaeróbica, que induce a desórdenes fisiológicos y pérdida rápida de la calidad y vida de anaquel. También los RC pueden admitir y transportar ingredientes funcionales tales como antioxidantes, antimicrobianos, nutrimentos, sabores y colorantes para destacar la calidad, funcionalidad y seguridad de los alimentos, siendo esta actualmente una de las características más importantes en el uso de cubiertas (Fernández *et al.*, 2015).

En la elaboración de películas comestibles se emplean mezclas entre biopolímeros, con el fin de contrarrestar las deficiencias propias de cada componente y mejorar las propiedades del material resultante. Se han utilizado almidones de diferentes fuentes como trigo, maíz, papa y yuca, obteniendo con este último películas con buenas propiedades de flexibilidad y permeabilidad al vapor de agua, mientras que las proteínas de soya han sido estudiadas por su excelente capacidad para formar películas y buenas propiedades de barrera a lípidos y oxígeno en humedades relativamente bajas (Saavedra y Algecira, 2010).

### **1.3 PROTEÍNA DE SOYA**

La proteína de soya es una proteína globular usada por capacidad para formar películas con altas propiedades de barrera a lípidos y oxígeno en humedades relativas bajas, adicionando valor nutricional al producto, resistencia, elasticidad y una superficie más homogénea, lo que permite mejorar algunas propiedades del fruto durante su

almacenamiento, como la pérdida de peso (Saavedra, 2010, citado por Insuasty y Perdomo, 2015).

Independientemente de su valor nutricional, la proteína de soya reduce las concentraciones de colesterol sanguíneo y es fuente de isoflavonas, jugando un papel importante en la prevención de enfermedades del corazón (Luna, 2016).

Se ha comprobado el efecto de recubrimientos a base de proteína de soya al 0,5%, en berenjena, aumentando la vida útil a 8 y 9 días (Guidelli *et al.*, 2014); en fresas recubiertas con propóleo y proteína de soya, coadyuvó a una menor tasa de respiración, a mantener la coloración roja en los frutos recubiertos durante el periodo de evaluación y conservar el color de una forma eficaz (Fernández *et al.*, 2017).

#### **1.4 PROPÓLEO**

El propóleo es un material pegajoso y resinoso que las abejas recolectan de varias plantas y se mezcla con cera. Entre las propiedades biológicas que se han reportado, están los citotóxicos, antimicrobianos, antivirales, barrido de radicales libres, anti-inflamatorios, anestésico local, antitumoral e inmunológico. Es utilizado en medicina popular y apiterapia, con uso extensivo en alimentos y bebidas para mejorar la salud y prevenir las enfermedades, lo que ha incrementado el interés en su composición química y potencial uso clínico en humanos (Mujica *et al.*, 2017).

La composición química del propóleo es compleja y depende de la fuente, ya que el análisis de diferentes muestras de propóleos ha identificado al menos 300 compuestos. Se compone principalmente de resina (50%), cera (30%), aceites esenciales (10%), polen (5%) y otros compuestos orgánicos (5%). Las actividades biológicas se atribuyen principalmente a los componentes fenólicos, tales como los flavonoides en todas sus formas (flavonoles, flavonas, flavononas, dihidroflavonoles y chalconas), terpenos, beta-esteroides, aldehídos aromáticos y alcoholes (Viuda, 2008).

Se han evaluado los efectos del RC con el extracto de propóleo sobre las características fisicoquímicas de las naranjas "Pera" durante el almacenamiento a temperatura ambiente, encontrando una menor permeabilidad al vapor de agua entre la fruta y el medio hasta el día 18 de almacenamiento, reduciendo la pérdida de peso de las naranjas (Passos *et al.*, 2016); también se han estudiado extractos de propóleos de diferentes fuentes botánicas sobre las características físico-químicas de plátano "Plata" (*Musa sapientum L.*) almacenado a temperatura ambiente; al cabo de 12 días de almacenamiento, los RC de extracto de propóleo 'verdes' y 'acuosos' redujeron la pérdida de masa en comparación con el tratamiento control (Passos *et al.*, 2016); los efectos del recubrimiento del extracto de propóleo sobre las características fisicoquímicas de la papaya almacenada a temperatura ambiente, muestran que el revestimiento fue positivo para el control de la pérdida de masa y mantenimiento de la frescura de la pulpa (Passos *et al.*, 2016).

## 1.5 ANTIOXIDANTES

El ácido cítrico y el ácido ascórbico se han descrito ampliamente por su actividad contra el pardeamiento en frutas y hortalizas mínimamente procesadas (Ibrahim, 2004).

**1.5.1 Ácido cítrico.** Es el agente acidulante más utilizado en la industria alimentaria para la prevención del pardeamiento y puede tener un doble efecto inhibitor sobre la polifenoloxidasas (PPO) mediante la reducción del pH y la quelación del cobre al sitio activo de la enzima (Rocculi *et al.*, 2006).

Existen tratamientos combinados de quitosano con ácido cítrico como RC comestibles para retrasar el proceso de maduración y mantener la calidad del tomate (*molino de solanum lycopersicon*), los cuales incrementan la calidad de la fruta reduciendo cambios indeseables y protegiendo los tejidos de lesiones (Zhang *et al.*, 2017). Otros estudios en mango Tommy Atkins, reportan que el ácido cítrico promueve la protección del color, pero con un aumento significativo en la pérdida de peso durante el almacenamiento (Chiumarelli, *et al.*, 2011).

**1.5.2 Ácido ascórbico.** Es un depurador de radicales libres que previene el pardeamiento debido a su potencial reductor (Ibrahim, 2004) de quinonas a compuestos fenólicos antes de que puedan experimentar una reacción posterior para formar pigmentos (Rocculi *et al.*, 2006).

Se han realizado estudios sobre la vida útil de manzanas frescas cortadas debido a su alta tasa de deterioro, pérdida de agua y tostado de la superficie cortada, que puede reducir rápidamente la calidad de la fruta. Se observaron efectos de los RC de carboximetilcelulosa (CMC) en combinación con  $\text{CaCl}_2$  y ácido ascórbico (AA), en donde los tratamientos minimizaron el pardeamiento, la firmeza de la carne retenida y redujeron el contenido de sólidos solubles, la acidez titulable y los cambios de pH de las rebanadas; se redujeron las concentraciones fenólicas, flavonoides totales y los cambios de actividad de la polifenol oxidasa y la peroxidasa de las rebanadas durante el almacenamiento.

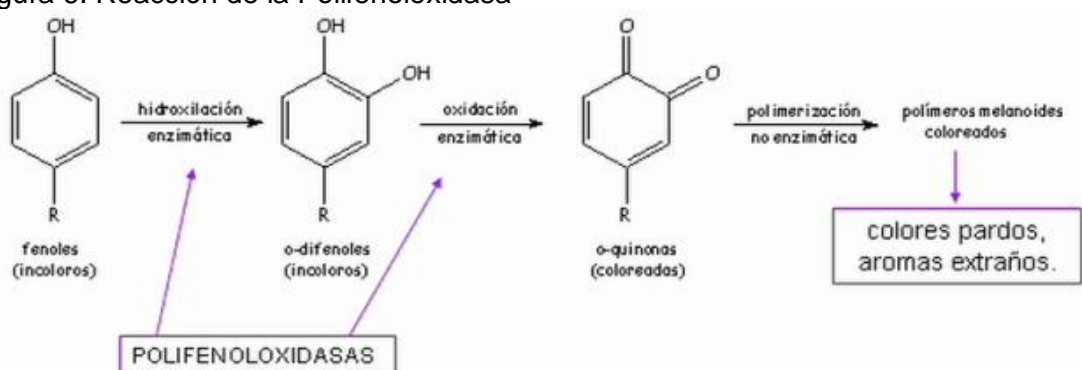
Estos hallazgos sugieren que el uso combinado de CMC + AA puede ser útil para mantener la calidad y reducir el bronceado superficial de las manzanas frescas cortadas (Saba y Sogvar, 2016).

Se ha evaluado la mezcla de quitosano y ácido ascórbico como un recubrimiento comestible para prolongar la vida útil de los arilos de granada, ayudando a mantener su calidad visual durante el almacenamiento, como lo confirmó la medición del color. Se inhibió el crecimiento bacteriano y fúngico en arilos y las bacterias aeróbicas mesófilas inmediatamente después del recubrimiento; los arilos recubiertos no presentaron crecimiento durante el almacenamiento (Ozdemir y Gokmen, 2017).

## 1.6 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

La polifenoloxidasasa (PPO) es una metaloenzima que se encuentra ampliamente distribuida en plantas y hongos y contiene dos átomos de cobre en el sitio activo, que catalizan dos tipos de reacciones usando  $O_2$  como agente oxidante (Muñoz *et al.*, 2007, citado por Molina y Rosero, 2011). La hidroxilación de monofenoles a ortodifenoles y posteriormente oxidados a ortoquinonas, se polimerizan y dan lugar a pigmentos de color marrón, rojo o negro dependiendo de los componentes naturales presentes (figura 3) en los tejidos vegetales (Gasull y Becerra, 2006, citado por Molina y Rosero, 2011).

Figura 6. Reacción de la Polifenoloxidasasa



Fuente. García *et al.*, 2006.

El fenómeno de pardeamiento durante el crecimiento, recogida, almacenamiento y procesamiento de frutos y vegetales, es un problema de primera magnitud en la industria agroalimentaria y se reconoce como una de las principales causas de pérdidas de calidad y valor comercial, produciendo cambios importantes tanto en la apariencia como en las propiedades organolépticas de frutos y vegetales comestibles, además de que suele ir asociado al desprendimiento de olores y efectos negativos sobre el valor nutricional. (Morante *et al.*, 2014).

Entre los factores más incidentes en la actividad enzimática se citan la especie, variedad, naturaleza y cantidad de los sustratos fenólicos, pH, temperatura, disponibilidad de oxígeno y compartimentación de las enzimas por los sustratos (Trujillo *et al.*, 2012). En frutas como el banano ocurren múltiples reacciones enzimáticas causantes de la degradación de almidones y clorofila, de la síntesis de azúcares y carotenos, de los cambios en la acidez, ablandamiento de tejidos y pardeamiento enzimático, que se ve influenciado por la acción de la Polifenol Oxidasa (PFO) (García *et al.*, 2006).

Sin embargo, la actividad de la enzima PFO puede ser inhibida por calentamiento o por remoción de alguno de los componentes necesarios:  $O_2$ , enzima,  $Cu^{2+}$ , sustrato, agentes reductores, antioxidante e inhibidores enzimáticos que previenen el pardeamiento y reducen químicamente las ortoquinonas a difenoles coloreados, inhibiendo la actividad de

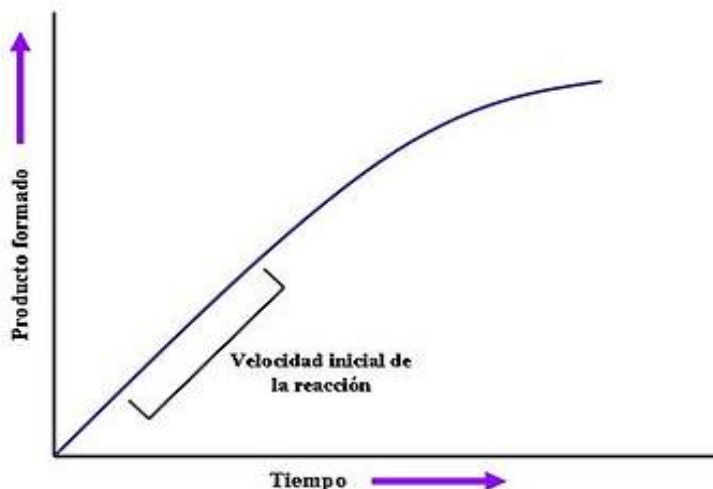
la enzima por disminución de pH o quelando el  $\text{Cu}^2$  en el alimento (Gasull y Becerra, 2006, citado por Quijano y Benavides 2010).

**1.6.1 Aplicaciones analíticas de las enzimas.** Los métodos analíticos enzimáticos juegan un rol importante en el análisis de los alimentos, al permitir la rápida y segura determinación de numerosos compuestos en el laboratorio (Castillo, 2005, citado por Quijano y Benavides 2010).

La valoración de la actividad enzimática en los alimentos puede aplicarse con diferentes fines, por ejemplo, como indicador del estado higiénico y de conservación de un alimento, al determinar la actividad de alguna enzima producida por microorganismos, para controlar tratamientos tecnológicos en alimentos que han sido sometidos a altas o bajas temperaturas y medir el comportamiento de actividades enzimáticas durante el tratamiento, el almacenamiento y en procesos de maduración; también puede suministrar información sobre los fenómenos biodinámicas que ocurren en los alimentos, difíciles de valorar por métodos exclusivamente químicos, como antisépticos, antibióticos, pesticidas y otros (Schmidt y Pennacchiotti, 2010, citado por Quijano y Benavides 2010).

**1.6.2 Actividad enzimática por espectrofotometría.** La espectrofotometría permite detectar los cambios en la absorbancia por parte del sustrato, o del producto según su concentración y medir la velocidad de la reacción de forma continua (Jiménez, 2004, citado por Quijano y Benavides 2010). La enzima transforma el sustrato en producto siguiendo un comportamiento lineal; a medida que avanza la reacción se va agotando la cantidad de sustrato y disminuye la cantidad de producto que se genera por unidad de tiempo (velocidad de reacción) (Copeland, 2000, citado por Quijano y Benavides 2010). Al seguir la velocidad de aparición de producto o desaparición del sustrato en función del tiempo, se obtiene la curva de avance de la reacción o cinética de la reacción (figura 4).

Figura 7. Curva cinética enzimática



Fuente: Copeland, 2000.

## 1.7 PRODUCTOS FRESCOS TROCEADOS (FRESH CUT)

Los Fresh-cut (productos mínimamente procesados) surgieron en la década de 1990 y fueron principalmente lechuga, repollo, zanahoria y verduras. Recientemente los estudios se han ampliado a las frutas como el mango, cerezo dulce, plátano, piña y pera.

La demanda de tecnologías para mejorar la vida útil, así como la calidad y características de productos frescos cortados y su eficiencia de procesamiento, son muy importantes en la industria Mínimamente Procesada, cuya comercialización está limitada por sus cortos tiempos de vida (una semana aproximadamente) y disminución de la calidad de procesamiento posterior, debido a reacciones bioquímicas indeseables asociadas con heridas, en comparación con frutos intactos. En los últimos años se han realizado varios intentos de prolongar la vida útil de frutas Mínimamente Procesadas con solución de calcio, como en el tratamiento de kiwis sobre los cuales se retrasó la senescencia; el pretratamiento con 1-MCP, que se conoce como un bloqueador de etileno, mejora la calidad visual y prolonga la duración de la pera, kiwi y mango (Wei *et al.*, 2014).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se desarrolló en Popayán (Departamento del Cauca) que se encuentra a una altitud de 1.738 msnm, con temperatura media de 18,2°C y humedad relativa de 77%, localizado a los 2°27' norte y 76°37'18" de longitud oeste del meridiano de Greenwich (Paz *et al.*, 2016), en los laboratorios de Reología, Biotecnología y la planta piloto de Frutas y Verduras de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, Vereda las Guacas (Barco *et al.*, 2011).

### 2.2 MATERIALES

**2.2.1 Materia prima.** Se utilizaron bananos Cavendish (*Musa paradisiaca*) en estado de madurez fisiológica (figura 4), obtenidos de un productor del Departamento del Cauca, ubicado en la vereda el túnel en la ciudad de Popayán en la finca El Chirimoyo.

Figura 8. Tabla de color del banano



Fuente. Plinto, 2010.

**2.2.2 Insumos.** Se usó proteína aislada de soya en estado granular de grado alimentario al 90%, obtenida en Quimpo; propóleo que actúa como antibacteriano, anti fúngico y antioxidante, en presentación líquida, distribuido por Casa Natura (Figuroa *et al.*, 2011); ácido cítrico granulado de grado alimentario; ácido ascórbico granulado de grado alimentario; Tween 80 como surfactante, que confiere estabilidad a las emulsiones y mejora la adhesión del recubrimiento en el fruto (Ordoñez *et al.*, 2014), marca Quimpo; Glicerol como agente plastificante de grado reactivo.

### 2.3 EQUIPOS

Se emplearon los siguientes equipos:



### 2.3.1 Equipos usados en las pruebas preliminares.

**pH-metro:** se empleó el pH-metro marca HORIBA serial 0030-10d (figura 5), su fundamento está basado en que los iones hidrógeno en disolución, como otras especies iónicas, conducen la corriente eléctrica. Si se tiene una membrana delgada de vidrio que separa dos disoluciones de diferente concentración de ion hidrógeno, se establecerá a través de la membrana de vidrio una diferencia de potencial (Insuasty & Perdomo, 2015).

Figura 9. pH-metro



**Refractómetro:** se empleó el refractómetro marca ATAGO de baja densidad (0-30°Bx) (figura 6), parte de la luz incidente en el prisma de medición es transmitida (aquella que lo hace con un ángulo menor al ángulo crítico) produciendo una división neta del campo en dos zonas, una clara y una oscura, que permite visualizar el valor del índice de refracción (Insuasty & Perdomo, 2015).

Figura 10. Refractómetro



**Autoclave:** se empleó la autoclave de marca EA-692 ESPAN-CLAVE para la esterilización del material, con medidas de 470 (W) x 600 (D) x 400 (H) mm. 250 mm de diámetro x 400 mm de profundidad. Calentador de inmersión 1450 Watts, calentador de secado 300 vatios, capacidad aproximada de 2,5 litros.

Figura 11. Autoclave



**Campana de flujo laminar:** usada para servir el medio de cultivo, sembrar y aislar las especies puras de los hongos que afectaron el banano.

Figura 12. Campana de flujo laminar



**Balanza analítica:** marca RADWAG serie XA 110/X con desviación de 0,05 mg y precisión de 0,0001 g (Insuasty & Perdomo, 2015), para determinar la pérdida de peso por diferencia en las cantidades.

Figura 13. Balanza analítica



**Vórtex:** marca REAX control, empleado en la homogenización de mezclas y soluciones. Este equipo lleva un sistema de regulación para mantener estables las revoluciones, incluso a velocidades reducidas, frecuencia de sacudida de 0-2400, dimensiones 134x105x172mm, temperatura permitida entre 5°C y 40°C, 85% de humedad relativa.

Figura 14. Vórtex



**Plancha de agitación:** esta plancha o placa agitadora metálica de marca SC162 Stuart tiene un controlador de temperatura Stuart SCT1, idóneo para el control preciso de la temperatura de las muestras en un rango de 20°C a 200°C.

Figura 15. Plancha de agitación



**Colorímetro:** marca 3nh empleado para medir el color de los bananos y establecer sus cambios a través del tiempo. Es un instrumento sensible a la luz que mide cuánto color es absorbido por un objeto o sustancia, al pasar una longitud de onda específica de luz a través de una muestra, y luego medir la luz que llega a través del otro lado. Determina el color basado en los componentes rojo, azul y verde de la luz absorbida por el objeto o la muestra, como lo hace el ojo humano. Cuando el haz pasa a través de un medio, parte de la luz es absorbida y como resultado hay una disminución en la cantidad reflejada por el medio. Un colorímetro mide ese cambio para analizar la concentración de una sustancia particular en ese medio (Shenzhen 3nh Technology Co., 2016, citado por Hoyos y Pérez, 2017).

Figura 16. Colorímetro



**Microscopio Óptico de Alta Resolución (MOAR):** marca Nikon, modelo Microphot, utiliza la luz visible para crear una imagen aumentada de la estructura de la epidermis del

fruto; las imágenes obtenidas fueron analizadas y reproducidas en el sistema digital, en el cual se pueden obtener fotografías en blanco y negro o a color (Unidad de Microscopía Electrónica, Universidad del Cauca, s.f. citado por Hoyos y Pérez, 2017).

Figura 17. Microscopio Óptico de Alta Resolución



### 2.3.2 Equipos usados en la elaboración del recubrimiento.

**HL2:** marca 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 una termocupla y el otro los materiales a procesar. 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 pequeña evita que el material se sedimente y la más 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 (Castillo y Salazar, 2017).

Figura 18. HL2



### 2.3.3 Equipos usados en la medición de variables

**Máquina universal de ensayos:** marca SHIMADZU modelo EZ-I de Japón; evalúa la firmeza de las muestras mediante la penetración del fruto, 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 (Insuasty & Perdomo, 2015).

Figura 19. Máquina universal de ensayos



Fuente. Insuasty & Perdomo, 2015.

**Oxy Baby Witt:** referencia OXYBABY 6.0 O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>; 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<sub>2</sub> a partir del principio de absorción del infrarrojo (Insuasty & Perdomo, 2015).

Figura 20. Oxy baby witt



Fuente. Insuasty & Perdomo, 2015.

**Espectrofotómetro UV:** marca SHIMADZU UV 1800 adaptado a software para procesamiento de datos UV PROBE. Mide la absorbancia o transmitancia a una única longitud de onda o en múltiples (hasta ocho) longitudes de onda; obtiene los espectros de la muestra utilizando la exploración de longitud de onda. Genera una curva de calibración a partir de muestras estándar y la utiliza para calcular las concentraciones de muestras desconocidas (Shimadzu, 2017, citado por Hoyos y Pérez, 2017).

Figura 21. Espectrofotómetro



**Centrífuga:** marca HERMLE, para la separación basada en el movimiento de partículas por rotación y aceleración centrífuga, de modo que sometida a altas velocidades durante cortos periodos de tiempo, permite la sedimentación de los componentes de una solución homogénea según sus diferentes densidades. De esta manera la solución queda finalmente separada en dos fracciones, la sobrenadante y la sedimentada que queda depositada en el fondo del tubo de centrifugación (Metrix, 2017, citado por Hoyos y Pérez, 2017).

Figura 22. Centrífuga



### 2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

En la etapa preliminar se aplicó un Diseño de análisis de regresión lineal, para determinar la concentración óptima de antioxidante que debía tener el recubrimiento; posteriormente se aplicó un diseño de Bloques Completamente al Azar con cinco tratamientos (Cuadro 2), realizando tres repeticiones por tratamiento, cada uno con tres réplicas y un nivel de significancia del 95%.

El análisis estadístico se desarrolló mediante el software Graphpad Prism versión 7,02, determinando la normalidad de los datos, homogeneidad de varianzas y análisis de varianza, identificando diferencias significativas por medio del modelo de Tukey.

Cuadro 2. Formulación de recubrimientos

Tratamiento	EEP (ppm)	Proteína de soya (%)	Glicerol (g)	Tween 80 (%)	Agua (ml)	A.A (%)	A.C (%)
T1	0	0	0	0	3000	0	0
T2	0	2	2	0,1	3000	0	0
T3	9000	2	2	0,1	3000	0	0
T4	0	2	2	0,1	3000	3	0,75
T5	9000	2	2	0,1	3000	3	0,75

## 2.4 MÉTODOS

Para la realización de la investigación se utilizaron diferentes instalaciones de la Universidad del Cauca, que se sometieron a desinfección al inicio y al final de las labores para evitar posible contaminación.

**2.4.1 Ensayos preliminares.** Para llevar a cabo la parte experimental se establecieron los siguientes procedimientos:

**2.4.1.1 Limpieza y desinfección.** Los bananos se lavaron con agua potable para la eliminación de impurezas y se sumergieron en una solución de Citrosan a una concentración de 50 ppm durante 15 minutos para su limpieza y desinfección (Castillo y Salazar, 2017).

**2.4.1.2 Selección y clasificación.** Se seleccionaron y clasificaron según el grado de madurez, de tamaño grande, con longitud de 12 cm; con aspecto, forma y color típico de la especie, entero y duro, exteriormente seco, limpio, sin manchas ni grietas, no presentaron rayas profundas ni huellas de ataques de plagas y enfermedades (NTC 1190, 1976).

Figura 23. Clasificación de bananos



**2.4.1.3 Definición del estado de madurez.** Para definir el estado de madurez que presentó mejor comportamiento a nivel microbiológico, se tomó la tabla de color del banano (Figura 8) donde especifica cada uno de los grados de maduración. Se tomaron los estados 4 y 5 del banano, que se denominaron M2 y M1 respectivamente; se seleccionaron tres bananos al azar para cada estado de maduración, provenientes del mismo racimo, a los cuales se les llamo **a, b y c**.

