

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA**

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Tema: Conservación de la guayaba (*Psidium guajava l*) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) con aceite esencial de tomillo

Trabajo de investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en
Tecnología de Alimentos

Autor: Ingeniero Manuel Enrique Fernández Paredes

Director: Químico. William Ricardo Calero Cáceres Ph.D

Ambato – Ecuador

Julio -2019

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología


El tribunal receptor del Trabajo de Investigación presidida por la Doctora Jacqueline de las Mercedes Ortiz Escobar, e integrado por los señores Ingeniero César Augusto German Tomala, Magíster, Ingeniero Luis Javier Tapia Vasco, Magíster, designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el trabajo de Investigación con el tema **“Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucilago de nopal (*Opuntia ficus indica*) con aceite esencial de tomillo”**, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Manuel Enrique Fernández Paredes, para optar por el grado Académico de Magíster en Tecnología de Alimentos; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Investigación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.



Dra. Jacqueline de la Mercedes Ortiz Escobar
Presidenta del Tribunal



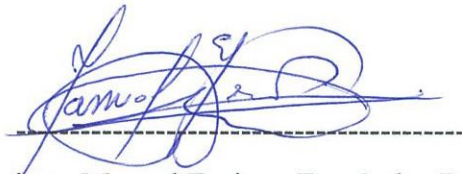
Ing. César Augusto German Tomala, Mg
Miembro del tribunal



Ing. Luis Javier Tapia Vasco, Mg
Miembro del tribunal

AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

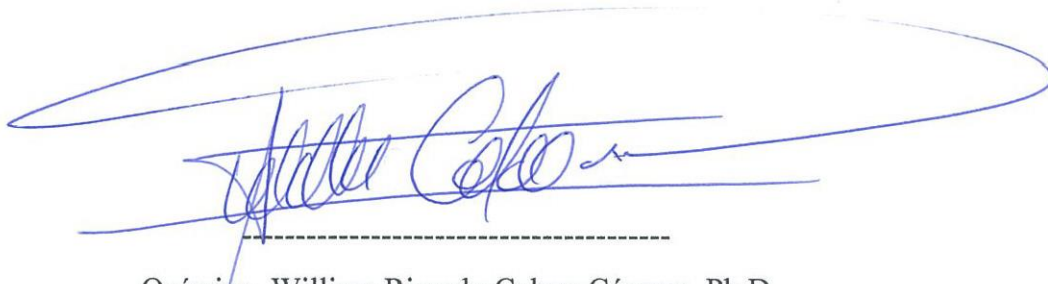
La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el trabajo de investigación presentado con el tema: “Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) con aceite esencial de tomillo”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Manuel Enrique Fernández Paredes. Autor bajo la Dirección del Químico. William Ricardo Calero Cáceres, Ph.D. Director del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



Ingeniero. Manuel Enrique Fernández Paredes

cc. 0501511604

AUTOR



Químico. William Ricardo Calero Cáceres, Ph.D

cc.17143468859

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el trabajo de investigación, sirva como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigaciones, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de éste documento, dentro de las resoluciones de la Universidad.



Ingeniero. Manuel Enrique Fernández Paredes

cc.0501511604

Contenido

INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1 Tema de investigación.....	17
1.2. Planteamiento del Problema.....	17
1.2.1 Contextualización.....	17
1.2.1.2. Contexto Macro.....	17
1.2.2 Análisis crítico.....	19
1.2.3 Prognosis	21
1.2.4 Formulación del problema	21
1.2.5 Interrogantes.....	21
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación.....	21
JUSTIFICACIÓN	22
1.4 Objetivos	23
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
CAPITULO II	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 Antecedentes investigativos	24
2.2 Fundamentación filosófica	26
2.3 Fundamentación legal	27
2.4 Categorías fundamentales	27
2.5 Hipótesis.....	28
2.6 Señalamiento de variables.....	28
CAPITULO III.....	29
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	29
3.1 Enfoque	29
3.2 Modalidad básica de la investigación.....	29
3.2.1. Investigación bibliográfica documental	29
3.2.2. Investigación de campo.....	29
3.2.3. Investigación experimental.....	29
3.3 Nivel o tipo de investigación.....	30

3.3.1. Exploratoria	30
3.3.2. Descriptiva.....	30
3.3.3. Explicativa.....	30
3.4. Población y muestra	30
3.4.1. Diseño experimental	31
3.5 Operacionalización de variables.....	32
3.5.1 Variable independiente: recubrimiento comestible.....	32
3.5.2 Variable dependiente.....	33
3.6 Plan de recolección de la información	34
3.6.1. Materiales y Método.....	34
3.6.2. Análisis físico-químicos.....	36
3.7 Plan de procesamiento de la información.....	38
CAPITULO IV.....	39
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	39
4.1. Análisis Físico-Químico.....	39
4.1.1 Caracterización.....	39
4.1.2 Acidez titulable (% de ácido cítrico)	39
4.1.3 pH (concentración de iones hidrógeno).....	41
4.1.4 Firmeza del fruto	43
4.1.5 Concentración de sólidos solubles (° Brix)	45
4.1.6 % de Humedad (porcentaje)	47
4.1.7 Pérdida de peso en frutos de guayaba	49
Color	51
4.1.8 Análisis microbiológicos (Aerobios mesófilos, mohos y levaduras).....	55
4.1.8.1 Análisis de microorganismos aerobios mesófilos	55
4.1.8.2 Análisis de hongos y levaduras.....	57
4.1.9 Análisis sensorial	58
4.1.9.1 Calidad visual.....	58
4.1.9.2. Aroma característico	60
4.1.9.3. Firmeza	60
4.1.9.4. Impresión global.....	61
4.1.9.5. Sabor	62
4.2. Verificación de hipótesis.....	63

Planteamiento de hipótesis:	63
Modelo Matemático:	63
Modelo Estadístico:.....	63
CAPITULO V	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1 Conclusiones	64
5.1 Recomendaciones.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	69
Anexo 1. Adeva para Acidez.....	69
Anexo 2. Adeva para pH.....	70
Anexo 3. Firmeza del Fruto.....	71
Anexo 4. Concentración de Sólidos Solubles °BRIX	72
Anexo 5. Adeva para % de Humedad	73
Anexo 6. Encuesta para determinar las características sensoriales.	74
Anexo 7. Datos de tratamiento con y sin recubrimiento durante el almacenamiento	76
Anexo 8. Extracción de mucílago de nopal.....	78
Anexo 9. Fotografía del trabajo experimental de laboratorio.....	81
CAPITULO VI.....	82
LA PROPUESTA.....	82
6.1. Datos informativos	82
6.2. Antecedentes	82
6.3. Justificación.....	83
6.4. Objetivos	83
6.4.1 Objetivo General	83
6.4.2. Objetivos específicos.....	84
6.5. Análisis de factibilidad.....	84
6.5.1. Factibilidad económica y financiera.....	84
6.5.2. Técnica	85
6.5.3. Economía.....	85
6.5.4 Social.....	85
6.5.5 Legal.....	85
6.6. Fundamentación científico técnica.....	85

6.6.1. Recursos Humanos	86
6.6.2. Recursos Materiales	86
6.7. METODOLOGÍA	87
6.7.1. Extracción del gel mucilaginoso	87
6.7.2. Preparación del recubrimiento	88
6.7.3 Proceso de aplicación del recubrimiento comestible	89
6.8. Administración de la propuesta.....	90
6.9 Plan Operativo de propuesta	91
6.10. Previsión de la evaluación.....	92

Índice de Tablas

Tabla 1. Diseño experimental.....	31
Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente: Recubrimiento Comestible	32
Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente: guayaba.....	33
Tabla 4. Tratamientos.....	35
Tabla 5. Valores de diámetro y peso de la guayaba blanca determinada el día de la cosecha y requisitos de la norma INEN 1911:2015.....	39
Tabla 6. Acidez titulable durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.	41
Tabla 7. pH durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.....	43
Tabla 8. Firmeza durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.....	45
Tabla 9. °Brix del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.	47
Tabla 10. %Humedad del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.	49
Tabla 11. Luminosidad de las guayabas control y guayabas con recubrimiento comestible en almacenamiento.....	51
Tabla 12. Angulo Hue de las guayabas control y guayabas con recubrimiento comestible en almacenamiento.....	52
Tabla 13. Microorganismos aerobios mesófilos durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión. Log (UFC/g).....	57
Tabla 14. Hongos y levaduras durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión. Log (UFC/g)	58

Índice de Figuras

Figura 1. Análisis crítico	20
Figura 2. Caracterización De Variables	27
Figura 3. Acidez titulable durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.	40
Figura 4. pH durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.....	42
Figura 5. Firmeza del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.	44
Figura 6. °Brix del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.	46
Figura 7. % Humedad del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.	48
Figura 8. Comportamiento de la humedad durante el almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.	49