**2.4.1.4 Corte.** Se tomaron rodajas con tres espesores: 0,3 cm, 0,5 cm y 1 cm de cada banano (a, b, c) a las diferentes maduraciones (M1, M2), cada uno por triplicado, para un total de 9 muestras por estado de maduración.

**2.4.1.5 Aislamiento de hongos fitopatógenos del banano.** Visualmente se identificaron los hongos que crecieron en las rodajas de banano. Se aisló cada hongo tomando una muestra que se llevó directamente a cajas de Petri, que contenían medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA); las cajas se rotularon y se dejaron a temperatura ambiente a 20°C. Se realizó el seguimiento durante cinco días, en los cuales los hongos crecieron. De estos crecimientos se tomaron nuevas muestras, las cuales se sembraron a las mismas condiciones, con el fin de obtener cultivos puros. El proceso de purificación se realizó tres veces, ya que los hongos se contaminaron fácilmente (Domínguez *et al.*, 2013).

Figura 24. Crecimiento de hongos en las rodajas de banano



**2.4.1.6 Análisis microbiológico.** Se prepararon dos medios de cultivos, YGC (para hongos) y PCA (para mesófilos). Para las diluciones se tomaron 10 g de los bananos de M1, se llevaron al mortero y se trituraron, se agregaron a un Erlenmeyer con 80 ml de agua esterilizada y se obtuvieron las diluciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$ . Cada dilución se colocó en los tubos de ensayo con 9 ml de agua estéril, se agitó cada tubo de ensayo en el vórtex y con la micro pipeta se obtuvo una muestra de cada dilución, luego de lo cual se homogenizaron con perlas de vidrio y todas las muestras se llevaron a 30°C. Un procedimiento similar se realizó para M2. (Camacho *et al.*, 2009).

**2.4.1.7 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 Microscopia Electrónica de la Universidad del Cauca; se identificaron mediante la observación macroscópica y



microscópica, teniendo en cuenta las claves taxonómicas para hongos (*Fusarium* spp, *Penicillium* spp, *Aspergillus* spp), observando la textura, el color y la morfología (Castillo y Salazar, 2017).

**2.4.1.8 Determinación del efecto fungicida del propóleo sobre los hongos *Fusarium* spp, *Penicillium* spp y *Aspergillus* spp presentes en el banano.** Se empleó el método del alimento envenenado descrito por Grover y Moore (1962), citado por Insuasty & Perdomo (2015), con modificaciones en las concentraciones de propóleo. Las evaluaciones se realizaron en cajas de Petri estériles de 9 cm de diámetro que contenían 20 ml de medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA) previamente esterilizado en un autoclave; cuando el medio de cultivo depositado en las cajas alcanzó una temperatura de 50°C, se adicionó a cada una de ellas la cantidad de extracto etanólico de propóleo necesario para alcanzar las concentraciones de 7.000, 8.000, 9.000, 10.000 µg/ml. Después de que el medio gelificó a temperatura ambiente, se perforó el punto medio de cada una de las cajas con un sacabocados de 6 mm de diámetro y se colocaron inóculos del hongo en el medio, los cuales se dejaron durante siete días a temperatura ambiente (19°C), realizándose cada 24 horas la medición del diámetro de crecimiento micelial.

**2.4.2 Preparación del recubrimiento a base proteína aislada de soya.** Se siguieron las metodologías propuestas por Aguilar *et al.* (2012) y por Saavedra y Algecira (2010). El total de agua destilada se dividió en tres partes: en 1/3 de agua destilada a pH 10 (mediante la adición de una solución de NaOH 0,1N) se adicionó la proteína (2%), debido a que tiene poca solubilidad en pH ácido cerca de su punto isoeléctrico (pH 4,0 a 5,5) (Serrano, 2015, citado por Castillo y Salazar, 2017) y se calentó hasta gelatinización (75°C/30 min) con agitación constante a 200 rpm; en otro tercio de agua se adicionó el glicerol (2%) a 75°C; al gel de proteína obtenido, durante 10 minutos, se adicionó gota a gota la tercera porción de agua en la que previamente se incorporó el surfactante (Tween 80 al 0,1%) y el extracto de propóleo con el fin de formar la emulsión. Finalmente, se dejó el sistema en agitación constante a 200 rpm durante cinco minutos.

**2.4.3 Aplicación del recubrimiento.** Se realizó por inmersión durante tres minutos, después se colocaron los bananos en bandejas lavadas y desinfectadas previamente con una solución de Dioxisan a 500 ppm, se secaron a temperatura ambiente durante 20 minutos y se almacenaron en el cuarto de producto terminado en el laboratorio de vegetales de la Facultad de Ciencias Agrarias.

**2.4.4 Medición de variables.** La medición de las variables se realizó siguiendo la metodología propuesta por Paz *et al.* (2016), cada dos días, durante siete días, en las instalaciones de los Laboratorios de Reología y Empaques y de Biotecnología, así como en la Planta Piloto de productos vegetales.

**2.4.4.1 Medición de pH.** Se tomaron porciones de 2 g de pulpa de banano de los diferentes tratamientos, se trituraron en el mortero hasta obtener una muestra en la cual se introdujo el electrodo del pH-metro.

**2.4.4.2 Medición grados Brix.** El contenido de sólidos solubles totales se determinó por refractometría, adicionando una alícuota en el prisma del refractómetro Atago y los resultados se expresaron en °Brix

**2.4.4.3 Medición de color.** Se midió empleando el colorímetro NR20XE con escala CieLab.

**2.4.4.4 Medición de firmeza.** Se usó una celda de 500 N, punzón de 4 mm, velocidad de penetración de 5 mm/min y 12 mm de profundidad, con el registro de datos en el software Trapezium 2.

**2.4.4.5 Acidez titulable.** Se tomaron 8g de pulpa de banano que se mezclaron con 20 ml de agua destilada, a los que se añadieron 3 gotas de fenofaleína para la titulación con NaOH 0,1 N y se determinó la acidez luego del viraje (Barco *et al.*, 2009).

**2.4.4.6 Pérdida de peso.** Se registró el peso en la balanza analítica para determinar las variaciones al transcurrir el tiempo (Achipiz *et al.*, 2013) la pérdida de peso de determinó usando la ecuación 1:

$$Pp = \frac{Pi - Pf}{Pi} \times 100 \quad (\text{Ec.1})$$

Dónde:

Pp= Peso promedio

Pi = Peso inicial

Pf = Peso final

**2.4.4.7 Tasa de respiración.** Las rodajas de banano se colocaron en bandejas selladas con vinipel; con la ayuda del Oxybaby se midió por triplicado el porcentaje de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> durante los días de seguimiento (Castillo y Salazar, 2017).

**2.4.4.8 Medición de la actividad enzimática.** En un Erlenmeyer de 250 ml se adicionaron 3 ml de catecol 0,1M y 96 ml de tampón fosfato 0,2M, a pH 6,5 (sustrato); se estabilizó la temperatura a Baño María en 30°C. Al sustrato se le adicionó 1 ml del extracto enzimático, se homogenizó rápidamente y se realizaron 10 lecturas cada minuto en espectrofotómetro a 402 nm, usando agua destilada como blanco. Una unidad de la enzima (PPO) se definió como la cantidad de extracto enzimático que acusó un aumento en la absorbancia de 0,001 unidades por minuto (Avallone, s.f).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ELECCIÓN DEL ESTADO DE MADURACIÓN Y ESPESOR DE LAS RODAJAS DE BANANO

Se realizaron pruebas preliminares para determinar el estado de madurez adecuado para la aplicación del recubrimiento. Se tomaron dos estados de maduración para realizar los ensayos: grado 4 (M2) y 5 (M1) los cuales se observan en la figura 8, y tres espesores de rodaja para realizar las pruebas preliminares: 0,3 cm, 0,5 cm y 1 cm.

Durante los siete días de seguimiento ocurrió crecimiento fúngico en los dos estados de maduración, con aparición de cuatro hongos no identificados que reportan las siguientes características macroscópicas:

Cepa 1: Micelio de color blanco, en ocasiones con un poco de amarillo y marrón, topografía algodonosa y textura aterciopelada.

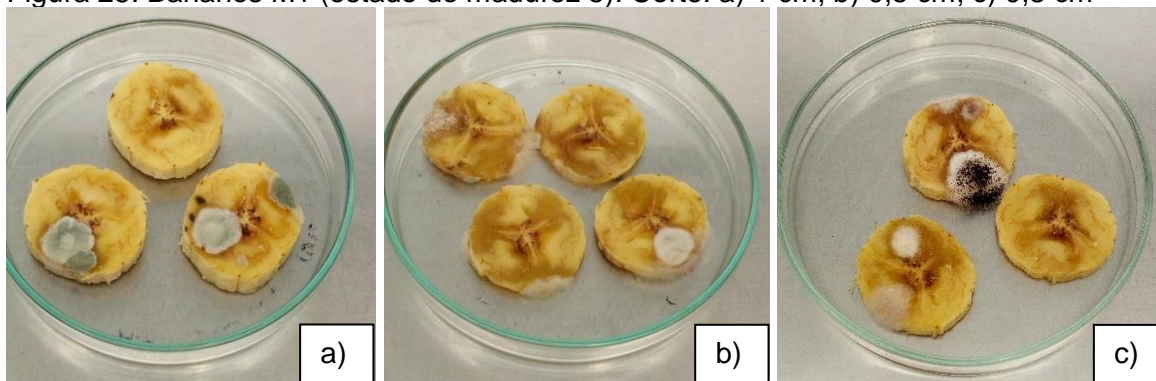
Cepa 2. Micelio blanco, topografía rugosa y textura cremosa.

Cepa 3. Micelio de color blanco aterciopelado al inicio, luego varió a tonalidad verde, topografía aplanada y textura pulverulenta.

Cepa 4. Micelio color negro, topografía aplanada y textura granular.

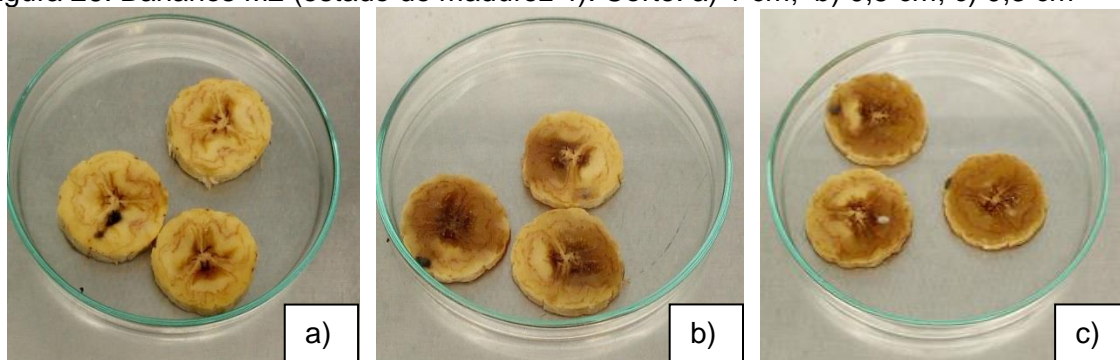
Hubo menor crecimiento fúngico en las muestras M2 (figura 25) debido a que presentaron una actividad metabólica más lenta (Buitrago y Escobar, 2009) por su estado de maduración. Dado que el banano es perecedero, es susceptible al ataque de microorganismos antes o después de la cosecha y durante su almacenamiento, produciendo sustancias como las micotoxinas como resultado de su metabolismo secundario, las que se distribuyen con facilidad en el sustrato y pueden llegar a ser perjudiciales, aun cuando se encuentran en concentraciones muy bajas, poniendo en entredicho la inocuidad (Trigos *et al.*, 2008).

Figura 25. Bananos M1 (estado de madurez 5). Corte: a) 1 cm; b) 0,5 cm; c) 0,3 cm



Por otra parte, se evidenció pardeamiento en los tres cortes. El espesor con mejores resultados fue de 1 cm (figura 26); los otros espesores presentaron mayor pardeamiento, debido a que al ser las rodajas más delgadas, existe mayor contacto del oxígeno con la superficie, siendo las polifenol oxidasas las enzimas ubicuas que catalizan la reacción transformando o-difenoles en o-quinonas (Muñoz *et al.*,2007).

Figura 26. Bananos M2 (estado de madurez 4). Corte: a) 1 cm; b) 0,5 cm; c) 0,3 cm



### 3.2 IDENTIFICACIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA DE LOS HONGOS PRESENTES EN EL BANANO FRESCO TROCEADO

**3.1.1 *Fusarium spp.*** Los hongos del género *Fusarium* son ascomicetos filamentosos y cosmopolitas; tienen un micelio bien desarrollado, septado y conidióforos característicos, aunque algunas especies tienen un talo unicelular. Son considerados principalmente como hongos de campo (Sumalan *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2014). Se observaron dos cepas de la misma especie (Figuras 27 y 28): una con un micelio extenso y algodonoso, a menudo con un poco de color amarillo y marrón en el centro (figura 27a), y otra con un micelio blanco de textura cremosa (figura 27b). A nivel microscópico presentaron 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, citados por Castillo y Salazar, 2017).

Figura 27. Características del hongo *Fusarium spp* cepa 1. a) Macroscópicas; b) Microscópicas (100X); c) Imagen en el estereoscopio (3D)

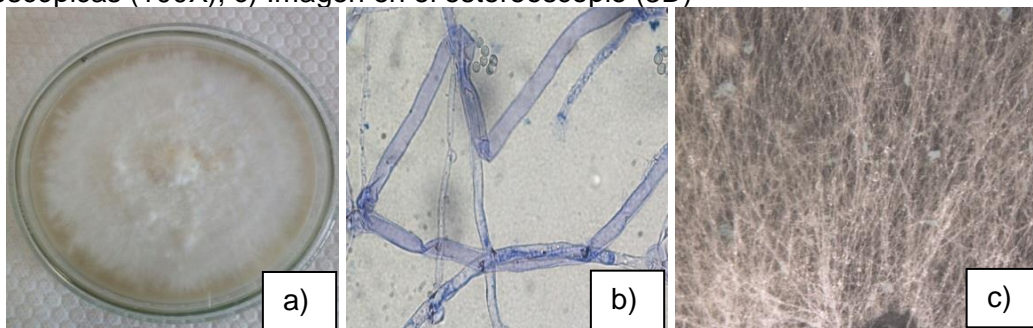
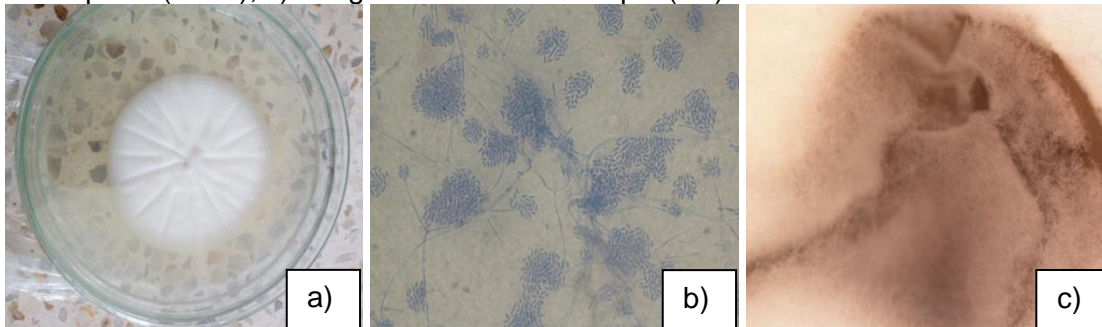
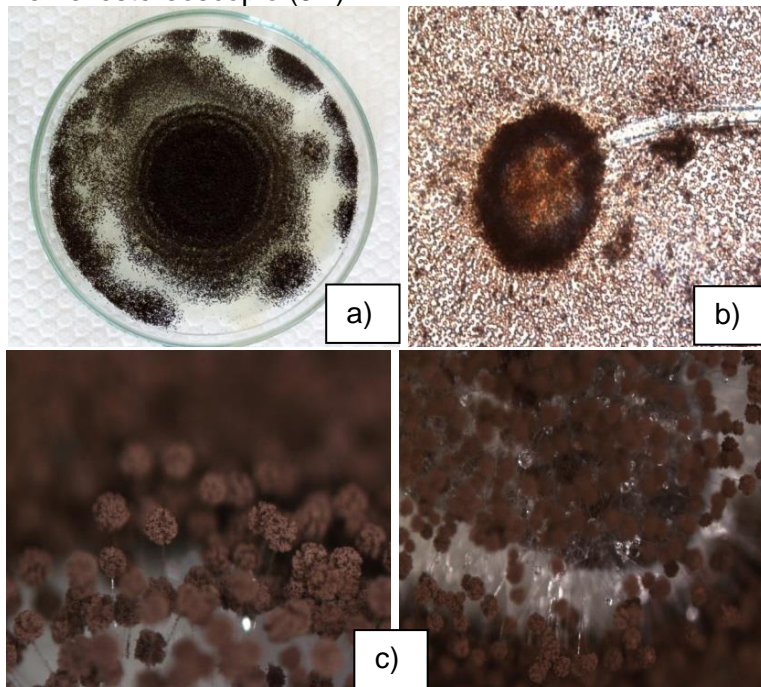


Figura 28. Características del hongo *Fusarium* spp cepa 2. a) Macroscópicas; b) Microscópicas (100X); c) Imagen en el estereoscopio (3D)



**3.1.2 *Aspergillus* spp.** Es un género de hongos mitospóricos, algunos de los cuales son conocidos por causar infecciones en seres humanos, particularmente el *Aspergillus fumigatus* (85% de los casos) seguido de *flavus* y *niger*.

Figura 29. Características del hongo *Aspergillus* spp. a) Macroscópicas ; b) Microscópicas (40X); c) Imagen en el estereoscopio (3D)

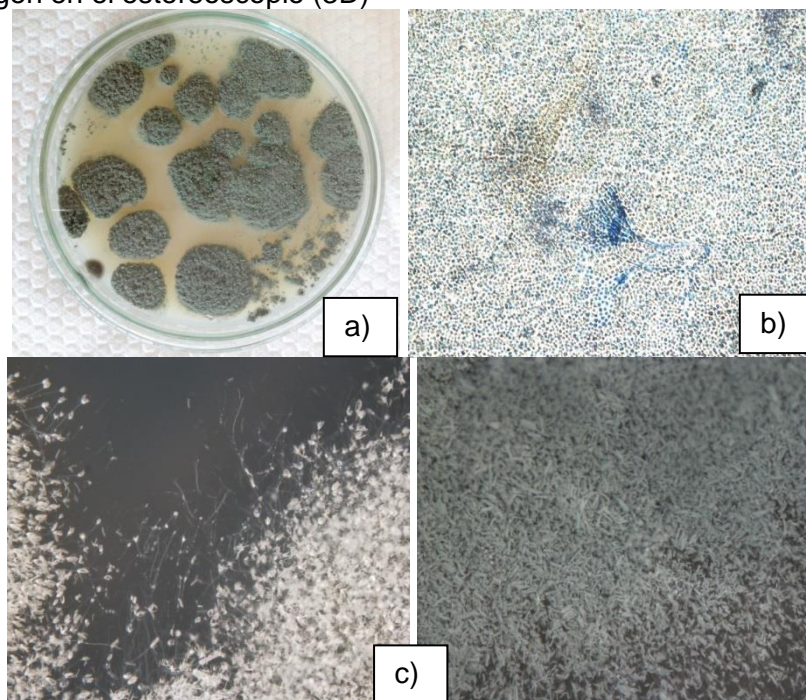


*Aspergillus* spp son responsables de un amplio espectro de enfermedades, desde la colonización saprofítica del árbol bronquial, hasta enfermedades rápidamente invasivas y diseminadas (Garnacho *et al.*, 2005). En la caracterización macroscópica, la colonia en agar es de color blanco, luego cambia a negro con pintas amarillas de aspecto radiado, altura del micelio bajo y aspecto pulverulento; a nivel microscópico se caracteriza por unas estructuras esporíferas o reproductoras llamadas cabezas conidiales, compuestas

por una vesícula rodeada por una corona de fiálides en forma de botella, en cuyo extremo se forman cadenas de esporas en forma lineal (Vásquez, 2016).

**3.1.3 *Penicillium spp.*** Es un contaminante fúngico aerotransportado que prevalece en el aire interior (Scholtz *et al.*, 2017). Es un hongo de crecimiento rápido de colonias blancas aterciopeladas inicialmente, las cuales se cubren con los esporos y van tomando diferentes colores según la especie; al final quedan completamente cubiertas de esporos con un aspecto pulverulento, en tanto que la colonia está constituida por micelio de hifas delgadas separadas (Arrias y Piñeros, 2008).

Figura 30. Características del hongo *Penicillium spp.* a) Macroscópicas; b) Microscópicas (40X); c) Imagen en el estereoscopio (3D)



### 3.3 EFECTO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE PROPÓLEO SOBRE EL CRECIMIENTO MICELIAL DE LOS HONGOS *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* Y *Aspergillus spp* IN VITRO

Los hongos fitopatógenos pueden provocar grandes pérdidas en la producción de frutas y hortalizas (Trigos *et al.*, 2008), que pueden ser disminuidas con el uso de propóleo, que es no tóxico y tiene diversos efectos sobre bacterias, hongos, parásitos y virus (Londoño *et al.*, 2008).

El propóleo presentó un efecto de inhibición del crecimiento micelial para los cuatro hongos, comportamiento atribuido a que es un producto con propiedades antioxidantes y

antimicrobianas por la presencia de compuestos polifenólicos que inhiben la germinación de esporas y el crecimiento micelio; entre dichos compuestos se resaltan los flavonoides, que inhiben la motilidad bacteriana, factor importante en la virulencia de estos microorganismos (Vargas, 2013), siendo la galangina y la pinocembrina las más numerosas y a las que se atribuye la mayor parte de las propiedades fungicidas y fungiestáticas, junto con otras como pinobanksina y sakuranetina (Cortés, 2008).

Se observa en la figura 31 (a y b), que la mejor concentración para el hongo *Fusarium spp* cepa 1 y cepa 2 fue entre 9000 y 10000 ppm, mientras que para el hongo *Aspergillus* (figura 32) la mejor concentración fue de 10000 ppm; sin embargo, no se encontró diferencia sustancial en cuanto al porcentaje de inhibición respecto a las otras concentraciones. Para el *Penicillium spp* (figura 32) la mejor concentración fue de 8000 ppm.

Figura 31. Porcentaje de inhibición del *Fusarium spp.* (Cepa 1) a diferentes concentraciones vs tiempo de seguimiento; b) Porcentaje de inhibición del *Fusarium spp.* (Cepa 2) a diferentes concentraciones vs tiempo de seguimiento

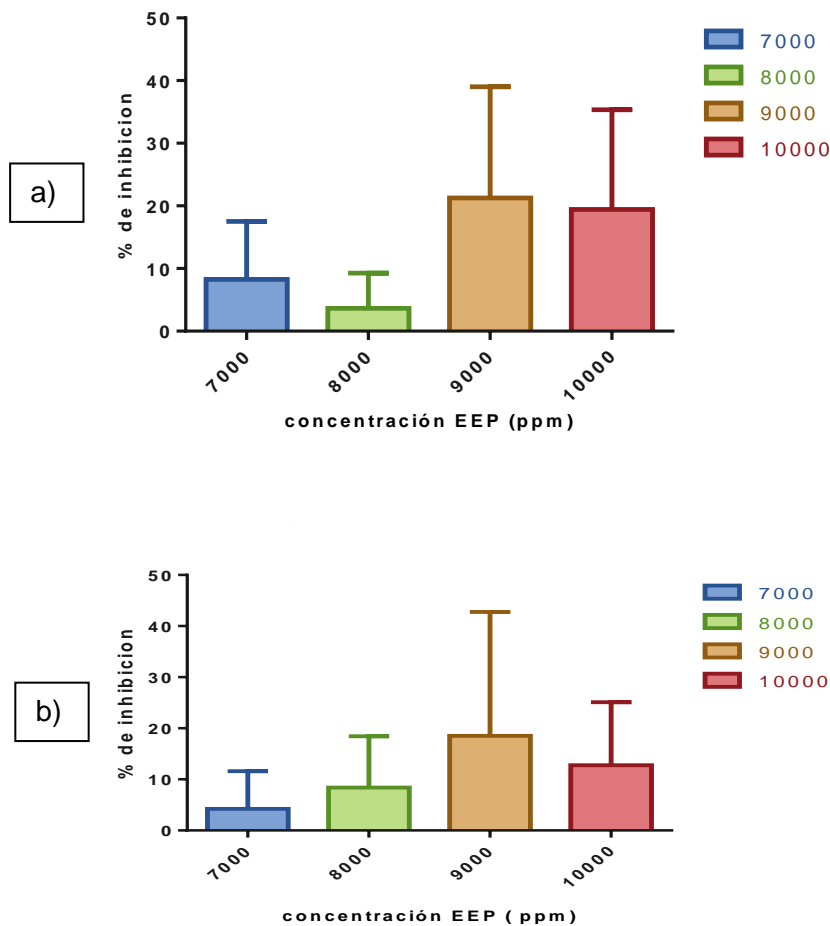


Figura 32. Interacción para inhibición del hongo *Aspergillus spp* a diferentes concentraciones de propóleo (7000ppm, 8000ppm, 9000ppm, 10000ppm) vs tiempo de seguimiento

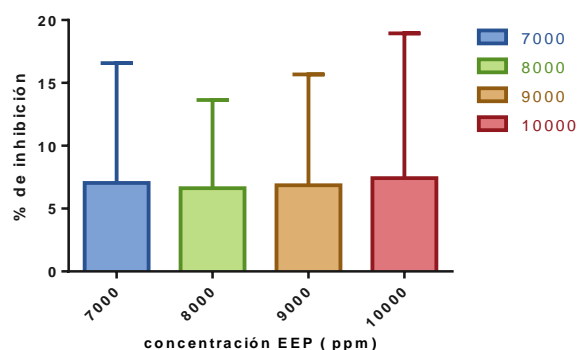
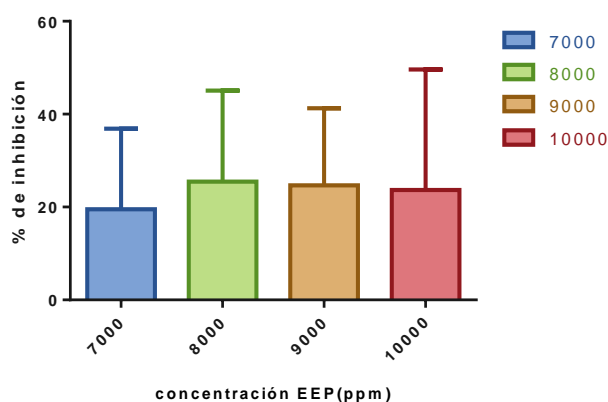


Figura 33. Interacción para inhibición del hongo *Penicillium spp* a diferentes concentraciones de propóleo (7000ppm, 8000ppm, 9000ppm, 10000ppm) vs tiempo de seguimiento



El propóleo inhibe de diferente manera los hongos, debido a que la composición puede ser variable por provenir de una flora diferente (Vargas, 2013); por ejemplo, la pinocembrina se configuró en un compuesto activo presente en el propóleo, que inhibió el crecimiento micelial de *Penicillium* (Peng *et al.*, 2012), y de *Aspergillus parasiticus* (Hashem *et al.*, 2012). Otros componentes importantes para la inhibición de hongos que contiene el propóleo son el Ácido ferulico, Cafeico, P-Cumarico, Galangina, Pinocembrina, (Vargas, 2013).

El ANOVA (Anexo C) hizo comparaciones entre tratamientos para cada uno de los hongos, arrojando como resultado diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las concentraciones y tiempo sobre el porcentaje de inhibición, mientras que en la prueba de



Tuckey se fijaron los tratamientos entre los cuales existió diferencias significativas. Estudios similares utilizando recubrimientos a base de propóleo, han evidenciado la inhibición de hongos; en el caso de la fresa se encontró que en los frutos cubiertos con concentraciones de 1000 a 6000 ppm, la conservación de la calidad de la fruta fue menor, puesto que presentó crecimiento microbiano, ablandamiento del fruto, pérdida de brillo y marchitamiento a partir del tercer día de seguimiento, mientras que los frutos tratados con formulaciones desde 7000 hasta 9000 ppm, conservaron diversas características de calidad hasta el día seis del seguimiento (Insuasty y Perdomo, 2015).

Otros estudios evaluaron la actividad antifúngica del extracto mediante la técnica de pozos con difusión en agar, utilizando cepas de *Fusarium spp*, *Penicillium spp* y *Aspergillus niger*, aisladas de raíces de papa e incubadas a temperatura ambiente por 72 horas, midiendo el halo de inhibición y la producción de esporas al término de dicho tiempo. Esta inhibición fue diferencial, ya que un mayor halo de inhibición fue observado en *Penicillium spp* (2.6 cm), seguido de *Aspergillus niger* (1.6 cm) y por último de *Fusarium spp* (1.2 cm), efecto que sugiere que el propóleo inhibe en forma desigual a los hongos, lo cual es presumiblemente explicado por las propiedades específicas de cada propóleo (Villalobos, 2016).

### 3.4 CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO Y ÁCIDO ASCÓRBICO A APLICAR EN EL RECUBRIMIENTO

La Polifenol Oxidasa (PPO) causa una coloración marrón, originando una disminución de la luminosidad en las rodajas de banano; por este motivo se utilizaron compuestos para inhibir la PPO, como lo son el ácido cítrico y ascórbico (Denoya, 2012).

Para observa el efecto de los ácidos cítrico y ascórbico sobre las variables de color, se planteó un diseño factorial  $3^2$  (tres niveles, dos factores), donde los factores fueron los ácidos y los niveles son las concentraciones entre 0,5% y 3% que han reportado resultados positivos (Rocculi *et al.*, 2006), evitando el pardeamiento e incrementando la luminosidad. Se empleó el modelo ensayando 11 tratamientos durante cuatro días a diferentes concentraciones de ácido cítrico y ascórbico, como se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. Diseño factorial  $3^2$

Tratamiento	Valor codificado	Ac. ascórbico (%)	Valor codificado	Ac. cítrico (%)
1	-1	0,5	-1	0,5
2	-1	0,5	0	1,75
3	-1	0,5	1	3
4	0	1,75	-1	0,5
5	0	1,75	1	3
6	0	1,75	0	1,75
7	0	1,75	0	1,75
8	0	1,75	0	1,75

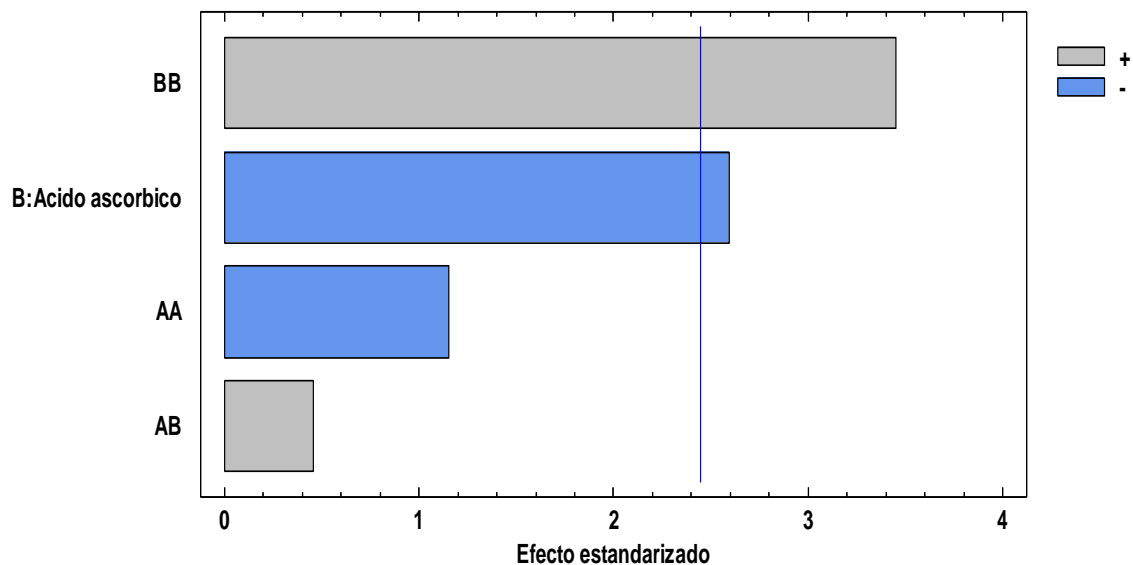
Cuadro 3. (Continuación)

Tratamiento	Valor codificado	Ac. ascórbico (%)	Valor codificado	Ac. cítrico (%)
9	1	3	-1	0,5
10	1	3	0	1,75
11	1	3	1	3

Fue necesario aplicar un análisis de regresión por medio del modelo de superficie de respuesta, para determinar el valor óptimo de antioxidante a incluir en el recubrimiento. En la figura 34, el diagrama de Pareto expone el efecto significativo del aumento de luminosidad por parte del efecto cuadrático BB (ácido ascórbico (B) - ácido ascórbico (B)) y lineal B, con un valor  $p < 0,05$  (Ver Anexo B), que muestra que la combinación de ácido ascórbico – ácido ascórbico tiene un efecto significativo respecto al aumento de luminosidad para un menor pardeamiento.

Figura 34. Efecto estandarizado de ácido cítrico y ácido ascórbico

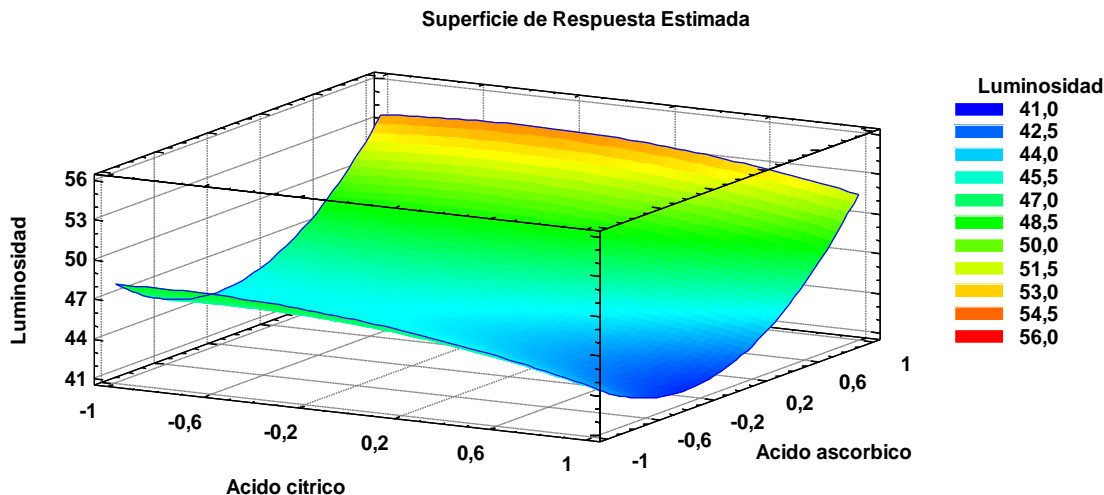
Diagrama de Pareto Estandarizada para Luminosidad



En la figura 35, la superficie de respuesta estimada indica que para obtener una luminosidad del 68%, se necesita un alto porcentaje de ácido ascórbico y bajo de ácido cítrico, de manera que se garantice el efecto antioxidante.

Se tomó como base la luminosidad del tratamiento testigo (53,7857%), que se mantuvo a lo largo del seguimiento, ya que esta es la que corresponde al tiempo cero, en el cual el banano no ha tenido ninguna reacción enzimática. Al optimizar el modelo bajo este parámetro, la formulación que se consideró como adecuada se presenta en el cuadro 4.

Figura 35. Superficie de respuesta estimada para la luminosidad



Cuadro 4. Optimización de la luminosidad

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Ácido cítrico	0,5	3,0	1,05805
Ácido ascórbico	0,5	3,0	3,0

### 3.5 ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

Se preparó el recubrimiento a base de proteína aislada de soya, extracto etanólico de propóleo, y la combinación de ácidos cítrico y ascórbico; la mezcla presentó 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 (Carp, 2001, citado por Castillo y Salazar, 2017).

Las figuras 36 y 37 muestran los cortes de banana de los tratamientos T1 y T2 a T5 en el día 0, respectivamente. El tratamiento testigo T1 se dejó a temperatura ambiente con las demás muestras; para los tratamientos T2 a T5, se sumergieron las rodajas de banana en la solución correspondiente durante tres minutos, con secado por 20 minutos a temperatura ambiente.

### 3.6 MEDICIÓN DE VARIABLES DE RESPUESTA

La evaluación del efecto del recubrimiento se realizó a temperatura ambiente (19°C) durante siete días con los tratamientos T1(testigo), T2 (muestra con recubrimiento), T3 (muestra con recubrimiento más propóleo), T4 (muestra con recubrimiento más antioxidante) y T5 (muestra con recubrimiento más antioxidante más propóleo),

obteniéndose datos promedio de las tres repeticiones en las 3 réplicas realizadas a cada tratamiento, evaluando parámetros fisicoquímicos y fisiológicos como la pérdida de peso, tasa de respiración, acidez titulable, firmeza, pH y análisis enzimático, aplicando el análisis estadístico hasta el día siete de todos los tratamientos.

Figura 36. Banano sin recubrimiento T1, día 0

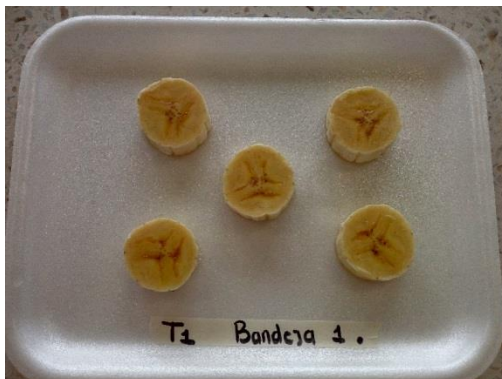
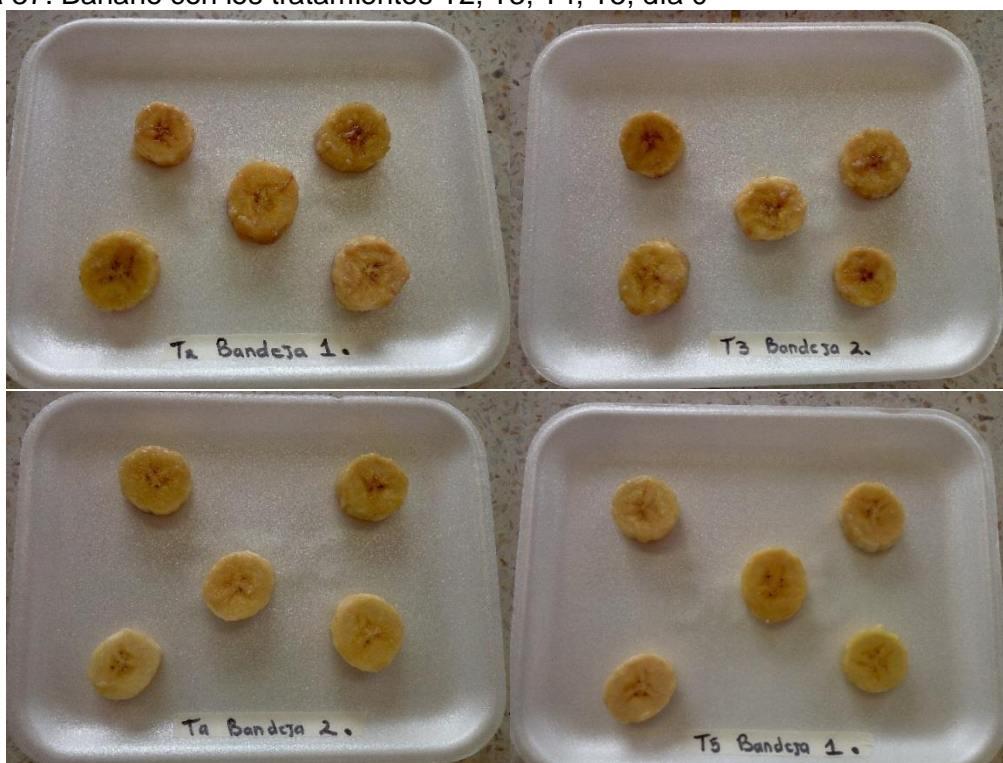


Figura 37. Banano con los tratamientos T2, T3, T4, T5, día 0

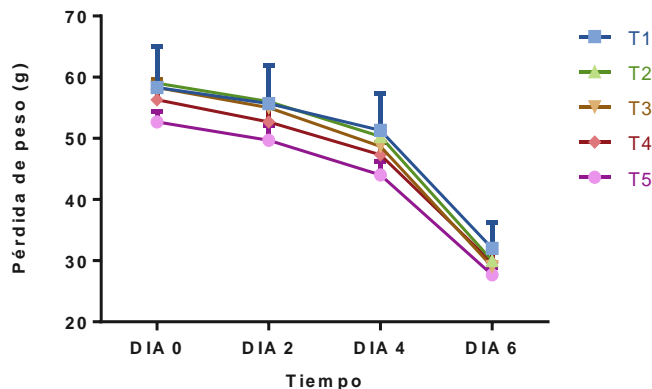


**3.6.1 Pérdida de peso.** La pérdida de peso en los frutos se incrementa como consecuencia de la transpiración después de la cosecha (Cáceres *et al.*, s.f.); las condiciones de baja humedad provocan un incremento de la transpiración, causando una

elevada pérdida de agua, lo que acelera la senescencia del fruto y una marcada pérdida de calidad por la aparición de arrugas en la corteza, por el encogimiento y ablandamiento (Guerra, 1996).

La pérdida de peso presenta una tendencia decreciente en todos los tratamientos: la mayor pérdida ocurrió en T3 con un porcentaje del 50.29%, seguido de los tratamientos T2, T5, T4 y T1 que perdieron el 49.15%, 47.47%, 47,34% y el 45.14% respectivamente, indicando que la adición del recubrimiento a base de proteína aislada de soya no incidió directamente sobre esta variable, posiblemente porque la pérdida de humedad está asociada con la permeabilidad al vapor de agua del recubrimiento, ya que para evitar esta transferencia es necesario mantener el equilibrio entre la capacidad de retención de agua en el film y el contenido de humedad del producto, manteniendo una temperatura constante (Sousa *et al.*, 2010), sin dejar a un lado el daño que se le causó al banano al ser cortado, lo cual puede ser otra razón por la que este incrementó su proceso de maduración. Otra razón por la que el recubrimiento no tuvo un efecto positivo, como se observa en la figura 38, pudo ser que las condiciones del ambiente circundante posiblemente se encontraban a un menor nivel de saturación, lo que causa un desequilibrio o desfase, en donde el agua se mueve desde el ambiente saturado hacia el menos saturado para equilibrar condiciones (Mosquera *et al.*, 2010) y por esta razón el fruto pierde peso.

Figura 38. Pérdida de peso vs Tiempo de seguimiento



El ANOVA (Anexo C) dio como resultado un efecto estadístico significativo ( $p < 0,05$ ) a través del tiempo entre los tratamientos, a diferencia de la relación entre ellos que no tuvo un efecto estadístico significativo ( $p > 0,05$ ) sobre esta variable. El modelo de Tuckey indicó que los tratamientos no presentaron diferencia significativa.

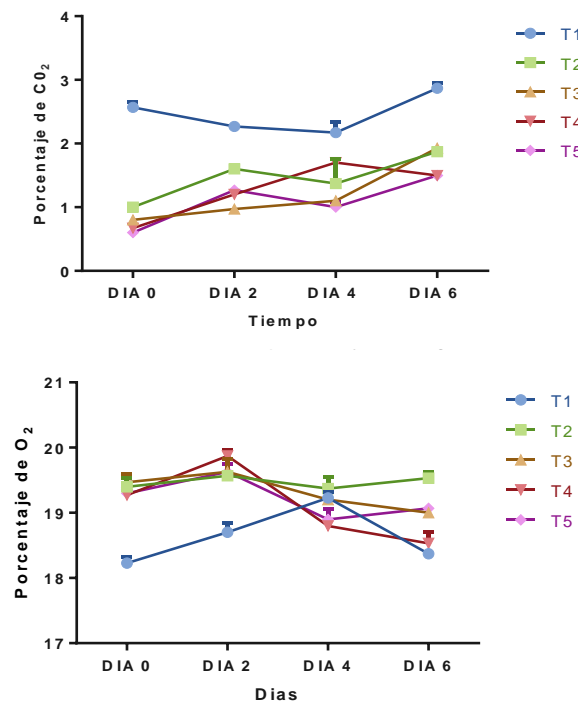
Estudios similares en banano precortado con recubrimiento comestible a base de alginato de sodio (1%) y cloruro de calcio (2%), con adición de sábila, no arrojó diferencia ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos, debido a que no se logró reducir la pérdida de humedad en comparación al control (Jiménez, 2015); sin embargo, un estudio realizado en fresa arrojó

diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos, donde se aprecia una pérdida de peso frente a T1 (testigo), comportamiento que se puede atribuir al carácter anfífilo y emulgente de la proteína aislada de soya, que generó resistencia a la difusión del agua, originando una mejor barrera de protección y evitando así la deshidratación (Insuasty *et al.*, 2015).

**3.6.2 Tasa de respiración.** Los frutos climatéricos presentan un pico respiratorio durante la maduración, cuando exhiben un aumento de la respiración y presentan una serie de cambios fisicoquímicos como desaparición de la clorofila, síntesis de pigmentos, ablandamiento de los tejidos debido a la descomposición de las pectinas, desarrollo de algunos constituyentes de olor y destrucción de otros (Castillo y Salazar, 2017). La respiración requiere como sustrato principal el oxígeno, que se va disminuyendo por la barrera física que ejercen los recubrimientos comestibles, modificando así la composición gaseosa interna, lo cual disminuye la tasa de respiración y la degradación de los compuestos de la pared celular (Fernández, 2015).

**3.6.2.1 Porcentaje de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.** Cuando las frutas se cortan y pelan, sus tejidos responden con un fuerte aumento en la tasa de respiración, causando un consumo acelerado de azúcares, lípidos y ácidos orgánicos, lo que induce la maduración y causa senescencia (Alves *et al.*, 2017). Los frutos climatéricos presentan un pico respiratorio durante la maduración organoléptica, con un incremento en la producción de CO<sub>2</sub> (Fernández, 2015).

Figura 39. Tasa de respiración



El T1 (Testigo) presentó mayor porcentaje de CO<sub>2</sub> y disminución de O<sub>2</sub> en relación a los otros tratamientos, dado que existe una relación inversamente proporcional en el proceso respiratorio, donde se utiliza oxígeno y se produce dióxido de carbono (Fernández, 2015). El tratamiento testigo, que no contenía recubrimiento, no contaba con una película de proteína que ofrece una buena barrera a los gases (Fernández, 2015) y que al ser hidrofóbica presenta resistencia mecánica, evitando lesiones para la fruta durante la manipulación (Moreira y Beltrán, 2014).

Se observa presencia de un pico climatérico para el T4 en el día 4, notándose una disminución del porcentaje de CO<sub>2</sub> después de este día, posiblemente por la conformación de componentes antioxidantes que evitan el pardeamiento enzimático del banano y no como barrera protectora para retardar la respiración.

Para tratamientos T1, T2, T3 y T5, a partir del día 4 se inicia un incremento de CO<sub>2</sub>; sin embargo, es mayor el porcentaje para el T1, aunque todos presentan tendencia a llegar a un pico climatérico. Al finalizar el seguimiento, se evidenció que T5 fue quien alcanzó el menor porcentaje de CO<sub>2</sub> al iniciar el descenso, debido a que la actividad respiratoria fue más baja en las fases previas a la maduración.

Se verificaron los resultados por medio del análisis de varianza ANOVA (Anexo C), que arrojó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos y tiempo sobre la producción de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, mientras que la prueba de Tuckey arrojó diferencias significativas entre sí entre todos los tratamientos, para todos los días.

Estudios similares con proteínas se han realizado como es el caso de recubrimientos de películas a base de proteína de soya succinilada, que extendió la vida útil de manzanas con películas de 10% de proteína de soya acilada aislada, 0,34% de quitosano 0,2% de ácido esteárico y remojo durante 60 s. Bajo estas condiciones, el pico climatérico de la respiración de las manzanas apareció en la tercera semana, que es una semana más larga que el grupo de control, con mejores índices fisiológicos que los controles. En aguacate se observó un retraso en la maduración por 2 días cuando se recubrían con películas de metilcelulosa, después de mantenerlos 8 días a 20°C. Estos resultados, resaltan la importancia y ventaja del uso de recubrimientos, que forman una barrera en la superficie del fruto modificando la composición gaseosa interna, lo cual disminuye la tasa de respiración y por lo tanto, prolongando la vida postcosecha del producto.

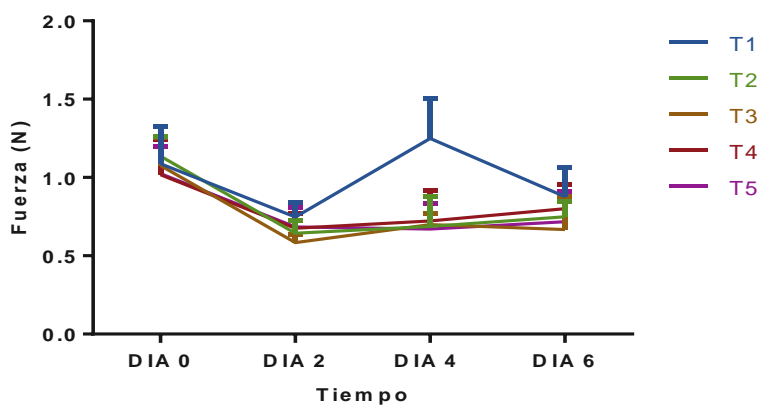
**3.6.3 Firmeza.** En las pruebas de firmeza se mide la fuerza que opone un material biológico al ser perforado o comprimido a cierta profundidad y deformación (Ciro *et al.*, 2005).

Al observar la figura 40 y el ANOVA (Anexo C), se obtuvo un efecto estadístico significativo de los tratamientos sobre la firmeza a través del tiempo ( $p < 0.05$ ); la prueba de Tuckey indicó que los tratamientos presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), sin

embargo se debe tener en cuenta que la prueba no fue homogénea, ya que se seleccionaron las muestras aleatoriamente y probablemente los resultados fueron variados, debido a que es una prueba destructiva y no se utilizaron las mismas muestras a través del tiempo.

El tratamiento T1 a partir del día 2 y hasta el último día de seguimiento, presentó mayor firmeza que los tratamientos con recubrimiento, debido a la ocurrencia de una desecación sobre la superficie de la rodaja que requirió mayor fuerza ejercida para la penetración; al aplicar el recubrimiento a los tratamientos, se mantuvo una estructura blanda atribuida a la solubilización de pectina por efecto de enzimas como la poligalacturonasa, que cataliza la hidrólisis de los enlaces glicosídicos  $\alpha$  1-4 de las sustancias pécticas, generando una disminución de la firmeza de los tejidos (Buitrago y Escobar, 2009).

Figura 40. Pérdida de firmeza vs tiempo de evaluación



Los tratamientos T2 y T3 presentaron un menor valor de firmeza durante el tiempo de seguimiento respecto a T4 y T5, debido posiblemente a que presentaron mayor crecimiento de hongos que causaron daños en la estructura, causando ablandamiento; sin embargo, debido a que no se realizaron otras pruebas, no es posible asegurarlo.

El estudio realizado por Jiménez (2015) en banano fresco cortado con aplicación de un recubrimiento a base de aloe vera, evidenció que la muestra testigo (sin recubrimiento) de banano fresco troceado presenta una capa seca en la corteza, que en la medición de firmeza arroja un valor alto de 0,43 N, a diferencia de los demás tratamientos con recubrimiento que presentaron valores entre 0,30 N y 0,32 N.

**3.6.4 Sólidos solubles totales.** Los sólidos solubles son componentes mayoritarios de los sólidos solubles totales (SST), por lo que son usados como criterio para establecer normas de maduración de algunas frutas, de manera que su calidad comestible suele estar correlacionada con estos últimos (Wills *et al.*, 1977 citado por Palacin, 2012). A medida que los frutos maduran, los contenidos de sólidos solubles aumentan por



procesos de hidrólisis del almidón en azúcares más simples (Herrero y Guardia, 1999, citado por Novoa 2006).

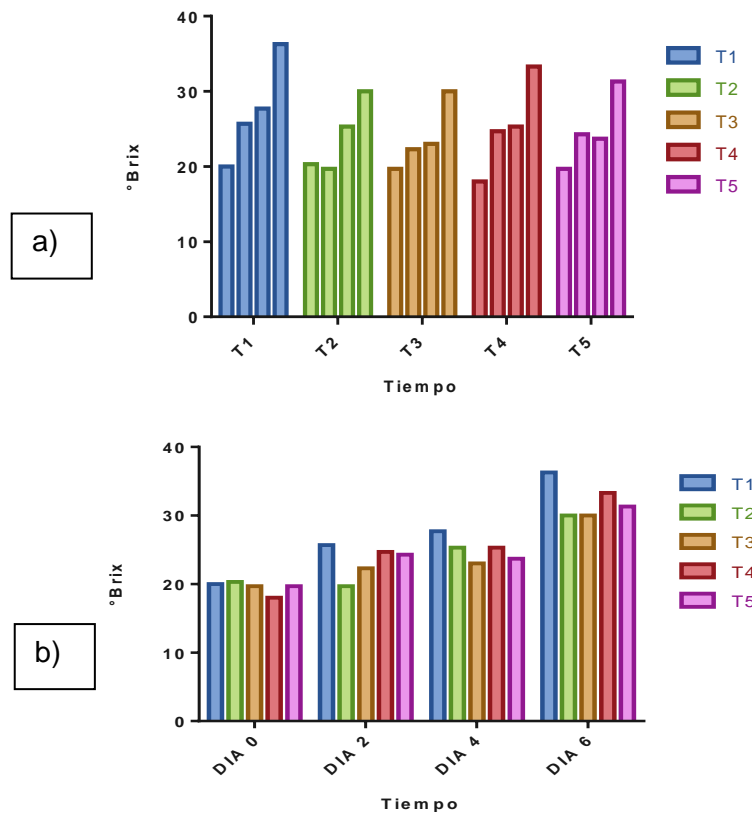
Para los cálculos de la corrección presentados en la figura 40, fue utilizada la AT y °Brix obtenidos en la experimentación (Norma Técnica Colombiana NTC 4086, 1996), de acuerdo con la siguiente ecuación

$$SST \text{ Corregido} = 0,194 * A + \text{°Brix} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde, A es el porcentaje de ácido málico y SST son los sólidos solubles totales.

El ANOVA (Anexo C), dio como resultado que los tratamientos presentaron un efecto estadístico significativo de SST a través del tiempo ( $p < 0.05$ ) (figura 41a). Se aplicó el modelo de Tuckey que indicó que los tratamientos si presentaron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Los grados Brix mostraron un comportamiento creciente, siendo un comportamiento más evidente en la muestra testigo T1 (Figura 41b).

Figura 41. a) Comportamiento de los grados (°Brix) vs Tratamientos. b) Comportamiento de los grados (°Brix) vs Tiempo de seguimiento



Se observaron diferencias significativas entre T1 y cada uno de los tratamientos con recubrimiento a través del tiempo de seguimiento, lo cual indica que estos últimos presentaron estabilización de su contenido de sólidos solubles, lo cual se ve reflejado en un proceso de maduración más lento (Mosquera y Fernández, 2016), lo cual indica que el recubrimiento tuvo un efecto positivo al permitir controlar la respiración y la senescencia, de forma similar a las atmósferas modificadas, ejerciendo así una barrera a los gases y al vapor de agua, controlando de esta manera el deterioro del fruto (Cisneros y Krochta, 2002).

Resultados similares se reportan en el estudio de Saavedra y Algecira (2010) en fresa, quienes 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; se observó que la muestra testigo (T1) fue el que presentó el mayor valor de grados Brix durante el tiempo de análisis. Esto se debe a que las propiedades de los recubrimientos ocasionan una barrera semipermeable alrededor de frutas y vegetales modificando la atmósfera interna al reducir el O<sub>2</sub> y/o elevar el contenido de CO<sub>2</sub> suprimiendo la evolución de etileno (Dong *et al.* 2004).

Castillo y Salazar (2017), reportan que en su investigación en la papaya encontraron 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), indicando que la papaya, al ser una fruta climatérica, logra mayor concentración de sólidos solubles durante el almacenamiento, así el mayor valor de sólidos solubles totales fue en el tratamiento T1 (testigo). Se observan en general menores valores en el contenido de sólidos solubles en los tratamientos con recubrimiento.

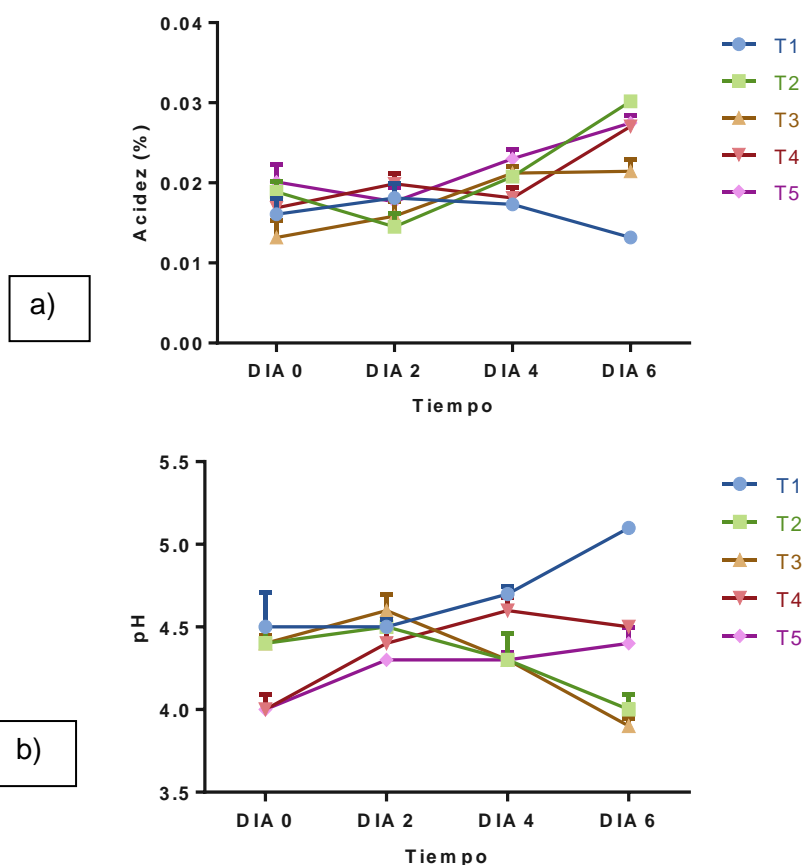
**3.6.5 pH y acidez titulable.** El pH es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una fruta, en tanto que la acidez titulable cuantifica la cantidad de ácido existente y sirve para medir el consumo del material y características ocultas, por lo que es un buen indicador del grado de maduración (Mosquera, 2010).

Se observa en la figura 42a, que el porcentaje de ácido málico fue incrementado con el tiempo en todos los tratamientos con recubrimiento T2, T3, T4 y T5, debido a que aumenta durante la maduración del fruto (Giraldo *et al.*, 2000), lo cual es consecuente con el proceso de maduración; sin embargo, T1 presentó un comportamiento diferente al presentar tendencia decreciente, lo que se pudo deber a su exposición al ambiente sin barrera contra gases, lo cual ocasiona que los ácidos orgánicos presentes en el banano, como el ácido málico, se volatilizaron (Mosquera, 2010) dando lugar a una rápida senescencia del fruto (Gonzales *et al.*, 2016).

Para la variable acidez titulable, se puede afirmar que el recubrimiento dio resultados positivos en los tratamientos donde fue incorporado, ya que logró conservar sus ácidos orgánicos, a diferencia de la muestra testigo.

En la figura 42b se observa que los valores de pH presentaron una disminución progresiva en los tratamientos T2 y T3, debido al incremento de ácido málico; en el tratamiento T1 se observa un incremento del pH a medida que la maduración avanza. Al relacionarlo con la figura 42a, se evidencia que este incremento es inversamente proporcional al porcentaje de ácido málico, por el aumento de la respiración, por la exposición al medio ambiente y velocidad de alcance del pico climatérico. En los tratamientos con recubrimiento y antioxidante (T4 y T5), la disminución observada se debe a la adición de ácidos para controlar el pardeamiento enzimático (Denoya, 2012). El ANOVA (Anexo C) dio como resultado que para las variables acidez titulable y pH, los tratamientos presentaron un efecto estadístico significativo a través del tiempo evaluado ( $p < 0.05$ ). Se aplicó el modelo de Tukey donde se mostraron las múltiples comparaciones entre los tratamientos, encontrando diferencias significativas entre sí.

Figura 42. a) Comportamiento del porcentaje de acidez titulable vs tiempo de seguimiento; b) Comportamiento del pH vs Tiempo de seguimiento



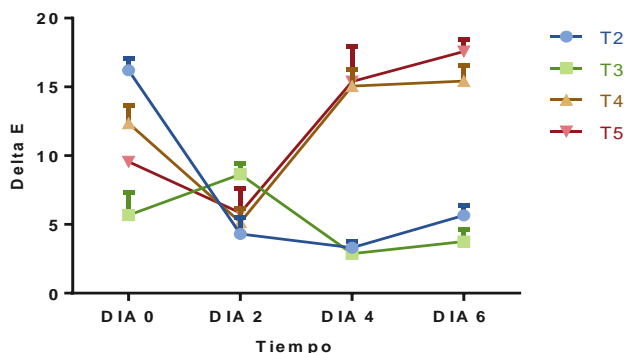
Estudios similares se reportaron en el plátano (Quiceno, 2014), donde los valores de pH presentaron una disminución progresiva en almacenamiento, debido al incremento de ácido málico durante el proceso de maduración del fruto desde el estado verde oscuro hasta el estado amarillo intenso.

El estudio de Palacin (2012) en plátano recubierto con almidón de yuca, ácido ascórbico y n-acetil-cisteína mostró un comportamiento similar al inicio en cuanto a valores de pH, siendo mayor en el control sin recubrir, mientras que los tratamientos mostraron similitudes hasta el final del experimento. En la evolución de la acidez los comportamientos fueron diferentes, ya que se observaron diferencias significativas entre todas las muestras, siendo mayor en las del tratamiento control, que alcanzó el mayor valor. Esto se debe a que la variación hacia un nivel bajo en valores de pH y acidez titulable, se relaciona con la reducción de la tasa de respiración; se considera que la acidez en los frutos se debe a la presencia de los ácidos ascórbico y málico hasta su completo desarrollo fisiológico, para empezar a decrecer, a partir de ese momento, a medida que madura la fruta.

**3.6.6 Color.** El modelo CieLab se basa en la respuesta de los observadores patrones (estándares) a un estímulo luminoso, es decir, trata de imitar la respuesta humana promedio a las longitudes de onda de la luz y cómo una persona promedio ve el color a través del espectro visible. Este modelo ha sido utilizado para el control de calidad de alimentos en frutas y hortalizas, debido a su facilidad de diferenciar el color de la muestra con el color patrón o estándar. En este modelo, el espacio de color es un sistema coordinado cartesiano definido por tres coordenadas rectangulares ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) de magnitudes adimensionales. La coordenada acromática  $L^*$  es la luminosidad o claridad y representa si un color es oscuro, gris o claro, variando desde cero para negro hasta 100 para blanco. Las coordenadas cromáticas  $a^*$  y  $b^*$  forman un plano perpendicular a  $L^*$ . La coordenada  $a^*$  corresponde a rojo si  $a^* > 0$ , o a verde si  $a^* < 0$ . La coordenada  $b^*$  corresponde al amarillo si  $b^* > 0$ , y al azul si  $b^* < 0$  (Herrera *et al.*, 2011).

**3.6.6.1 Variación de la coloración total del fruto (DE).** Se calculó DE para determinar la magnitud de variación total del color del banano. Iniciando las mediciones se evidencia que existe diferencia para todos los tratamientos (Figura 43): en el día 2 se notó un comportamiento similar para todos los tratamientos, excepto el T3, debido posiblemente al contenido solo de propóleo, que es de color verde, pardo e incluso negro, lo cual pudo haber incidido en un DE diferente; para el día 4 se evidencia un DE más pronunciado para los tratamientos, comprobando la medida de la diferencia o similitud total de color entre el blanco y cada uno de ellos.

Figura 43. Cambios en el DE con respecto al tiempo

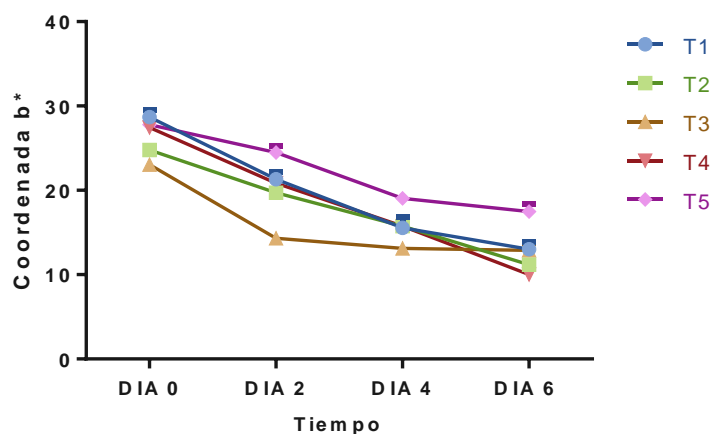


Al final del seguimiento, T4 y T5 mostraron comportamientos similares, obteniendo un DE más alto, mientras T2 y T3 se comportaron de una manera casi igual, obteniendo valores de DE más bajos.

El ANOVA (Anexo C) comparó todos los tratamientos entre sí, arrojando como resultado diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos y tiempo para DE en el banano. Se aplicó el modelo de Tuckey, encontrando las diferencias significativas entre si entre todos los tratamientos, para todos los días.

**Coordenada b\*:** para todos los tratamientos se evidenció un descenso sobre los valores de la coordenada b\* a través de los días, mostrando que existe un cambio del color, en donde la tonalidad de amarillo fue disminuyendo, comportamiento que está ligado al deterioro del banano a través de los días; este parámetro tiene relación con la coordenada L\*, quien orienta hacia un cambio de color marrón, ligado al pardeamiento enzimático.

Figura 44. Cambios de la coordenada b\* en los tratamientos con respecto al tiempo



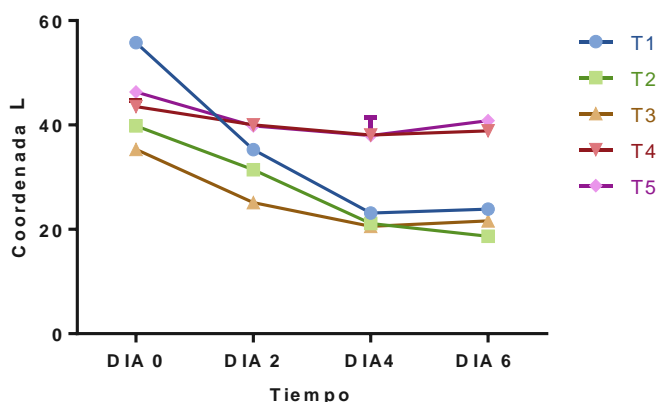
El ANOVA (Anexo C) comparó todos los tratamientos entre sí, arrojando como resultado diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos y tiempo; Tuckey mostró los tratamientos en los cuales existieron diferencias significativas, entre sí. Esto concuerda con lo encontrado en manzanas cortadas a partir de un revestimiento comestibles de aislado de proteína de suero, hidroxipropilo metilcelulosa como fase hidrófila, y cera de abeja o cera de carnauba como fase lipídica, donde se presentó que la variable b\* también disminuyó.

**Luminosidad (L\*):** se evidenció cambio de color para todos los tratamientos, siendo las coordenadas L\* y b\* las más importantes dentro de la escala CIELAB, porque son las que más influyeron al calcular DE para determinar la relación del color y estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas (Torres *et al.*, 2013). La coordenada a\* no se tomó en cuenta, debido a que no se encontraron diferencias significativas a través del seguimiento.

T1, T2, y T3 presentaron disminución de luminosidad frente a T4 y T5 (Figura 44), porque ninguno de ellos contenía algún componente para evitar el pardeamiento del banano (Artes *et al.*, 1998); por el contrario, T4 y T5 mostraron un aumento del valor L, que puede aludir a que los dos contenían antioxidantes. Se ha reconocido que los ácidos ascórbico y cítrico reducen efectivamente la actividad enzimática, variable ligada al color; el ácido ascórbico es reactivo y se oxida rápidamente a ácido de hidroascórbico, que puede reaccionarse con otros compuestos que llevan a cambios en la calidad de los frutos. Puede ser utilizado en combinación con otros acidulantes, siendo el más empleado el ácido cítrico, que debido a su presencia natural en tejidos actúa secuestrando al cobre, como cofactor enzimático de polifenoloxidasas, reduciendo las quinonas y devolviéndolas a fenoles, antes de formar pigmentos oscuros. Al incorporar agentes antipardeantes, es posible potencializar el efecto, reduciendo la actividad enzimática, evitando la pérdida de apariencia (Palacin, 2012).

Finalmente, se determinó que T4 y T5 fueron los mejores tratamientos. Estudios realizados para manzana fresca cortada a partir de un revestimiento comestible de aislado de proteína de suero, hidroxipropilo metilcelulosa como fase hidrófila, y cera de abeja o de carnauba como fase lipídica, indicaron que las piezas de manzana recubiertas con recubrimientos a base de proteína de suero tenían un L\* más alto (Pérez, 2004), siendo estos resultados similares a este estudio; por el contrario, un recubrimiento hecho con el objetivo de evaluar la adición de sábila a base de alginato de sodio (1%) y cloruro de calcio (2%) para banano precortado, mostró que la inclusión de sábila en los recubrimientos redujo luminosidad y no logró una estructura estable (Jiménez, 2015).

Figura 45. Cambios de la coordenada L\* en los tratamientos con respecto al tiempo



**3.6.7 Actividad enzimática.** La acción de la Polifenol Oxidasa (PFO) sobre los fenoles contenidos en el fruto, es considerado un cambio indeseable por el consumidor. Dado que los bananos son susceptibles de daño mecánico durante la cosecha, transporte, almacenamiento o procesamiento, se genera un estrés físico que afecta los tejidos de la planta y altera el metabolismo fenólico (García *et al.*, 2006). La reacción general sugiere que el enzima cataliza la formación de quinonas altamente reactivas con grupos amino o sulfhídrico de proteínas, las cuales generan cambios en las características físicas,

químicas y nutricionales del alimento. Las quinonas también pueden conducir a la polimerización y a reacciones de condensación entre proteínas y polifenoles, produciendo como consecuencia pigmentos de color café, proceso conocido como pardeamiento enzimático (Muñoz *et al.*, 2007).

Para evaluar la absorbancia se aplicó un barrido espectrofotométrico durante 300 segundos, a través del método cinético UV-VIS con lecturas a 402 nm, donde se midió el comportamiento cinético de la PPO. Cada medición arrojó una gráfica que muestra el comportamiento de todos los tratamientos (figura 45a, b, c); se observó la pendiente para cada uno (Anexo C), que representa la velocidad de reacción que se verá afectada si ocurre una inhibición de la enzima (Muñoz *et al.*, 2007).

Al realizar las mediciones para los días 0, 4 y 6, el T1 siempre presentó mayor absorbancia respecto a los otros, como se observa en la figura 45, notándose mayor actividad enzimática porque la enzima PPO y los polifenoles tuvieron contacto directo con el oxígeno y reaccionan en su presencia, oscureciendo visiblemente el producto (Queiroz *et al.*, 2008).

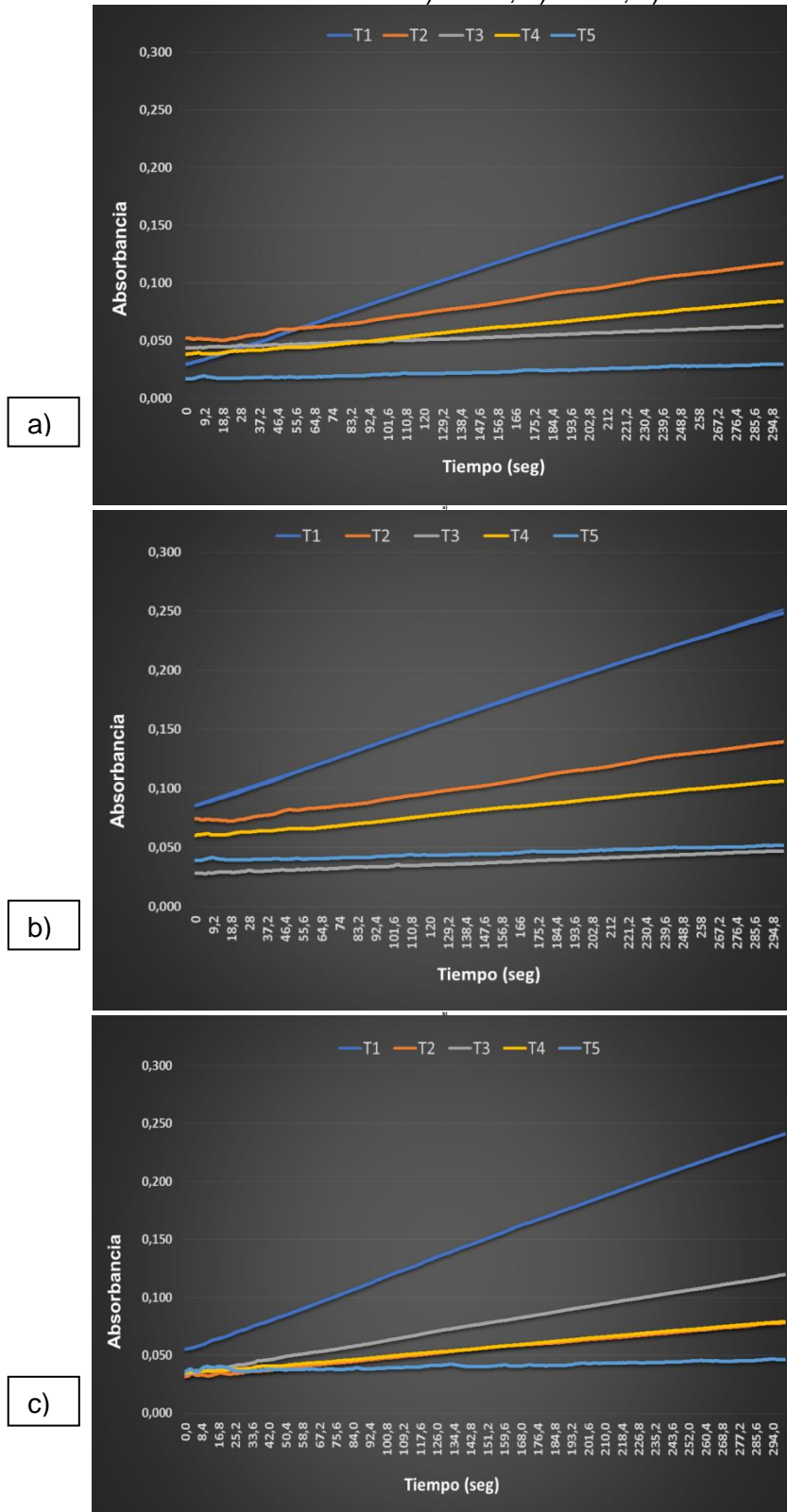
Los otros tratamientos contienen una capa protectora y la PPO puede ser inhibida por varias técnicas basadas en la eliminación de uno o más componentes esenciales, como oxígeno (Gil *et al.*, 2012); los tratamientos T4 y T5 mostraron un comportamiento similar, observándose menor absorbancia, lo que puede mostrar una respuesta positiva frente a la inhibición de la PPO.

Este comportamiento se puede explicar por la presencia de los ácidos cítrico y ascórbico en el recubrimiento. El efecto del ácido se debe principalmente a su capacidad de reducir las quinonas a compuestos fenólicos antes de que puedan sufrir una reacción adicional para formar pigmento (Rocculi *et al.*, 2007).

El tratamiento T3 presenta una disminución de la absorbancia del día 0 al 4, debido a que el propóleo contiene compuestos fenólicos que poseen propiedades antioxidantes, básicamente por la presencia de flavonoides (Hernández, 2013); sin embargo, para la medición del día 6 ocurrió un aumento de absorbancia para la mayoría de los tratamientos, posiblemente porque con el tiempo el sustrato va disminuyendo.

Estudios similares con manzanas, donde se utilizaron tres tipos de tratamientos, 2% Ácido ascórbico + 1% Ácido cítrico + 0,5% aditivos; 1% Ácido ascórbico + 0,5 % Ácido cítrico + 0,25% + aditivos, y agua empleada como control, mostraron que los tratamientos 1 y 2 fueron efectivos en evitar el pardeamiento de la fruta (Denoya *et al.*; 2012); se observó la inhibición de la PPO para el banano, agregándole un sistema bifásico de isoespintanol y ácido ascórbico, resultando con mejores valores de inhibición respecto al tratamiento control (Rojano, 2009).

Figura 46. Cinética enzimática de la PPO: a) Día 0; b) Día 4; c) Día 6





#### 4. CONCLUSIONES

El extracto etanólico de propóleo mostró una mayor inhibición en los hongos *Fusarium spp* y *Aspergillus spp* a una concentración de 9000 ppm; sin embargo en el análisis in vitro de la inhibición del propóleo en los hongos que afectan a la pulpa de banano, se observó que la mejor concentración es 10.000 ppm.

La incorporación de ácido cítrico y ácido ascórbico en el recubrimiento, generó un efecto inhibitorio en la actividad de la PPO al actuar como antipardeante, presentando una disminución en la absorbancia favorable respecto al tratamiento testigo.

La proteína de soya disminuyó significativamente la respiración del fruto en los tratamientos que contenían recubrimiento en comparación al blanco, donde se identificó que este efecto va de la mano para la reacción del pardeamiento, ya que al disminuir el oxígeno, la PPO tendrá menos sustrato para su reacción.

El recubrimiento elaborado a partir de proteína aislada de soya, extracto etanólico de propóleo y la combinación de ácido cítrico y ácido ascórbico, retrasó el pardeamiento y el deterioro fisiológico de las rodajas de banano, al ralentizar el metabolismo y retrasar la maduración, tal como se indica en los resultados de tasa de respiración, pH, acidez, color y °Brix.

Los ácidos ascórbico y cítrico son agentes reductores que evitan el pardeamiento, además de ser buenos secuestrantes de oxígeno, lo que permite la remoción de éste en las reacciones de la PPO. Sin embargo, el ácido ascórbico es oxidado al ácido dihidroascórbico durante el proceso de reducción y permite el pardeamiento posterior, es decir que aunque los antioxidantes tienen estas propiedades, su acción no es prolongada en el banano, lo que se vio reflejado en que los mejores tratamientos fueron T4 y T5 que no contenían antioxidantes.

Las condiciones ambientales como la humedad relativa y la temperatura del exterior intervinieron en los resultados, pues no se mantuvieron constantes a través del tiempo, por lo que repercutió en la permeabilidad al vapor de agua del recubrimiento y la variación entre los datos reportados de textura.

## **5. RECOMENDACIONES**

Realizar pruebas sobre el comportamiento del recubrimiento a base de proteína aislada de soya bajo condiciones de refrigeración, ya que esto ayudaría a la obtención de mejores resultados, adaptándose a los requerimientos del mercado actual.

Evaluar las características reológicas de la película a base de proteína asilada de soya, extracto etanólico de propóleo, y la combinación de ácidos cítrico y ascórbico.

Realizar un análisis detallado sobre las características organolépticas de los bananos recubiertos y un análisis bromatológico, para evaluar su composición nutricional después de aplicar el recubrimiento.

Seguir investigando en la aplicación de recubrimientos sobre el banano fresco troceado, con diferentes componentes como almidón de yuca o aloe vera, en búsqueda de mejores resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

ACHIPIZ, S.M.; CASTILLO, A.E.; MOSQUERA, S.A.; HOYOS, J.L. y NAVIA, D.P. Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). En: Revista Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 2013, vol. 11, no. 1, pág. 92-100. ISSN 1692-3561.

AGUILAR, M.A. Caracterización y aplicación de películas a base de gelatina carboximetilcelulosa para preservación de frutos de guayaba. En: Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales, 2012, vol. 25, no. 1, pág. 1-7.

ALI, A.; WEI, Y.Z. y MUSTAFA, M.M. Exploiting Propolis as an antimicrobial edible coating to control post-harvest anthracnose of bell pepper. En: Revista Packaging Technology and Science, 2014.

ÁLVAREZ, E.; CEBALLOS, G.; GAÑÁN, L.; RODRÍGUEZ, D.; GONZÁLEZ, S. y PANTOJA, A. Producción de material de “siembra” limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia, 2013, pág. 1-26.

ÁLVAREZ, E.; PANTOJA, A.; GAÑÁN, L. y CEBALLOS, G. La Sigatoka negra en plátano y banano. Guía para el reconocimiento y manejo de la enfermedad, aplicado a la agricultura familiar. En: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia: 2013.

ALVES, M.M.; GONCALVES, M.P. y ROCHA, C.M.R. Effect of ferulic acid on the performance of soy protein isolate-based edible coating applied fresh-cut apples. En: revista Elsevier, 2017, vol. 80, pág. 409-415.

ARIAS, E.L. y PIÑEROS, P.A. Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. Tesis Microbiología industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia: 2008, pág. 23.

ARTES, F.; CASTAÑER, M. y GIL, M.I. El pardeamiento enzimático en frutas y hortalizas mínimamente procesadas. En: Revista Food Science and Technology, 1998, vol.4.

ASBAMA ASOCIACIÓN DE BANANEROS DEL MAGDALENA Y LA GUAJIRA. Informe general. Barranquilla, 2016.

AVALLONE, C.; CRAVZOV, A.; MONTENEGRO, S. y PELLIZARI, E. Estudio de la actividad de la peroxidasa, pectinesterasa y polifenoloxidasa en extracto enzimático de sandía (*Citrullus vulgaris* Schard). Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Agroindustrias. Laboratorio de Química Analítica Instrumental. Chaco Argentina: s.f.

BARCO, P.L.; BURBANO, A.C.; MEDINA, M.; MOSQUERA, S.A. y VILLADA, H.S. Efecto del recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano. En: Biotecnología en el sector Agropecuario y agroindustrial, 2009, vol. 7, no 2, pág. 72-76.

BARRERA, J.; BARRAZA, F. y CAMPO, R. Efecto del sombrío sobre la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en cultivo de plátano cv harton (*Musa* AAB Simmonds). En: Revista Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA, 2016, pág. 317-323.

BELLOSO, O. y SOLIVA, R. Advances in Fresh-Cut Fruits and Vegetables Processing. Taylor & Francis Group. CRC Press, 2010, pág. 424.

BUCIO, C.M; NAVARRO, F.A; MARTINEZ, O.A. y TORRES, J.J. Efecto sobre hongos fitopatógenos de un extracto acuoso de propóleos obtenido de las abejas domésticas. En: Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2016.

BUITRAGO, J. y ESCOBAR, A.M. Aplicación de levadura *Candida spp* como una alternativa viable para la retardación en la pudrición del banano (*Musa acuminata*). Tesis Microbiología Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia: 2009, pág. 81.

CABALLERO, A.J.; POCASANGRE, L.E.; CASANOVES, F.; AVELINO, J.; TAPIA, A.C. y ORTIZ, J.L. Uso de aislamientos endofíticos de *Trichoderma spp* para el biocontrol del *Fusarium oxysporum f. sp* Cubense (Mal de Panamá) raza 1 en vitroplantas de banano del cultivar Gros Michel (AAA) en condiciones de invernadero. En: Universitas, 2013, vol. 4, no 1, pág. 71-82.

CÁCERES, I.; MULKAY, T.; RODRÍGUEZ, J. y PAUMIER, A. Conservación de productos hortofrutícolas. Instituto de investigaciones en fruticultura tropical. La Habana, Cuba: s.f.

CALERO, F.; AGUAYO, E.; GÓMEZ, P. y HERNÁNDEZ, F. Productos vegetales mínimamente procesados o de la cuarta gama [en línea]. Horticom News ©: 2009 [citado julio, 2017]. Disponible en internet en: <http://www.horticom.com/pd/article.php?sid=73132>.

CAMACHO, A.; GILES, M.; ORTEGÓN, A.; PALAO, M.; SERRANO, B. y VELÁZQUEZ, O. Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos. 2 ed. UNAM. Facultad de Química. México: 2009.

CASTILLO, D. y SALAZAR, K. 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.). Tesis Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: 2017, pág. 39.

CHIUMARELLI, M.; FERRARI, C.C.; SARANTÓPOULOS, C. y HUBINGER, M. Fresh cut "Tommy Atkins" mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. En: Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2011, vol. 12, no. 3, pág. 381-387.

CHRISTELOVA, P.; De LANGHE, E.; HRIBOVA, E.; 'IZKOVA'. J.; SARDOS. J.; HUSAKOVA, M.; Van Den HOUWE. I.; SUTANTO, A.; KAY KEPLER, A.; SWENNEN, R.; ROUX, N. y DOLEZEL, J. Molecular and cytological characterization of the global Musa germplasm collection provides insights into the treasure of banana diversity. En: Biodivers Conserv, 2017, pág. 802.

CIRO VELÁSQUEZ, H.; MONTOYA LÓPEZ, M. y MILLÁN CARDONA, J. Caracterización de propiedades mecánicas del banano (*Cavendish Valery*). En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, Colombia, 2005, vol. 58, no. 2.

CISNEROS, Z. y KROCHTA, L. Internal modified atmospheres of coated fresh fruits and vegetables: understanding relative humidity effects. En: Journal Food Sciences, 2002, vol. 67, no. 8, pág. 2792–2797.

CORTES, J. Evaluación del efecto de extracto etanólico de propolis sobre el control de *Alternaria solani* en cultivo ecológico de tomate (*Solanum lycopersicum*). Tesis Ingeniería Técnica Agrícola Especialidad Agropecuarias. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, 2008.

CUPULL, R.D; CORTÉS, R; OLAZABAL, E.E. y HERNÁNDEZ, C.A. Actividad antifúngica de propóleos obtenidos en tres provincias de Cuba sobre hongos contaminantes en cultivo de tejidos vegetales. En: Revista Redalyc, 2013, vol. 23, pág. 3-9.

DADZIE, B.K. y ORCHARD, J.E. Evaluación rutinaria de postcosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Francia: s.f.

DENOYA, G.I.; ARDANAZ, M.; SANCHO, A.M.; BENÍTEZ, C.E.; GONZÁLEZ, C. y GUIDI, S. Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. En: Revista de Investigaciones Agropecuarias, 2012, vol. 38, no. 3.

DOMÍNGUEZ, D.; VÁZQUEZ, H.; REYES, B.G.; ARZALUZ, J.I. y MARTÍNEZ, A. Aislamiento y purificación del hongo ectomicorrízico *Helvella lacunosa* en diferentes medios de cultivo. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. En: Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2013, vol. 16, pág. 51 – 59.

DONG, H.; CHENG, L.; TAN, J.; ZHENG, K. y JIANG, Y. Effects of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. En: Journal of Food Engineering, 2004, vol. 64, no. 3, pág. 355-358.

FALGUERA, V.; QUINTERO, J.P.; JIMENEZ, A.; ALDEMAR, J. e IBARZ, A. Edible Films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. En: Trends in Food Science & Technology, 2015, vol. 22, pág. 292-303.

FERNÁNDEZ, D.; BAUTISTA, S.; OCAMPO, A.; GARCÍA, A. y FALCÓN, A. Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. En: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 2015, vol. 24, no 3, pág. 52-57.

FERNÁNDEZ, N.M. Efecto barrera contra el vapor de agua de recubrimiento comestible sobre el tomate (*Solanum Lycopersicum*). Tesis Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: 2015, pág. 34-37.

\_\_\_\_\_, ECHEVERRÍA, D.C., MOSQUERA, S.M., PAZ, S.P. Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. En: Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 2017, vol.15.

FIGUEROA, J; SALCEDO, J.; AGUAS, Y.; OLIVERO, R. y NARVÁEZ G. Recubrimientos comestibles en la conservación del mango y aguacate, y perspectiva al uso de propóleo, en su formulación. En: Revista Colombiana de Ciencia Animal, 2011, vol. 3, no. 2, pág. 386-400.

GARCÍA, C.L; GIRALDO, G.A; HURTADO, H. y MENDIL, C.O. Cinética enzimática de la polifenol oxidasa del banana *Gros Michel* en diferentes estados de maduración. En: Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín, 2006, vol.13, pág. 13-19.

GARNACHO, J.; AMAYA, R.; ORTIZ, C.; LEÓN, C.; ÁLVAREZ, F.; NOLLA, J.; IRURETAGOYENA, J. y BARCENILLA, F. Isolation of *Aspergillus* spp from the respiratory tract in critically ill patients: risk factors, clinical presentation and outcome. En: Licensee BioMed Central, 2005.

GIL, M.A.; ROJANO, B.A. y GUERRERO, C.A. Inhibición de la polifenoloxidasas extraída del banano (*Cavendish*) por medio de algunos derivados del isoespintanol. Universidad Nacional de Colombia. Medellín: 2012.

GIRALDO, G.A.; CAYÓN, G.; ARCILA, M. y TORRES, F. Cambios químicos durante la maduración del fruto de plátano dominico-hartón (*Musa AAB Simmonds*) asociados con el clima de la región cafetera central colombiana. En: Corbana, 2000, vol. 26, no. 53.

GOL, N.B. y RAMANA, T.T. Influence of zein and gelatin coatings on the postharvest quality and shelf life extension of mango (*Mangifera indica* L.). En: EDP Science, 2013, vol. 69.

GUERRA, F. Tecnología post-cosecha de frutos cítricos. Curso integral de citricultura. Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical, 1996, pág. 242-257.

GUERRERO, C.A. Inhibición de la actividad enzimática de la polifenol oxidasa extraída del banano (*Cavendish valery*) mediante sistemas bifásicos acuosos con isoespintanol y ácido ascórbico. Tesis Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín: 2009.

GUIDELLI, C.; MATEOS, M.; ARGUDO, C. y PEREZ, M.B. Effect of a soy protein-based coating and modified atmosphere packaging. En: Revista Elsevier, 2015, vol. 99, pág. 105-113.

\_\_\_\_\_; SANCHIS, C.R; ARGUDO, M.M; Del RIO, M.A. y PÉREZ-GAG, M.B. Application of soy protein-beeswax edible coating with antioxidants: Effect reducing enzymatic browning of fresh-cut eggplants. En: Centro de Tecnología Pos cosecha Universidad CEU Cardenal Herrera. Instituto Valenciano de Investigaciones, España: 2010.

HASHEM, A; ABD-ALLAH, E.F. y ALWATHNANI, H.A. Effect of propolis on growth, aflatoxins production and lipid metabolism in *Aspergillus parasiticus* Spear. En: Pakistan Journal of Botany, 2012.

HERNÁNDEZ, L.S. Determinación del potencial nutracéutico y la actividad antioxidante de la miel propolizada elaborada por la empresa Apicare, Riobamba-Chimborazo. Tesis Bioquímico farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias. Escuela de Bioquímica y Farmacia. Riobamba, Ecuador: 2013.

HERRERA, J.J; TORRES, I.D; OLIVERES, C.O. y MEJÍA, J.W. Colorimetría del fruto de café (*Coffea arabica* L.) durante su desarrollo y maduración. En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 2011, vol.64.

HOYOS, N. y PÉREZ, R. Efecto de la aplicación de un recubrimiento de almidón de yuca modificado por vía ácida sobre el tomate larga vida (*solanum lycopersicum*). Tesis Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: 2017, pág. 27-29.

IBRAHIM, R.; OSMAN, A.; SAARI, N. y RAHMAN, R. Effects of anti-browning treatments on the storage quality of minimally processed shredded cabbage. En: Universiti Putra Malaysia, 2004, vol. 2, no 2, pág. 54-58.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). NTC 1190: Plátanos clasificación. El Instituto. Bogotá D.C.: 17, diciembre, 1976.

INSUASTY, A. y PERDOMO, P.A. Efecto de recubrimiento a base de propóleo y proteína de soya sobre la calidad de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). Tesis Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias. Popayán, Colombia: 2015, pág. 25.

JIMENEZ, V.G. Efecto de características físico-químicas y sensoriales de banano precortado (*Musa acuminata*) aplicando de recubrimientos comestibles a base de sábila (*Aloe vera* L.). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras (Guatemala): 2015.

LONDOÑO, A. Estudio comparativo de la actividad antifúngica de un extracto de propóleo mexicano y de tres plantas que *Apis mellifera* usa para su producción. Tesis Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo, énfasis en Manejo de Recursos Naturales. Instituto tecnológico de Costa. Cuautitlán Izcalli, México: 2010.

LÓPEZ, D.F.; CUATIN, L.Y.; ANDRADE, J. y OSORIO, O. Evaluation of an edible coating based whey protein and beeswax on the physical and chemical quality of gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Universidad de Nariño. Facultad de ingeniería agroindustrial. Grupo de apoyo a la investigación y desarrollo agroalimentario – GAIDA. San Juan de Pasto, Colombia: 2016.

LUNA, A. Valor Nutritivo de la Proteína de Soya. En: Investigación y Ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2006, vol. 14, no. 36, pág. 29-34.

MILLÁN, L. y CIRO, H.J. Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (*Cavendish Valery*). s.f.

MOLINA L., R.V. Efecto del escaldado sobre la vida de anaquel de brócoli (*Brassica oleracea* L.). Tesis Ingeniería Agroindustrial. Universidad del Cauca, Facultad de ciencias Agropecuarias. Popayán, Colombia: 2010, pág. 12.



MORANTE, J.; AGNIESZKA, A.; BRU-MARTINEZ, R.; CARRANZA, M.; PICO-SALTOS, R. y NIETO, E. Distribución, localización e inhibidores de las polifenoloxidasas en frutos y vegetales usados como alimento. En: Publicación Científica Grupo de Biotecnología y Biología Molecular. Universidad Técnica de Quevedo. Facultad de Ciencias Ambientales. Ecuador: 2014.

MOREIRA, A. y BELTRÁN, J.A. Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos. Universidad de las Américas. Chile: 2014.

MORENO, G.A. Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefon como agente madurador. Tesis Ingeniería de Alimentos. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en mecánica y Ciencias de la producción. Guayaquil, Ecuador: 2005.

MOSQUERA, S.A. y FERNÁNDEZ, N. Efecto de barrera contra vapor de agua de recubrimientos comestibles sobre tomate (*Solanum lycopersicum* L.). En: Agronomía Colombiana, 2016, vol. 1, Suplemento, pág. 93.

\_\_\_\_\_.; VILLADA, H.S. y HOYOS, J.H. Fisiología de la maduración de frutas. Universidad del Cauca. Sello Editorial Universidad del Cauca. 1a ed. Popayán, Colombia: 2010, pág. 91-117.

MUJICA, V.; ORREGO, R.; PÉREZ, J.; ROMERO, P.; OVALLE, P.; HERNÁNDEZ, J.; ARREDONDO, M. y LEIVA, E. The role of propolis in oxidative stress and lipid metabolism: a randomized controlled trial. Evidence-based complementary and Alternative Medicine. Universidad Católica del Maule. Facultad Ciencias de la Salud. Escuela de Medicina. Departamento de Bioquímica Clínica e Inmunohematología. Talca, Chile: 2017, pág. 11.

MUÑOZ, K.; BRAVO, K.; OCAMPO, P. y LONDOÑO J. Caracterización preliminar del enzima polifenoloxidasa en frutas tropicales: implicaciones en su proceso de industrialización. En: Revista Redalyc, 2007, vol. 13, pág. 161-164.

NOVOA, R.H.; MAURICIO BOJACÁ, M.; GALVIS, J.A. y FISCHER, G. Fruit maturity and calyx drying influence post-harvest behavior of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) stored at 12 °C. Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. 2006.

OSPINA, D.M.; CIRO, H.J. y ARISTIZÁBAL, I.D. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*). En: Revista Facultad Nacional de Agronomía, 2007, vol. 60, no. 2, pág. 4163-4178.

ÖZDEMİR, K.S. y GOKMEN, V. Extending the shelf-life of pomegranate arils with chitosan-ascorbic acid coating. En: LWT - Food Science and Technology, 2017, vol. 76, Part A, pág. 172-180.

PALACÍN, J.R. Efectos de recubrimientos de almidón de yuca, ácido ascórbico, n-acetilcisteína en la calidad del plátano (*Musa paradisiaca*). Tesis Maestría en Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia: 2012.

PASSOS, F.R.; MÉNDEZ, F.; CUNHA, M.; TEIXEIRA, M. y CARVALHO, A. Propolis extract in postharvest conservation banana "Prata". En: Revista Brasileira de Fruticultura, 2016, vol. 38, no. 2.

\_\_\_\_\_. Propolis extract coated in "Pera" orange fruits: an alternative to cold storage. En: African Journal of Agricultural Research, 2016, vol. 11, no. 23, pág. 2043-2099.

PAZ, S.P.; RUIZ, K.; ECHEVERRIA, D.C. y MOSQUERA, S.A. Efecto de la representación de la ahuyama (*Cucurbita moschata*) sobre el crecimiento de mohos. En: Agronomía Colombiana, 2016, vol. 1, suplemento, pág. S812-S814.

PENG, L.T.; YANG, S.Z; CHENG, Y.J; CHEN, F.; PAN, S.Y. y FAN, G. Antifungal activity and action mode of pinocembrin from propolis against *Penicillium italicum*. En: Food Science and Biotechnology, 2012.

PEREZ, M.B; SERRA, M; ALONSO, M; MATEOS, M. y DEL RIO, M.A. Effect of whey protein and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. En revista Elsevier, 2004, pag 77-85.

PIETRO, A.; GOMEZ, F.; MENDOZA, F.; WADSO, L.; ROMANI, S.; DALLA, M. y SJOHOLM, I. Effects of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. En: Postharvest Biology and Technology. 2017, pág. 151.

PINTO, L.M. Caracterización de los atributos de calidad durante el almacenamiento del banano verde (*Musa cavendish*) mínimamente procesado impregnado al vacío con soluciones antipardeantes. Tesis Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Medellín, Colombia: 2010, pág. 13.

QUEIROZ, C.; LÓPEZ, M.L.M.; FIALHO, E. y VALENTE-MESQUITA, V.L. Polyphenol Oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control. En: Food Reviews International, 2008, vol. 24.

QUICENO, M.C.; GIRALDO, G.A. y VILLAMIZAR, R.H. Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB, Simmonds) para la industrialización. Universidad La Gran Colombia. Armenia, Colombia: 2014.

REICHEL, H.; CUERVO, M. y MORALES, F.J. Caracterización parcial de un *Potexvirus* aislado de *Musa coccinea* afectada por rayado necrótico en Colombia. En: *Agronomía Colombiana*, 2008, vol. 26, no. 2, pág. 285-291.

RESTREPO, J.I. & ARISTIZABAL, I.D. Conservation of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch cv. *Camarosa*) by edible coating application of sabila gel mucilage (*Aloe barbadensis* Miller) and carnauba wax. En: *Vitae*, 2010, vol. 17, no. 3.

ROCULLI, P.; GOMEZ, F.; MENDOZA, F.; WADSO, L; ROMANI, S; ROSA, M. & INGEGERD, S. Effect of the application of anti-browning substances on the metabolic activity and sugar composition of fresh-cut potatoes. En: *Revista Elsevier*, 2007, vol. 43, pág. 151-157.

RODRÍGUEZ, M.A. Importancia económica, estado actual de la Raza Tropical 4 y acciones regionales para la prevención de su entrada en las Américas, 2014.

ROMERO, T. Efecto del tratamiento higienizante, recubrimiento comestible y envasado en atmósferas modificadas en el control del pardeamiento en alcachofa (*Cynara scolymus*) cortada en fresco. Tesis Maestría en Gestión y Seguridad Alimentaria. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España: 2005.

SAAVEDRA, N. y ALGECIRA, N. 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. 2010, vol. 8, no 14.

SABA, M.K., SOGVAR, O.B. Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples. En: *LWT - Food Science and Technology*, 2016, vol. 66, pág. 165-171.

SCHOLTZ, I.; SIYOU, N. y KORSTEN, L. *Penicillium* air mycoflora in postharvest fruit handling environments associated with the pear export chain. *Revista Elsevier*, 2017, vol. 128, pág. 153-160.

SOUSA, A.; SERENO, A.; HILLIOU, L. y GONÇALVES, M. Biodegradable Agar extracted from *Gracilaria Vermiculophylla*: Film properties and application to edible coating. En: *Rev. Materials Science Forum*, 2010, pág. 739-744.

SUMALAN, R.M.; ALEXA, E. y POIANA, M.A. Assessment of inhibitory potential of essential oils on natural mycophora and fusarium myco-toxins production in wheat. En: Chemistry Central Journal, 2013, vol. 7, no. 1, pág. 1-12.

TEPETLAN, P.V.; CARRAZANA, J.C.; ESTEVEZ, N.F. y NIETO, C.C. Una amenaza dormida: el virus del rayado del banano. En: Temas de ciencia y tecnología, 2016, vol 20, pág. 3-7.

TOLOSA, L. y CAÑIZARES, E. Obtención y evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de propóleos de Campeche. En: Revista de la Universidad de Granada. Ars Pharmaceutico, 2002, vol. 43.

TORRES, R.; MONTES, E.J; PEREZ, O.A. y ANDRADE, R.D. Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. En: Información tecnológica, 2013, vol. 24, no. 3, pág. 51-56.

TOSNE, Z.L.; MOSQUERA, S. y VILLADA, H.M. Efecto de recubrimiento de almidón de yuca y cera de abejas sobre el chontaduro. En: Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 2014, vol. 12, no. 2.

TRIGOS, A.; RAMÍREZ, K. y SALINAS, A. Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. En: Revista mexicana de micología, 2008, vol. 28, edición especial.

VARGAS, R.D; TORRESCANO, G.R. y SÁNCHEZ, A. El propóleo conservador potencial para la industria alimentaria. En: Redalyc Red de revistas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, 2013.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; MENDOZA, W; VALLEJO, B. y ACEDO, F. Mecanismos involucrados en la actividad antioxidante y antibacteriana del propóleos. En: Biotecnia, 2013, vol. 26, no. 1, pág. 32-37.

VASQUES, J; TORO, M.E; ROJAS, L. y ENCINAS, O. Actividad antifúngica in vitro de los extractivos naturales de especies latifoliadas de la Guayana. En: Redalyc, 2006.

VÁSQUEZ HIDALGO, A. Caracterización biológica del hongo *Aspergillus* sp y su impacto en la salud. Órgano científico-sociocultural de la Universidad de El Salvador, 2016.

VILLA, A.; PÉREZ, R.; MORALES, H.A.; BASURTO, M.; SOTO, J.M. y MARTÍNEZ, E. Situación actual en el control de *Fusarium spp.* y evaluación de la actividad antifúngica de

extractos vegetales. En: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 2014.

VILLANUEVA, J.E.; CONDEZO, L.A. y RAMIREZ, E. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh). En: Revista Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2010, vol. 30.

VIUDA, M.; RUIZ, Y.; FERNANDEZ, J. y PÉREZ, J.A. Functional Properties of Honey, Propolis and Royal Jelly. En: Concise Reviews and Hypotheses in Food Science, 2008, vol. 73, no 9.

WEI, W.Z.; IK, J.C.; SEUNG, B.H. y YUN, X.Z. Quality characteristics of fresh-cut "Fuji" apple slices from 1-methylcyclopropene-, calcium chloride-, and rare earth-treated intact fruits. En: Elsevier China, 2014, pág. 1-2.

ZHANG, J.; ZENG, L.; SUN, H.; ZHANG, J. y CHEN, S. Using chitosan combined treatment with citric acid as edible coatings to delay postharvest ripening process and maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. Department of Chemical Engineering, Xiangtan University, Xiangtan, China. En: Journal of Food and Nutrition Research, 2017, vol. 5, no. 3, pág. 144-150.

## ANEXOS

### Anexo A. Datos promedio de las tres réplicas realizadas

Cuadro 1. Área de crecimiento para hongo *Fusarium spp.* Cepa 1

Día	7000 ppm	8000 ppm	9000 ppm	10000 ppm	Blanco ppm
2	2,094±0,099	3,988±0,202	2,149±0,105	2,163±0,052	2,660±0,046
3	4,468±0,332	4,899±0,357	2,544±0,233	2,901±0,155	5,522±0,066
4	5,121±0,162	5,068±0,198	4,409±0,233	4,271±0,138	5,663±0,315
5	5,255±0,271	6,220±0,234	4,523±0,227	4,696±0,304	5,333±0,567
6	6,226±0,011	6,307±0,122	4,855±0,133	5,048±0,248	5,999±0,351
7	10,443±0,566	7,185±0,234	9,411±0,178	9,439±0,483	6,222±0,345

Cuadro 2. Porcentaje de inhibición para hongo *Fusarium spp.* Cepa 1

Concentración (ppm)	7000	8000	9000	10000
Día 2	19,462±0,099	0,0000±0,202	17,346±0,105	16,808±0,052
Día 3	19,087±0,332	11,282±0,357	53,930±0,233	47,465±0,150
Día 4	9,5711±0,162	10,507±0,198	22,144±0,230	24,581±0,150
Día 5	1,4630±0,271	0,0000±0,234	15,188±0,227	11,944±0,248
Día 6	0,000±0,010	0,0000±0,120	19,070±0,133	15,853±0,304
Día 7	0,000±0,566	0,0000±0,234	0,000±0,1333	0,000±0,4833

Cuadro 3. Área de crecimiento para hongo *Fusarium spp.* Cepa 2

Día	7000 ppm	8000 ppm	9000 ppm	10000 ppm	Blanco ppm
2	3,121±0,201	2,192±0,144	0,958±0,057	2,803±0,105	2,505±0,166
3	3,847±0,129	3,328±0,214	2,000±0,000	2,881±0,095	2,994±0,006
4	5,252±0,379	4,656±0,333	3,188±0,200	3,099±0,098	3,389±0,167
5	6,074±0,419	4,766±0,311	4,367±0,313	3,599±0,233	4,499±0,267
6	4,268±0,233	3,962±0,050	4,892±0,320	3,454±0,206	5,212±0,222
7	5,154±0,054	4,785±0,193	5,497±0,321	4,963±0,333	5,555±0,001

Cuadro 4. Porcentaje de inhibición para hongo *Fusarium spp.* Cepa 2

Concentración (ppm)	7000	8000	9000	10000
Día 2	0,000±0,201	12,495±0,14	61,756±0,05	0,000±0,105
Día 3	0,000±0,129	0,000±0,214	33,211±0,00	3,790±0,095
Día 4	0,000±0,379	0,000±0,330	5,931±0,200	8,557±0,098
Día 5	0,000±0,419	0,000±0,310	2,945±0,313	20,013±0,23
Día 6	18,112±0,23	24,02±0,050	6,140±0,320	33,730±0,20
Día 7	7,219±0,054	13,86±0,193	1,044±0,321	10,657±0,33

Cuadro 5. Área de crecimiento para hongo *Aspergillus spp.*

Día	7000 ppm	8000 ppm	9000 ppm	10000 ppm	Blanco ppm
2	2,444±0,370	2,215±1,327	3,912±0,257	2,695±0,087	2,566±0,223
3	2,289±1,166	3,124±0,457	4,523±0,236	4,688±0,174	3,075±0,310
4	4,069±1,046	3,753±0,5185	5,704±0,365	5,981±0,1574	4,406±0,182
5	6,300±0,408	5,233±0,454	5,003±0,235	5,819±0,399	5,299±0,000
6	10,627±0,126	9,755±0,345	6,422±0,443	6,188±0,312	7,997±0,538
7	11,011±0,480	10,344±0,00	9,675±0,531	8,974±0,532	11,50±0,450

Cuadro 6. Porcentaje de inhibición para hongo *Aspergillus spp.*

Concentración (ppm)	7000	8000	9000	10000
Día 2	4,754±0,370	13,679±1,32	0,000±0,257	0,000±0,087
Día 3	25,561±1,16	0,000±0,457	0,000±0,236	0,000±0,174
Día 4	7,649±1,046	14,821±0,51	0,000±0,365	0,000±0,157
Día 5	0,000±0,408	1,246±0,454	5,586±0,235	0,000±0,399
Día 6	0,000±0,126	0,000±0,345	19,695±0,44	22,621±0,31
Día 7	4,252±0,480	10,052±0,00	15,870±0,53	21,965±0,53

Cuadro 7. Área de crecimiento para hongo *Penicillium spp*

Día	7000 ppm	8000 ppm	9000 ppm	10000 ppm	Blanco ppm
2	1,949±0,050	1,882±0,117	1,732±0,055	1,596±0,099	3,3375±0,1395
3	2,686±0,127	2,355±0,180	2,537±0,339	2,216±0,124	3,834±0,157
4	3,930±0,267	3,190±0,106	3,979±0,298	3,096±0,208	5,859±0,2245
5	5,860±0,405	5,230±0,358	5,150±0,909	6,260±0,191	6,29±0,05
6	5,265±0,494	5,134±0,331	5,528±0,333	6,785±0,191	5,595±0,228
7	6,604±0,443	6,777±0,409	5,274±0,374	6,193±0,853	6,192±0,058

Cuadro 8. % de inhibición para hongo *Penicillium spp*

Concentración (ppm)	7000	8000	9000	10000
Día 2	41,603±0,050	43,610±0,117	48,090±0,0555	52,180±0,0999
Día 3	29,943±0,127	38,576±0,180	33,829±0,339	42,201±0,124
Día 4	32,924±0,267	45,554±0,106	32,087±0,2985	47,158±0,2082
Día 5	6,836±0,405	16,852±0,358	18,124±0,909	0,477±0,191
Día 6	5,898±0,494	8,239±0,331	1,197±0,333	0,000±0,191
Día 7	0,000±0,443	0,000±0,409	14,826±0,374	0,000±0,853

Cuadro 9. Pérdida de peso en los tratamientos durante el tiempo de seguimiento

Días	T1	T2	T3	T4	T5
2	4,5 ± 0,0471	4,5 ± 0,0471	4,6 ± 0,0943	4,4 ± 0,0943	4,3 ± 0
4	4,7 ± 0,0471	4,3 ± 0,1632	4,3 ± 0	4,6 ± 0,0816	4,3 ± 0,0471
6	5,1 ± 0	4 ± 0,0943	3,9 ± 0,0471	4,5 ± 0	4,4 ± 0,0943

Cuadro 10. Porcentaje de Co<sub>2</sub> durante el tiempo de seguimiento

Días	T1	T2	T3	T4	T5
0	2,57±0,09	1,00±0,00	0,80±0,00	0,67±0,05	0,60±0,00
2	2,27±0,05	1,60±0,00	0,97±0,00	1,20±0,00	1,27±0,05
4	2,17±0,17	1,37±0,38	1,10±0,00	1,70±0,00	1,00±0,08
6	2,87±0,09	1,87±0,05	1,93±0,05	1,50±0,00	1,50±0,00

Cuadro 11. Porcentaje de O<sub>2</sub> durante el tiempo de seguimiento

Días	T1	T2	T3	T4	T5
0	18,23±0,09	19,44±0,14	19,47±0,12	19,27±0,12	19,33±0,08
2	19,57±0,05	19,63±0,20	19,87±0,09	19,63±0,12	19,63±0,12
4	19,23±0,09	19,37±0,17	19,20±0,15	18,80±0,00	18,90±0,16
6	18,37±0,05	19,53±0,09	19,00±0,05	18,53±0,17	19,07±0,05

Cuadro 12. Firmeza de los tratamientos durante el tiempo de seguimiento

Días	T1	T2	T3	T4	T5
0	1,088 ± 0,2374	1,1365 ± 0,1270	1,075 ± 0,1830	1,0175 ± 0,2232	1,0235 ± 0,1762
2	0,7475 ± 0,0901	0,6435 ± 0,0818	0,585 ± 0,0485	0,6765 ± 0,0936	0,6835 ± 0,1261
4	1,2485 ± 0,2573	0,6875 ± 0,1892	0,699 ± 0,0700	0,9225 ± 0,1948	0,67 ± 0,1645
6	0,878 ± 0,1884	0,75 ± 0,0950	0,667 ± 0,2122	0,8005 ± 0,1570	0,718 ± 0,1905

Cuadro 13. Sólidos solubles totales en los tratamientos durante el tiempo de seguimiento

Días	T1	T2	T3	T4	T5
0	20 ± 1,6329	20,3 ± 0,4714	19,7 ± 1,2472	418 ± 1,4142	19,7 ± 0,4714
2	25,7 ± 0,9428	19,7 ± 0,9428	23,3 ± 1,2472	24,7 ± 0,4714	24,3 ± 0,4714
4	27,7 ± 0,9428	25,3 ± 0,9428	23 ± 1,6330	25,3 ± 1,2472	23,7 ± 0,4714
6	36,3 ± 0,4714	30 ± 0	30 ± 0	38,3 ± 1,2472	31,3 ± 0,4714

Cuadro 14. Porcentaje de acidez (ácido málico) durante el tiempo de seguimiento

Días	T1	T2	T3	T4	T5
0	0,0160 ± 0,0020	0,0189 ± 0,0012	0,0132 ± 0,0021	0,0168 ± 0,0002	0,0201 ± 0,0022
2	0,0181 ± 0,0019	0,0145 ± 0,0017	0,0159 ± 0,0018	0,0198 ± 0,0013	0,0176 ± 0,0018
4	0,0173 ± 0,0002	0,0208 ± 0,0005	0,0212 ± 0,0008	0,0181 ± 0,0014	0,0230 ± 0,0011
6	0,0132 ± 0,0006	0,0302 ± 0,0005	0,0214 ± 0,0014	0,0270 ± 0,0006	0,0274 ± 0,0009

Cuadro 15. pH en cada tratamiento durante el tiempo de seguimiento

Días	T1	T2	T3	T4	T5
0	4,5 ± 0,2055	4,4 ± 0,0943	4,4 ± 0,0471	4 ± 0,0943	4 ± 0
2	4,5 ± 0,0471	4,5 ± 0,0471	4,6 ± 0,0943	4,4 ± 0,0943	4,3 ± 0
4	4,7 ± 0,0471	4,3 ± 0,1633	4,3 ± 0	4,6 ± 0,0816	4,3 ± 0,0471
6	5,1 ± 0	4 ± 0,0943	3,9 ± 0,0471	4,5 ± 0	4,4 ± 0,0943



Cuadro 16. Variación de la coloración total DE

Días	T2	T3	T4	T5
0	16,205±0,864	5,678±1,67	12,356±1,28	9,550±0,01
2	4,306±1,235	8,64108±0,76	5,155±1,01	5,849±1,77
4	3,302±0,415	2,880±0,31	15,058±1,24	15,386±2,57
6	5,663±0,74	3,758±0,844	15,418±1,10	17,555±0,83

Cuadro 17. Variación de la luminosidad en los tratamientos durante el tiempo de seguimiento

Días	T1	T2	T3	T4	T5
0	55,79±0,71	39,83±0,35	35,34±0,63	43,55±1,25	46,33±0,85
2	35,25±0,84	31,41±0,85	25,11±0,53	40,00±0,82	39,81±0,57
4	23,12±1,02	21,12±0,22	20,57±0,50	38,07±0,29	37,99±3,55
6	23,88±0,82	18,66±0,36	21,64±0,87	38,89±0,40	40,81±0,58

Cuadro 18. Cinética enzimática para el día Día 0

Tratamiento	Ecuación de la recta	Pendiente	Valor R <sup>2</sup>
T1	$y = 0,0002x + 0,03$	0,0002	R <sup>2</sup> = 0,9993
T2	$y = 9E-05x + 0,0467$	9E-05	R <sup>2</sup> = 0,9969
T3	$y = 3E-05x + 0,0436$	3E-05	R <sup>2</sup> = 0,9977
T4	$y = 6E-05x + 0,0359$	6E-05	R <sup>2</sup> = 0,9972
T5	$y = 2E-05x + 0,0165$	2E-05	R <sup>2</sup> = 0,98

Cuadro 19. Cinética enzimática para el Día 4

Tratamiento	Ecuación de la recta	Pendiente	Valor R <sup>2</sup>
T1	$y = 0,0002x + 0,086$	0,0002	R <sup>2</sup> = 0,9993
T2	$y = 9E-05x + 0,0687$	9E-05	R <sup>2</sup> = 0,9969
T3	$y = 3E-05x + 0,0279$	3E-05	R <sup>2</sup> = 0,997
T4	$y = 6E-05x + 0,0579$	6E-05	R <sup>2</sup> = 0,9972
T5	$y = 2E-05x + 0,0385$	2E-05	R <sup>2</sup> = 0,9825

Cuadro 20. Cinética enzimática para el Día 6

Tratamiento	Ecuación de la recta	Pendiente	Valor R <sup>2</sup>
T1	$y = 0,0003x + 0,0539$	0,0003	R <sup>2</sup> = 0,9996
T2	$y = 6E-05x + 0,0315$	6E-05	R <sup>2</sup> = 0,9988
T3	$y = 0,0001x + 0,0341$	0,0001	R <sup>2</sup> = 0,9998
T4	$y = 6E-05x + 0,034$	6E-05	R <sup>2</sup> = 0,9992
T5	$y = 1E-05x + 0,0364$	1E-05	R <sup>2</sup> = 0,903

## Anexo B. Análisis estadístico para la optimización de los ácidos cítrico y ascórbico

Cuadro 1. Análisis de Varianza para Luminosidad

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
B:Acido ascórbico	49,1504	1	49,1504	6,73	0,0409
AA	9,7523	1	9,7523	1,34	0,2917
AB	1,54183	1	1,54183	0,21	0,6620
BB	86,934	1	86,934	11,91	0,0136
Error total	43,7997	6	7,29995		
Total (corr.)	203,016	10			

## Anexo C. Análisis estadístico hasta el día 7 de todos los tratamientos

En el análisis estadístico de los tratamientos hasta el día siete se aplicó un nivel de significancia de 0,05 para rechazar o aceptar la hipótesis nula ( $H_0$ ).

### HIPÓTESIS:

**H<sub>0</sub>:** “La aplicación de los cuatro recubrimientos no incide en la disminución de la pérdida de peso del banano fresco troceado”

**H<sub>a</sub>:** “La aplicación de los cuatro recubrimientos incide en la disminución de la pérdida de peso del banano fresco troceado”

### ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA PÉRDIDA DE PESO

Cuadro 1. Método Tukey (ANOVA)

Fuente	% total de variación	P value	Resumen valor P	Significant?
Interacción	0,4480	0,9831	ns	No
Días	91,23	< 0,0001	****	Yes
Tratamientos	3,540	0,0001	***	Yes

Cuadro 2. ANOVA para la pérdida de peso en los tratamientos

ANOVA	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	Valor P
Interacción	32,92	12	2,743	F (12, 40) = 0,3125	P = 0,9831
Días	6704	3	2235	F (3, 40) = 254,6	P < 0,0001
Tratamientos	260,1	4	65,03	F (4, 40) = 7,408	P = 0,0001
Residual	351,1	40	8,778		

Cuadro 3. Prueba Tukey múltiple comparación de un factor (días) en la pérdida de peso

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
DIA 0			
T1 vs. T2	-0,6700	-7,579 to 6,239	No
T1 vs. T3	0,0	-6,909 to 6,909	No
T1 vs. T4	2,000	-4,909 to 8,909	No
T1 vs. T5	5,660	-1,249 to 12,57	No
T2 vs. T3	0,6700	-6,239 to 7,579	No
T2 vs. T4	2,670	-4,239 to 9,579	No
T2 vs. T5	6,330	-0,5791 to 13,24	No
T3 vs. T4	2,000	-4,909 to 8,909	No
T3 vs. T5	5,660	-1,249 to 12,57	No
T4 vs. T5	3,660	-3,249 to 10,57	No
DIA 2			

T1 vs. T2	-0,3300	-7,239 to 6,579	No
T1 vs. T3	0,6700	-6,239 to 7,579	No
T1 vs. T4	3,000	-3,909 to 9,909	No
T1 vs. T5	6,000	-0,9091 to 12,91	No
T2 vs. T3	1,000	-5,909 to 7,909	No
T2 vs. T4	3,330	-3,579 to 10,24	No
T2 vs. T5	6,330	-0,5791 to 13,24	No
T3 vs. T4	2,330	-4,579 to 9,239	No
T3 vs. T5	5,330	-1,579 to 12,24	No
T4 vs. T5	3,000	-3,909 to 9,909	No
<b>DIA 4</b>			
T1 vs. T2	1,000	-5,909 to 7,909	No
T1 vs. T3	2,660	-4,249 to 9,569	No
T1 vs. T4	4,000	-2,909 to 10,91	No
T1 vs. T5	7,330	0,4209 to 14,24	Yes
T2 vs. T3	1,660	-5,249 to 8,569	No
T2 vs. T4	3,000	-3,909 to 9,909	No
T2 vs. T5	6,330	-0,5791 to 13,24	No
T3 vs. T4	1,340	-5,569 to 8,249	No
T3 vs. T5	4,670	-2,239 to 11,58	No
T4 vs. T5	3,330	-3,579 to 10,24	No
<b>DIA 6</b>			
T1 vs. T2	2,000	-4,909 to 8,909	No
T1 vs. T3	3,000	-3,909 to 9,909	No
T1 vs. T4	2,330	-4,579 to 9,239	No
T1 vs. T5	4,330	-2,579 to 11,24	No
T2 vs. T3	1,000	-5,909 to 7,909	No
T2 vs. T4	0,3300	-6,579 to 7,239	No
T2 vs. T5	2,330	-4,579 to 9,239	No
T3 vs. T4	-0,6700	-7,579 to 6,239	No
T3 vs. T5	1,330	-5,579 to 8,239	No
T4 vs. T5	2,000	-4,909 to 8,909	No

## ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA TASA DE RESPIRACIÓN

Cuadro 4. método tukey (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	11,33	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	21,48	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	65,38	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 5. ANOVA para la disminución de la tasa de respiración CO<sub>2</sub> en los tratamientos

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	2,606	12	0,2171	F (12, 40) = 20,84	P < 0,0001
Row Factor	4,938	3	1,646	F (3, 40) = 158,0	P < 0,0001
Column Factor	15,03	4	3,758	F (4, 40) = 360,6	P < 0,0001
Residual	0,4168	40	0,01042		

Cuadro 6. Prueba Tukey múltiple comparación de un factor (días) en la disminución de tasa de respiración CO<sub>2</sub>

DIA 0			
T1 vs. T2	1,570	1,332 to 1,808	Yes
T1 vs. T3	1,770	1,532 to 2,008	Yes
T1 vs. T4	1,900	1,662 to 2,138	Yes
T1 vs. T5	1,970	1,732 to 2,208	Yes
T2 vs. T3	0,2000	-0,03805 to 0,4380	No
T2 vs. T4	0,3300	0,09195 to 0,5680	Yes
T2 vs. T5	0,4000	0,1620 to 0,6380	Yes
T3 vs. T4	0,1300	-0,1080 to 0,3680	No
T3 vs. T5	0,2000	-0,03805 to 0,4380	No
T4 vs. T5	0,07000	-0,1680 to 0,3080	No
DIA 2			
T1 vs. T2	0,6700	0,4320 to 0,9080	Yes
T1 vs. T3	1,300	1,062 to 1,538	Yes
T1 vs. T4	1,070	0,8320 to 1,308	Yes
T1 vs. T5	1,000	0,7620 to 1,238	Yes
T2 vs. T3	0,6300	0,3920 to 0,8680	Yes
T2 vs. T4	0,4000	0,1620 to 0,6380	Yes
T2 vs. T5	0,3300	0,09195 to 0,5680	Yes
T3 vs. T4	-0,2300	-0,4680 to 0,008046	No
T3 vs. T5	-0,3000	-0,5380 to -0,06195	Yes
T4 vs. T5	-0,07000	-0,3080 to 0,1680	No
DIA 4			
T1 vs. T2	0,8000	0,5620 to 1,038	Yes
T1 vs. T3	1,070	0,8320 to 1,308	Yes
T1 vs. T4	0,4700	0,2320 to 0,7080	Yes
T1 vs. T5	1,170	0,9320 to 1,408	Yes
T2 vs. T3	0,2700	0,03195 to 0,5080	Yes
T2 vs. T4	-0,3300	-0,5680 to -0,09195	Yes
T2 vs. T5	0,3700	0,1320 to 0,6080	Yes
T3 vs. T4	-0,6000	-0,8380 to -0,3620	Yes
T3 vs. T5	0,1000	-0,1380 to 0,3380	No
T4 vs. T5	0,7000	0,4620 to 0,9380	Yes
DIA 6			
T1 vs. T2	1,000	0,7620 to 1,238	Yes
T1 vs. T3	0,9400	0,7020 to 1,178	Yes
T1 vs. T4	1,370	1,132 to 1,608	Yes
T1 vs. T5	1,370	1,132 to 1,608	Yes

T2 vs. T3	-0,06000	-0,2980 to 0,1780	No
T2 vs. T4	0,3700	0,1320 to 0,6080	Yes
T2 vs. T5	0,3700	0,1320 to 0,6080	Yes
T3 vs. T4	0,4300	0,1920 to 0,6680	Yes
T3 vs. T5	0,4300	0,1920 to 0,6680	Yes
T4 vs. T5	0,0	-0,2380 to 0,2380	No

Cuadro 7. Método Tukey (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	33,02	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	21,77	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	40,59	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 8. ANOVA para la disminución de la tasa de respiración O<sub>2</sub> en los tratamientos

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	3,961	12	0,3301	F (12, 40) = 23,83	P < 0,0001
Row Factor	2,612	3	0,8705	F (3, 40) = 62,83	P < 0,0001
Column Factor	4,870	4	1,218	F (4, 40) = 87,88	P < 0,0001
Residual	0,5542	40	0,01386		

Cuadro 9. Prueba Tukey múltiple comparación de un factor (días) en la disminución de tasa de respiración O<sub>2</sub>

DIA 0			
T1 vs. T2	-1,170	-1,444 to -0,8955	Yes
T1 vs. T3	-1,240	-1,514 to -0,9655	Yes
T1 vs. T4	-1,040	-1,314 to -0,7655	Yes
T1 vs. T5	-1,070	-1,344 to -0,7955	Yes
T2 vs. T3	-0,07000	-0,3445 to 0,2045	No
T2 vs. T4	0,1300	-0,1445 to 0,4045	No
T2 vs. T5	0,1000	-0,1745 to 0,3745	No
T3 vs. T4	0,2000	-0,07449 to 0,4745	No
T3 vs. T5	0,1700	-0,1045 to 0,4445	No
T4 vs. T5	-0,03000	-0,3045 to 0,2445	No
DIA 2			
T1 vs. T2	-0,8700	-1,144 to -0,5955	Yes
T1 vs. T3	-0,9300	-1,204 to -0,6555	Yes
T1 vs. T4	-1,170	-1,444 to -0,8955	Yes
T1 vs. T5	-0,9300	-1,204 to -0,6555	Yes
T2 vs. T3	-0,06000	-0,3345 to 0,2145	No
T2 vs. T4	-0,3000	-0,5745 to -0,02551	Yes
T2 vs. T5	-0,06000	-0,3345 to 0,2145	No
T3 vs. T4	-0,2400	-0,5145 to 0,03449	No
T3 vs. T5	0,0	-0,2745 to 0,2745	No
T4 vs. T5	0,2400	-0,03449 to 0,5145	No

DIA 4			
T1 vs. T2	-0,1400	-0,4145 to 0,1345	No
T1 vs. T3	0,03000	-0,2445 to 0,3045	No
T1 vs. T4	0,4300	0,1555 to 0,7045	Yes
T1 vs. T5	0,3300	0,05551 to 0,6045	Yes
T2 vs. T3	0,1700	-0,1045 to 0,4445	No
T2 vs. T4	0,5700	0,2955 to 0,8445	Yes
T2 vs. T5	0,4700	0,1955 to 0,7445	Yes
T3 vs. T4	0,4000	0,1255 to 0,6745	Yes
T3 vs. T5	0,3000	0,02551 to 0,5745	Yes
T4 vs. T5	-0,1000	-0,3745 to 0,1745	No
DIA 6			
T1 vs. T2	-1,160	-1,434 to -0,8855	Yes
T1 vs. T3	-0,6300	-0,9045 to -0,3555	Yes
T1 vs. T4	-0,1600	-0,4345 to 0,1145	No
T1 vs. T5	-0,7000	-0,9745 to -0,4255	Yes
T2 vs. T3	0,5300	0,2555 to 0,8045	Yes
T2 vs. T4	1,000	0,7255 to 1,274	Yes
T2 vs. T5	0,4600	0,1855 to 0,7345	Yes
T3 vs. T4	0,4700	0,1955 to 0,7445	Yes
T3 vs. T5	-0,07000	-0,3445 to 0,2045	No
T4 vs. T5	-0,5400	-0,8145 to -0,2655	Yes

## ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA FIRMEZA

Cuadro 10. Método Tukey (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	13,95	0,2087	ns	No
Row Factor	39,84	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	12,85	0,0097	**	Yes

Cuadro 11. ANOVA para la firmeza en el banano

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	0,4614	12	0,03845	F (12, 40) = 1,395	P = 0,2087
Row Factor	1,317	3	0,4391	F (3, 40) = 15,93	P < 0,0001
Column Factor	0,4248	4	0,1062	F (4, 40) = 3,852	P = 0,0097
Residual	1,103	40	0,02757		

Cuadro 12. Prueba Tukey múltiple comparación de un factor (días) en la disminución de firmeza

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
DIA 0			
T1 vs. T2	-0,04850	-0,4357 to 0,3387	No

T1 vs. T3	0,01300	-0,3742 to 0,4002	No
T1 vs. T4	0,07050	-0,3167 to 0,4577	No
T1 vs. T5	0,06450	-0,3227 to 0,4517	No
T2 vs. T3	0,06150	-0,3257 to 0,4487	No
T2 vs. T4	0,1190	-0,2682 to 0,5062	No
T2 vs. T5	0,1130	-0,2742 to 0,5002	No
T3 vs. T4	0,0575	-0,3297 to 0,4447	No
T3 vs. T5	0,05150	-0,3357 to 0,4387	No
T4 vs. T5	-0,006000	-0,3932 to 0,3812	No
DIA 2			
T1 vs. T2	0,1040	-0,2832 to 0,4912	No
T1 vs. T3	0,1625	-0,2247 to 0,5497	No
T1 vs. T4	0,07100	-0,3162 to 0,4582	No
T1 vs. T5	0,06400	-0,3232 to 0,4512	No
T2 vs. T3	0,05850	-0,3287 to 0,4457	No
T2 vs. T4	-0,03300	-0,4202 to 0,3542	No
T2 vs. T5	-0,04000	-0,4272 to 0,3472	No
T3 vs. T4	-0,09150	-0,4787 to 0,2957	No
T3 vs. T5	-0,09850	-0,4857 to 0,2887	No
T4 vs. T5	-0,007000	-0,3942 to 0,3802	No
DIA 4			
T1 vs. T2	0,5610	0,1738 to 0,9482	Yes
T1 vs. T3	0,5495	0,1623 to 0,9367	Yes
T1 vs. T4	0,3260	-0,06122 to 0,7132	No
T1 vs. T5	0,5785	0,1913 to 0,9657	Yes
T2 vs. T3	-0,0115	-0,3987 to 0,3757	No
T2 vs. T4	-0,2350	-0,6222 to 0,1522	No
T2 vs. T5	0,01750	-0,3697 to 0,4047	No
T3 vs. T4	-0,2235	-0,6107 to 0,1637	No
T3 vs. T5	0,02900	-0,3582 to 0,4162	No
T4 vs. T5	0,2525	-0,1347 to 0,6397	No
DIA 6			
T1 vs. T2	0,1280	-0,2592 to 0,5152	No
T1 vs. T3	0,2110	-0,1762 to 0,5982	No
T1 vs. T4	0,07750	-0,3097 to 0,4647	No
T1 vs. T5	0,1600	-0,2272 to 0,5472	No
T2 vs. T3	0,0830	-0,3042 to 0,4702	No
T2 vs. T4	-0,05050	-0,4377 to 0,3367	No
T2 vs. T5	0,03200	-0,3552 to 0,4192	No
T3 vs. T4	-0,1335	-0,5207 to 0,2537	No
T3 vs. T5	-0,0510	-0,4382 to 0,3362	No
T4 vs. T5	0,08250	-0,3047 to 0,4697	No

## ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

Cuadro 13. Método Tukey (ANOVA)



Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	9,007	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	81,69	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	7,257	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 14. ANOVA para la variación de sólidos solubles totales en los tratamientos

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	164,1	12	13,67	F (12, 40) = 14,65	P < 0,0001
Row Factor	1488	3	496,0	F (3, 40) = 531,4	P < 0,0001
Column Factor	132,2	4	33,05	F (4, 40) = 35,41	P < 0,0001
Residual	37,33	40	0,9333		

Cuadro 15. Prueba Tukey múltiple comparación de un factor (días) en el aumento de los sólidos solubles totales

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
<b>DIA 0</b>			
T1 vs. T2	-0,3000	-2,553 to 1,953	No
T1 vs. T3	0,3000	-1,953 to 2,553	No
T1 vs. T4	2,000	-0,2529 to 4,253	No
T1 vs. T5	0,3000	-1,953 to 2,553	No
T2 vs. T3	0,6000	-1,653 to 2,853	No
T2 vs. T4	2,300	0,04710 to 4,553	Yes
T2 vs. T5	0,6000	-1,653 to 2,853	No
T3 vs. T4	1,700	-0,5529 to 3,953	No
T3 vs. T5	0,0	-2,253 to 2,253	No
T4 vs. T5	-1,700	-3,953 to 0,5529	No
<b>DIA 2</b>			
T1 vs. T2	6,000	3,747 to 8,253	Yes
T1 vs. T3	3,400	1,147 to 5,653	Yes
T1 vs. T4	1,000	-1,253 to 3,253	No
T1 vs. T5	1,400	-0,8529 to 3,653	No
T2 vs. T3	-2,600	-4,853 to -0,3471	Yes
T2 vs. T4	-5,000	-7,253 to -2,747	Yes
T2 vs. T5	-4,600	-6,853 to -2,347	Yes
T3 vs. T4	-2,400	-4,653 to -0,1471	Yes
T3 vs. T5	-2,000	-4,253 to 0,2529	No
T4 vs. T5	0,4000	-1,853 to 2,653	No
<b>DIA 4</b>			
T1 vs. T2	2,400	0,1471 to 4,653	Yes
T1 vs. T3	4,700	2,447 to 6,953	Yes
T1 vs. T4	2,400	0,1471 to 4,653	Yes
T1 vs. T5	4,000	1,747 to 6,253	Yes
T2 vs. T3	2,300	0,04710 to 4,553	Yes
T2 vs. T4	0,0	-2,253 to 2,253	No
T2 vs. T5	1,600	-0,6529 to 3,853	No

T3 vs. T4	-2,300	-4,553 to -0,04710	Yes
T3 vs. T5	-0,7000	-2,953 to 1,553	No
T4 vs. T5	1,600	-0,6529 to 3,853	No
<b>DIA 6</b>			
T1 vs. T2	6,300	4,047 to 8,553	Yes
T1 vs. T3	6,300	4,047 to 8,553	Yes
T1 vs. T4	-2,000	-4,253 to 0,2529	No
T1 vs. T5	5,000	2,747 to 7,253	Yes
T2 vs. T3	0,0	-2,253 to 2,253	No
T2 vs. T4	-8,300	-10,55 to -6,047	Yes
T2 vs. T5	-1,300	-3,553 to 0,9529	No
T3 vs. T4	-8,300	-10,55 to -6,047	Yes
T3 vs. T5	-1,300	-3,553 to 0,9529	No
T4 vs. T5	7,000	4,747 to 9,253	Yes

## ANÁLISIS DE VARIANZA PARA pH Y ACIDEZ

Cuadro 16. Método Tukey para pH (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	52,30	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	7,787	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	33,84	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 17. ANOVA para la variación de pH

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	2,448	12	0,2040	F (12, 40) = 28,69	P < 0,0001
Row Factor	0,3645	3	0,1215	F (3, 40) = 17,09	P < 0,0001
Column Factor	1,584	4	0,3960	F (4, 40) = 55,69	P < 0,0001
Residual	0,2844	40	0,007111		

Cuadro 18. Prueba tukey múltiple comparación de un factor (días) en la variación de tasa pH

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
<b>DIA 0</b>			
T1 vs. T2	0,1000	-0,09665 to 0,2966	No
T1 vs. T3	0,1000	-0,09665 to 0,2966	No
T1 vs. T4	0,5000	0,3034 to 0,6966	Yes
T1 vs. T5	0,5000	0,3034 to 0,6966	Yes
T2 vs. T3	0,0	-0,1966 to 0,1966	No
T2 vs. T4	0,4000	0,2034 to 0,5966	Yes
T2 vs. T5	0,4000	0,2034 to 0,5966	Yes
T3 vs. T4	0,4000	0,2034 to 0,5966	Yes

T3 vs. T5	0,4000	0,2034 to 0,5966	Yes
T4 vs. T5	0,0	-0,1966 to 0,1966	No
DIA 2			
T1 vs. T2	0,0	-0,1966 to 0,1966	No
T1 vs. T3	-0,1000	-0,2966 to 0,09665	No
T1 vs. T4	0,1000	-0,09665 to 0,2966	No
T1 vs. T5	0,2000	0,003350 to 0,3966	Yes
T2 vs. T3	-0,1000	-0,2966 to 0,09665	No
T2 vs. T4	0,1000	-0,09665 to 0,2966	No
T2 vs. T5	0,2000	0,003350 to 0,3966	Yes
T3 vs. T4	0,2000	0,003350 to 0,3966	Yes
T3 vs. T5	0,3000	0,1033 to 0,4966	Yes
T4 vs. T5	0,1000	-0,09665 to 0,2966	No
DIA 4			
T1 vs. T2	0,4000	0,2033 to 0,5966	Yes
T1 vs. T3	0,4000	0,2033 to 0,5966	Yes
T1 vs. T4	0,1000	-0,09665 to 0,2966	No
T1 vs. T5	0,4000	0,2033 to 0,5966	Yes
T2 vs. T3	0,0	-0,1966 to 0,1966	No
T2 vs. T4	-0,3000	-0,4966 to -0,1033	Yes
T2 vs. T5	0,0	-0,1966 to 0,1966	No
T3 vs. T4	-0,3000	-0,4966 to -0,1033	Yes
T3 vs. T5	0,0	-0,1966 to 0,1966	No
T4 vs. T5	0,3000	0,1033 to 0,4966	Yes
DIA 6			
T1 vs. T2	1,100	0,9034 to 1,297	Yes
T1 vs. T3	1,200	1,003 to 1,397	Yes
T1 vs. T4	0,6000	0,4034 to 0,7966	Yes
T1 vs. T5	0,7000	0,5034 to 0,8966	Yes
T2 vs. T3	0,1000	-0,09665 to 0,2966	No
T2 vs. T4	-0,5000	-0,6966 to -0,3034	Yes
T2 vs. T5	-0,4000	-0,5966 to -0,2034	Yes
T3 vs. T4	-0,6000	-0,7966 to -0,4034	Yes
T3 vs. T5	-0,5000	-0,6966 to -0,3034	Yes
T4 vs. T5	0,1000	-0,09665 to 0,2966	No

Cuadro 19. Método Tukey para porcentaje de acidez (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	36,43	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	35,86	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	21,98	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 20. ANOVA para del porcentaje acidez (ácido málico)

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	0,0004689	12	3,907e-005	F (12, 40) = 21,21	P < 0,0001
Row Factor	0,0004616	3	0,0001539	F (3, 40) = 83,51	P < 0,0001

Column Factor	0,0002829	4	7,074e-005	F (4, 40) = 38,40	P < 0,0001
Residual	7,369e-005	40	1,842e-006		

Cuadro 21. Prueba Tukey múltiple comparación de un factor (días) en la variación del porcentaje de acidez (ácido málico)

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
<b>DIA 0</b>			
T1 vs. T2	-0,002793	-0,005959 to 0,0003719	No
T1 vs. T3	0,002905	-0,0002602 to 0,006070	No
T1 vs. T4	-0,0007821	-0,003947 to 0,002383	No
T1 vs. T5	-0,004022	-0,007188 to -0,0008571	Yes
T2 vs. T3	0,005698	0,002533 to 0,008864	Yes
T2 vs. T4	0,002011	-0,001154 to 0,005176	No
T2 vs. T5	-0,001229	-0,004394 to 0,001936	No
T3 vs. T4	-0,003687	-0,006852 to -0,0005219	Yes
T3 vs. T5	-0,006927	-0,01009 to -0,003762	Yes
T4 vs. T5	-0,003240	-0,006406 to -7,500e-005	Yes
<b>DIA 2</b>			
T1 vs. T2	0,003575	0,0004102 to 0,006741	Yes
T1 vs. T3	0,002235	-0,0009306 to 0,005400	No
T1 vs. T4	-0,001788	-0,004953 to 0,001378	No
T1 vs. T5	0,0004469	-0,002718 to 0,003612	No
T2 vs. T3	-0,001341	-0,004506 to 0,001824	No
T2 vs. T4	-0,005363	-0,008528 to -0,002198	Yes
T2 vs. T5	-0,003129	-0,006294 to 3,673e-005	No
T3 vs. T4	-0,004022	-0,007188 to -0,0008571	Yes
T3 vs. T5	-0,001788	-0,004953 to 0,001378	No
T4 vs. T5	0,002235	-0,0009306 to 0,005400	No
<b>DIA 4</b>			
T1 vs. T2	-0,003464	-0,006629 to -0,0002985	Yes
T1 vs. T3	-0,003911	-0,007076 to -0,0007454	Yes
T1 vs. T4	-0,0007821	-0,003947 to 0,002383	No
T1 vs. T5	-0,005698	-0,008864 to -0,002533	Yes
T2 vs. T3	-0,0004469	-0,003612 to 0,002718	No
T2 vs. T4	0,002682	-0,0004837 to 0,005847	No
T2 vs. T5	-0,002235	-0,005400 to 0,0009306	No
T3 vs. T4	0,003129	-3,674e-005 to 0,006294	No
T3 vs. T5	-0,001788	-0,004953 to 0,001378	No
T4 vs. T5	-0,004916	-0,008082 to -0,001751	Yes
<b>DIA 6</b>			
T1 vs. T2	-0,01698	-0,02015 to -0,01382	Yes
T1 vs. T3	-0,008268	-0,01143 to -0,005103	Yes
T1 vs. T4	-0,01385	-0,01702 to -0,01069	Yes
T1 vs. T5	-0,01430	-0,01747 to -0,01114	Yes
T2 vs. T3	0,008715	0,005550 to 0,01188	Yes
T2 vs. T4	0,003129	-3,674e-005 to 0,006294	No
T2 vs. T5	0,002682	-0,0004837 to 0,005847	No

T3 vs. T4	-0,005587	-0,008752 to -0,002421	Yes
T3 vs. T5	-0,006034	-0,009199 to -0,002868	Yes
T4 vs. T5	-0,0004469	-0,003612 to 0,002718	No

## ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL COLOR

Cuadro 22. Método Tukey para la variación de color DE (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	50,21	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	14,05	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	32,22	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 23. ANOVA para DE

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	658,4	9	73,15	F (9, 32) = 50,74	P < 0,0001
Row Factor	184,2	3	61,39	F (3, 32) = 42,58	P < 0,0001
Column Factor	422,5	3	140,8	F (3, 32) = 97,68	P < 0,0001
Residual	46,14	32	1,442		

Cuadro 24. Prueba tukey múltiple comparación de un factor (días) en la variación del DE

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
DIA 0			
T2 vs. T3	10,53	7,870 to 13,18	Yes
T2 vs. T4	3,849	1,193 to 6,505	Yes
T2 vs. T5	6,655	3,999 to 9,311	Yes
T3 vs. T4	-6,678	-9,334 to -4,021	Yes
T3 vs. T5	-3,872	-6,528 to -1,215	Yes
T4 vs. T5	2,806	0,1499 to 5,463	Yes
DIA 2			
T2 vs. T3	-4,334	-6,991 to -1,678	Yes
T2 vs. T4	-0,8453	-3,502 to 1,811	No
T2 vs. T5	-1,543	-4,199 to 1,113	No
T3 vs. T4	3,489	0,8327 to 6,145	Yes
T3 vs. T5	2,791	0,1348 to 5,447	Yes
T4 vs. T5	-0,6979	-3,354 to 1,958	No
DIA 4			
T2 vs. T3	0,4224	-2,234 to 3,079	No
T2 vs. T4	-11,76	-14,41 to -9,099	Yes
T2 vs. T5	-12,08	-14,74 to -9,427	Yes

T3 vs. T4	-12,18	-14,83 to -9,522	Yes
T3 vs. T5	-12,51	-15,16 to -9,849	Yes
T4 vs. T5	-0,3279	-2,984 to 2,328	No
<b>DIA 6</b>			
T2 vs. T3	1,905	-0,7511 to 4,562	No
T2 vs. T4	-9,754	-12,41 to -7,098	Yes
T2 vs. T5	-11,91	-14,57 to -9,258	Yes
T3 vs. T4	-11,66	-14,32 to -9,003	Yes
T3 vs. T5	-13,82	-16,48 to -11,16	Yes
T4 vs. T5	-2,159	-4,816 to 0,4968	No

Cuadro 25. método tukey para la luminosidad (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	17,70	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	41,51	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	40,04	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 26. ANOVA variación de la luminosidad

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	1053	12	87,77	F (12, 40) = 79,45	P < 0,0001
Row Factor	2470	3	823,2	F (3, 40) = 745,1	P < 0,0001
Column Factor	2382	4	595,6	F (4, 40) = 539,1	P < 0,0001
Residual	44,19	40	1,105		

Cuadro 27. Prueba tukey múltiple comparación de un factor (días) en la variación de la luminosidad

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
<b>DIA 0</b>			
T1 vs. T2	15,96	13,51 to 18,41	Yes
T1 vs. T3	20,45	18,00 to 22,90	Yes
T1 vs. T4	12,24	9,789 to 14,69	Yes
T1 vs. T5	9,460	7,009 to 11,91	Yes
T2 vs. T3	4,490	2,039 to 6,941	Yes
T2 vs. T4	-3,720	-6,171 to -1,269	Yes
T2 vs. T5	-6,500	-8,951 to -4,049	Yes
T3 vs. T4	-8,210	-10,66 to -5,759	Yes
T3 vs. T5	-10,99	-13,44 to -8,539	Yes
T4 vs. T5	-2,780	-5,231 to -0,3289	Yes
<b>DIA 2</b>			
T1 vs. T2	3,840	1,389 to 6,291	Yes
T1 vs. T3	10,14	7,689 to 12,59	Yes
T1 vs. T4	-4,750	-7,201 to -2,299	Yes
T1 vs. T5	-4,560	-7,011 to -2,109	Yes
T2 vs. T3	6,300	3,849 to 8,751	Yes
T2 vs. T4	-8,590	-11,04 to -6,139	Yes
T2 vs. T5	-8,400	-10,85 to -5,949	Yes
T3 vs. T4	-14,89	-17,34 to -12,44	Yes
T3 vs. T5	-14,70	-17,15 to -12,25	Yes

T4 vs. T5	0,1900	-2,261 to 2,641	No
DIA4			
T1 vs. T2	2,000	-0,4511 to 4,451	No
T1 vs. T3	2,550	0,09889 to 5,001	Yes
T1 vs. T4	-14,95	-17,40 to -12,50	Yes
T1 vs. T5	-14,87	-17,32 to -12,42	Yes
T2 vs. T3	0,5500	-1,901 to 3,001	No
T2 vs. T4	-16,95	-19,40 to -14,50	Yes
T2 vs. T5	-16,87	-19,32 to -14,42	Yes
T3 vs. T4	-17,50	-19,95 to -15,05	Yes
T3 vs. T5	-17,42	-19,87 to -14,97	Yes
T4 vs. T5	0,08000	-2,371 to 2,531	No
DIA 6			
T1 vs. T2	5,220	2,769 to 7,671	Yes
T1 vs. T3	2,240	-0,2111 to 4,691	No
T1 vs. T4	-15,01	-17,46 to -12,56	Yes
T1 vs. T5	-16,93	-19,38 to -14,48	Yes
T2 vs. T3	-2,980	-5,431 to -0,5289	Yes
T2 vs. T4	-20,23	-22,68 to -17,78	Yes
T2 vs. T5	-22,15	-24,60 to -19,70	Yes
T3 vs. T4	-17,25	-19,70 to -14,80	Yes
T3 vs. T5	-19,17	-21,62 to -16,72	Yes
T4 vs. T5	-1,920	-4,371 to 0,5311	No

## ANÁLISIS DE VARIANZA DEL % DE INHIBICIÓN DE PROPOLEO PARA LOS HONGOS DEL BANANO

Cuadro 28. Método Tukey para el % de inhibición del propoleo en *fusarium spp* cepa 1 (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	18,89	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	53,29	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	27,81	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 29. ANOVA la variación % de inhibición

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	2691	15	179,4	F (15, 48) = 2829	P < 0,0001
Row Factor	7594	5	1519	F (5, 48) = 23947	P < 0,0001
Column Factor	3963	3	1321	F (3, 48) = 20828	P < 0,0001
Residual	3,044	48	0,06342		

Cuadro 30. Prueba Tukey múltiple comparación de un factor (días) en la variación de % de inhibición en *fusarium spp* cepa 1

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
-----------------------------------	------------	-----------------	--------------

DIA 2			
7000 vs. 8000	19,46	18,91 to 20,01	Yes
7000 vs. 9000	2,116	1,569 to 2,663	Yes
7000 vs. 10000	2,654	2,107 to 3,201	Yes
8000 vs. 9000	-17,35	-17,89 to -16,80	Yes
8000 vs. 10000	-16,81	-17,36 to -16,26	Yes
9000 vs. 10000	0,5380	-0,009239 to 1,085	No
DIA 3			
7000 vs. 8000	7,805	7,258 to 8,352	Yes
7000 vs. 9000	-34,84	-35,39 to -34,30	Yes
7000 vs. 10000	-28,38	-28,93 to -27,83	Yes
8000 vs. 9000	-42,65	-43,20 to -42,10	Yes
8000 vs. 10000	-36,18	-36,73 to -35,64	Yes
9000 vs. 10000	6,465	5,918 to 7,012	Yes
DIA 4			
7000 vs. 8000	-0,9360	-1,483 to -0,3888	Yes
7000 vs. 9000	-12,57	-13,12 to -12,03	Yes
7000 vs. 10000	-15,01	-15,56 to -14,46	Yes
8000 vs. 9000	-11,64	-12,18 to -11,09	Yes
8000 vs. 10000	-14,07	-14,62 to -13,53	Yes
9000 vs. 10000	-2,437	-2,984 to -1,890	Yes
DIA 5			
7000 vs. 8000	1,463	0,9158 to 2,010	Yes
7000 vs. 9000	-13,73	-14,27 to -13,18	Yes
7000 vs. 10000	-10,48	-11,03 to -9,934	Yes
8000 vs. 9000	-15,19	-15,74 to -14,64	Yes
8000 vs. 10000	-11,94	-12,49 to -11,40	Yes
9000 vs. 10000	3,244	2,697 to 3,791	Yes
DIA 6			
7000 vs. 8000	0,0	-0,5472 to 0,5472	No
7000 vs. 9000	-19,07	-19,62 to -18,52	Yes
7000 vs. 10000	-15,85	-16,40 to -15,31	Yes
8000 vs. 9000	-19,07	-19,62 to -18,52	Yes
8000 vs. 10000	-15,85	-16,40 to -15,31	Yes
9000 vs. 10000	3,217	2,670 to 3,764	Yes
DIA 7			
7000 vs. 8000	0,0	-0,5472 to 0,5472	No
7000 vs. 9000	0,0	-0,5472 to 0,5472	No
7000 vs. 10000	0,0	-0,5472 to 0,5472	No
8000 vs. 9000	0,0	-0,5472 to 0,5472	No
8000 vs. 10000	0,0	-0,5472 to 0,5472	No
9000 vs. 10000	0,0	-0,5472 to 0,5472	No

Cuadro 31. Método tukey para el % de inhibición del propoleo en *fusarium spp* cepa 2 (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
---------------------	----------------------	---------	-----------------	--------------



Interaction	68,24	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	18,67	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	13,07	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 32. ANOVA la variación % de inhibición

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	10548	15	703,2	F (15, 48) = 12703	P < 0,0001
Row Factor	2886	5	577,2	F (5, 48) = 10426	P < 0,0001
Column Factor	2020	3	673,5	F (3, 48) = 12165	P < 0,0001
Residual	2,657	48	0,05536		

Cuadro 33. Prueba tukey múltiple comparación de un factor (días) en la variación de % de inhibición en *fusarium spp* cepa 2

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
<b>DIA 2</b>			
7000 vs. 8000	-12,50	-13,01 to -11,98	Yes
7000 vs. 9000	-61,76	-62,27 to -61,24	Yes
7000 vs. 10000	0,0	-0,5113 to 0,5113	No
8000 vs. 9000	-49,26	-49,77 to -48,75	Yes
8000 vs. 10000	12,50	11,98 to 13,01	Yes
9000 vs. 10000	61,76	61,24 to 62,27	Yes
<b>DIA 3</b>			
7000 vs. 8000	0,0	-0,5113 to 0,5113	No
7000 vs. 9000	-33,21	-33,72 to -32,70	Yes
7000 vs. 10000	-3,790	-4,301 to -3,279	Yes
8000 vs. 9000	-33,21	-33,72 to -32,70	Yes
8000 vs. 10000	-3,790	-4,301 to -3,279	Yes
9000 vs. 10000	29,42	28,91 to 29,93	Yes
<b>DIA 4</b>			
7000 vs. 8000	0,0	-0,5113 to 0,5113	No
7000 vs. 9000	-5,931	-6,442 to -5,420	Yes
7000 vs. 10000	-8,557	-9,068 to -8,046	Yes
8000 vs. 9000	-5,931	-6,442 to -5,420	Yes
8000 vs. 10000	-8,557	-9,068 to -8,046	Yes
9000 vs. 10000	-2,626	-3,137 to -2,115	Yes
<b>DIA 5</b>			
7000 vs. 8000	0,0	-0,5113 to 0,5113	No
7000 vs. 9000	-2,945	-3,456 to -2,434	Yes
7000 vs. 10000	-20,01	-20,52 to -19,50	Yes
8000 vs. 9000	-2,945	-3,456 to -2,434	Yes
8000 vs. 10000	-20,01	-20,52 to -19,50	Yes
9000 vs. 10000	-17,07	-17,58 to -16,56	Yes
<b>DIA 6</b>			
7000 vs. 8000	-5,909	-6,420 to -5,398	Yes

7000 vs. 9000	11,97	11,46 to 12,48	Yes
7000 vs. 10000	-15,62	-16,13 to -15,11	Yes
8000 vs. 9000	17,88	17,37 to 18,39	Yes
8000 vs. 10000	-9,709	-10,22 to -9,198	Yes
9000 vs. 10000	-27,59	-28,10 to -27,08	Yes
DIA 7			
7000 vs. 8000	-6,642	-7,153 to -6,131	Yes
7000 vs. 9000	6,175	5,664 to 6,686	Yes
7000 vs. 10000	-3,438	-3,949 to -2,927	Yes
8000 vs. 9000	12,82	12,31 to 13,33	Yes
8000 vs. 10000	3,204	2,693 to 3,715	Yes
9000 vs. 10000	-9,613	-10,12 to -9,102	Yes

Cuadro 34. Método tukey para el % de inhibición del propoleo en *Aspergillus spp* (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	80,24	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	19,38	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	0,1164	0,0005	***	Yes

Cuadro 35. ANOVA la variación % de inhibición

ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	4235	15	282,3	F (15, 48) = 973,6	P < 0,0001
Row Factor	1023	5	204,6	F (5, 48) = 705,5	P < 0,0001
Column Factor	6,144	3	2,048	F (3, 48) = 7,063	P = 0,0005
Residual	13,92	48	0,2900		

Cuadro 36. Prueba tukey múltiple comparación de un factor (días) en la variación de % de inhibición en *Aspergillus spp*.

Tukey's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
DIA 2			
7000 vs. 8000	-8,925	-10,10 to -7,755	Yes
7000 vs. 9000	4,754	3,584 to 5,924	Yes
7000 vs. 10000	4,754	3,584 to 5,924	Yes
8000 vs. 9000	13,68	12,51 to 14,85	Yes
8000 vs. 10000	13,68	12,51 to 14,85	Yes
9000 vs. 10000	0,0	-1,170 to 1,170	No
DIA 3			
7000 vs. 8000	25,56	24,39 to 26,73	Yes
7000 vs. 9000	25,56	24,39 to 26,73	Yes
7000 vs. 10000	25,56	24,39 to 26,73	Yes
8000 vs. 9000	0,0	-1,170 to 1,170	No
8000 vs. 10000	0,0	-1,170 to 1,170	No
9000 vs. 10000	0,0	-1,170 to 1,170	No

DIA 4			
7000 vs. 8000	-7,172	-8,342 to -6,002	Yes
7000 vs. 9000	7,649	6,479 to 8,819	Yes
7000 vs. 10000	7,649	6,479 to 8,819	Yes
8000 vs. 9000	14,82	13,65 to 15,99	Yes
8000 vs. 10000	14,82	13,65 to 15,99	Yes
9000 vs. 10000	0,0	-1,170 to 1,170	No
DIA 5			
7000 vs. 8000	-1,246	-2,416 to -0,07589	Yes
7000 vs. 9000	-5,586	-6,756 to -4,416	Yes
7000 vs. 10000	0,0	-1,170 to 1,170	No
8000 vs. 9000	-4,340	-5,510 to -3,170	Yes
8000 vs. 10000	1,246	0,07589 to 2,416	Yes
9000 vs. 10000	5,586	4,416 to 6,756	Yes
DIA 6			
7000 vs. 8000	0,0	-1,170 to 1,170	No
7000 vs. 9000	-19,70	-20,87 to -18,52	Yes
7000 vs. 10000	-22,62	-23,79 to -21,45	Yes
8000 vs. 9000	-19,70	-20,87 to -18,52	Yes
8000 vs. 10000	-22,62	-23,79 to -21,45	Yes
9000 vs. 10000	-2,926	-4,096 to -1,756	Yes
DIA 7			
7000 vs. 8000	-5,800	-6,970 to -4,630	Yes
7000 vs. 9000	-11,62	-12,79 to -10,45	Yes
7000 vs. 10000	-17,71	-18,88 to -16,54	Yes
8000 vs. 9000	-5,818	-6,988 to -4,648	Yes
8000 vs. 10000	-11,91	-13,08 to -10,74	Yes
9000 vs. 10000	-6,095	-7,265 to -4,925	Yes

Cuadro 38. Método tukey para el % de inhibición del propoleo en *Penicillium spp.* (ANOVA)

Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
Interaction	7,755	< 0,0001	****	Yes
Row Factor	90,70	< 0,0001	****	Yes
Column Factor	1,516	< 0,0001	****	Yes

Cuadro 39. ANOVA la variación % de inhibición

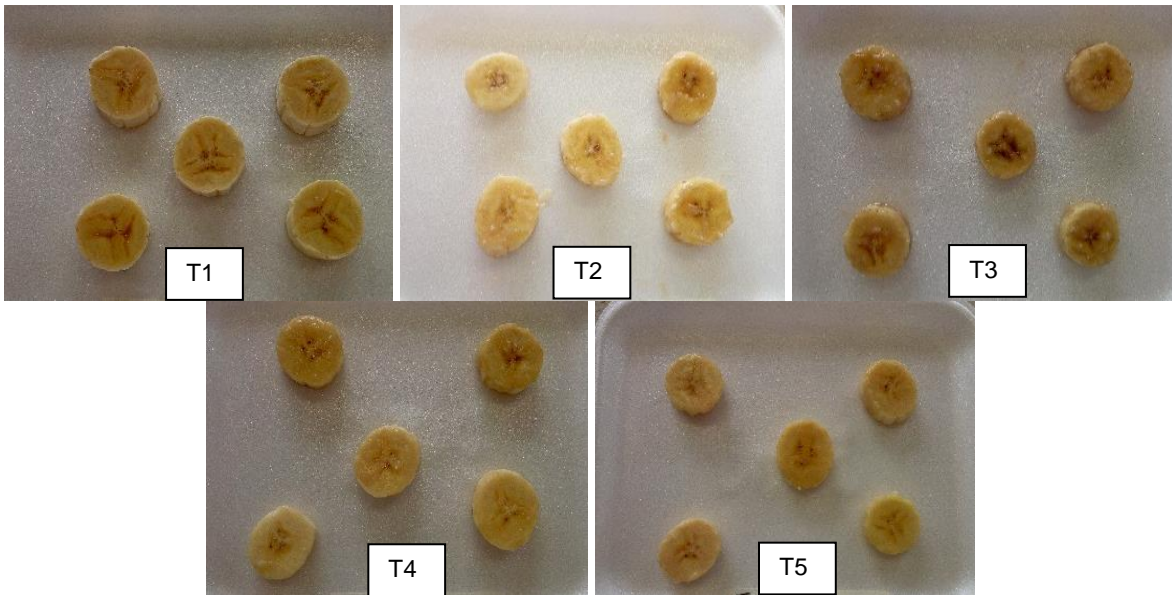
ANOVA table	SS	DF	MS	F (DFn, DFd)	P value
Interaction	1931	15	128,7	F (15, 48) = 933,4	P < 0,0001
Row Factor	22585	5	4517	F (5, 48) = 32752	P < 0,0001
Column Factor	377,4	3	125,8	F (3, 48) = 912,2	P < 0,0001
Residual	6,620	48	0,1379		

Cuadro 34. Prueba tukey múltiple comparación de un factor (días) en la variación de % de inhibición en *Penicillium spp.*

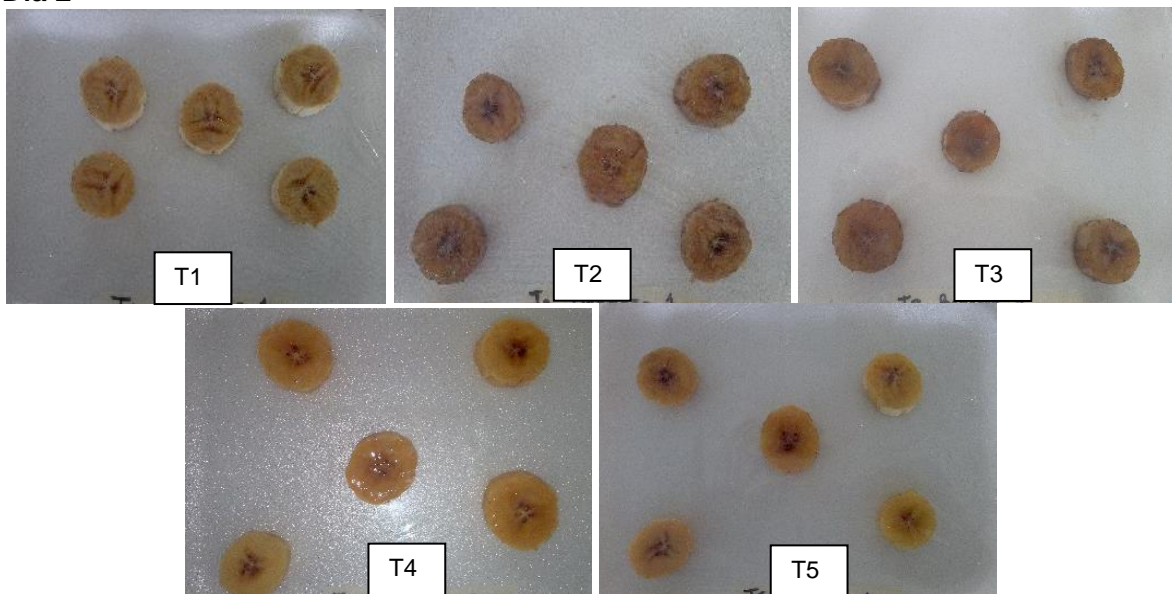
Dunnnett's multiple comparisons test	Mean Diff,	95% CI of diff,	Significant?
DIA 2			
7000 vs. 8000	-2,007	-2,743 to -1,271	Yes
7000 vs. 9000	-6,487	-7,223 to -5,751	Yes
7000 vs. 10000	-10,58	-11,31 to -9,841	Yes
DIA 3			
7000 vs. 8000	-8,633	-9,369 to -7,897	Yes
7000 vs. 9000	-3,886	-4,622 to -3,150	Yes
7000 vs. 10000	-12,26	-12,99 to -11,52	Yes
DIA 4			
7000 vs. 8000	-12,63	-13,37 to -11,89	Yes
7000 vs. 9000	0,8370	0,1014 to 1,573	Yes
7000 vs. 10000	-14,23	-14,97 to -13,50	Yes
DIA 5			
7000 vs. 8000	-10,02	-10,75 to -9,280	Yes
7000 vs. 9000	-11,29	-12,02 to -10,55	Yes
7000 vs. 10000	6,359	5,623 to 7,095	Yes
DIA 6			
7000 vs. 8000	-2,341	-3,077 to -1,605	Yes
7000 vs. 9000	4,701	3,965 to 5,437	Yes
7000 vs. 10000	5,898	5,162 to 6,634	Yes
DIA 7			
7000 vs. 8000	0,0	-0,7356 to 0,7356	No
7000 vs. 9000	-14,83	-15,56 to -14,09	Yes
7000 vs. 10000	0,0	-0,7356 to 0,7356	No

## Anexo D. Registro fotográfico de los tratamientos en el tiempo de seguimiento

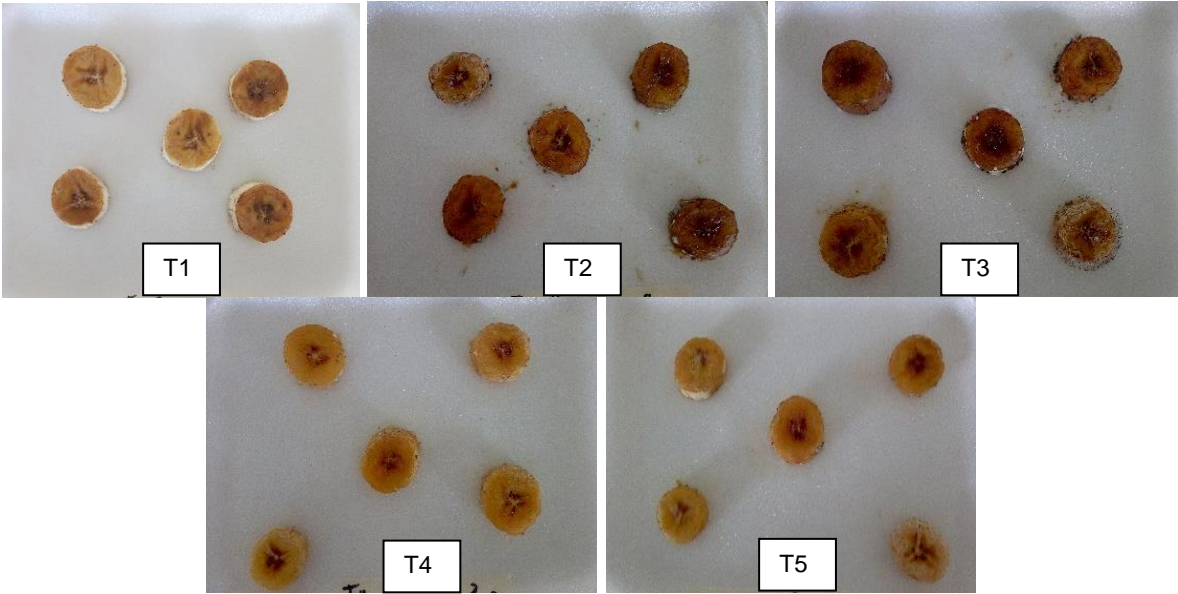
Día 0.



Día 2



**Día 4**



**Día 6**