Figura 9. Comportamiento de la pérdida de peso (%) durante el almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.....	50
Figura 10. Comportamiento de la Luminosidad durante el almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.....	53
Figura 11. Comportamiento de la Luminosidad a tres tiempos de almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.....	53
Figura 12. Comportamiento del ángulo Hue durante el almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.....	54
Figura 13. Comportamiento del ángulo Hue durante a diferentes días de almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.	55
Figura 14. Microorganismos aerobios en el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión. Expresado log UFC/g.....	56
Figura 15. Hongos y levaduras en el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión. Expresado en log (UFC/g)	57
Figura 16. Calidad visual del tratamiento (99% de mucílago de nopal + 1aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S	59
Figura 17. Aroma característico del tratamiento (99% de mucílago de nopal + aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S	60
Figura 18. Firmeza del tratamiento (99% de mucílago de nopal + aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S	61
Figura 19. Impresión global del tratamiento (99% de mucílago de nopal + aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S	62
Figura 20. Sabor del tratamiento (99% de mucílago de nopal + 1 % aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S	62

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia quienes me han apoyado permanentemente para continuar con mi formación profesional.

A mi tutor Doctor William Calero por sus altos conocimientos impartidos que ha hecho posible culminar con el trabajo de investigación.

A las autoridades y a todos los profesores de la Universidad por permitir cursar y terminar mi formación profesional.

Manuel

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi esposa, mis amadas hijas, Daisy, Paola y Estefanny, por ser mi fuente de motivación e inspiración para superarme y así poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor

Manuel

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TEMA:

“CONSERVACIÓN DE LA GUAYABA (*PSIDIUM GUAJAVA L*) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*OPUNTIA FICUS INDICA*) CON ACEITE ESENCIAL DE TOMILLO”

AUTOR: Ing. Manuel Enrique Fernández Paredes

DIRECTOR: Químico. William Ricardo Calero Cáceres, Ph.D.

FECHA: 8 de julio 2019

RESUMEN EJECUTIVO

La guayaba (*Psidium guajava.L*) es una fruta muy perecedera, la cual experimenta un incremento en la intensidad respiratoria considerable, por ende en la producción de etileno, acelerando el proceso de senescencia que influye en la pérdida de calidad en un corto periodo de tiempo a temperatura ambiente. El trabajo de investigación tuvo como objeto evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible sobre sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Para cumplir con el objetivo planteado se evaluaron seis tratamientos con un control, tres formulaciones de mucílago de nopal más aceite esencial de tomillo (100% mucílago, 99.5% mucílago + 0.5% aceite esencial, 99% de mucílago + 1 % de aceite esencial), a dos tiempos de inmersión (60 y 30 S). Las variables respuesta consideradas fueron: acidez titulable, pH, sólidos solubles, humedad, pérdida de peso, color y la determinación de la presencia de microorganismos. Los frutos de la guayaba en función de los parámetros analizados: aplicación de mucílagos y tiempos de inmersión. El mejor tratamiento fue el utilizar recubrimientos para mantener la calidad del fruto de guayaba, especialmente a₂ (99% mucílago + 1% aceite esencial de tomillo), debido a que conservó la mayor cantidad de propiedades del fruto durante el experimento. La variable respuesta considerada de gran significancia es el peso, que se registró diariamente durante 10 días, en este parámetro físico el mejor tratamiento fue a₂b₁ (99.5% de mucílago + 1 % de aceite esencial de tomillo) por 30 segundos. Se concluye que después de las valoraciones utilizando mucílago de nopal y aceite esencial de tomillo retardando el tiempo de maduración, conservando sus características organolépticas.

Descriptor: Guayaba, mucílago de nopal, aceite esencial, tiempo de inmersión, calidad postcosecha, propiedades físico-químico, microbiológicas, fruta perecedera, tiempo de almacenamiento

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA`

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

TEMA:

“CONSERVACIÓN DE LA GUAYABA (*PSIDIUM GUAJAVA L*) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL (*OPUNTIA FICUS INDICA*) CON ACEITE ESENCIAL DE TOMILLO”

AUTOR: Ingeniero. Manuel Enrique Fernández Paredes

DIRECTOR: Químico William Ricardo Calero Cáceres, Ph.D

FECHA: 8 de Julio 2019

EXECUTIVE SUMMARY

The guayaba (*Psidium guajava.L*) is a very perishable fruit on post-harvesting conditions, where the respiratory intensity is high (measured as ethylene production) who causes an accelerating of the senescence process and the losing the quality in a short period of time. The aim of the research work was to evaluate the effect of the application of an edible covering to retard the natural maturation process of *P. guajava* at conventional post-harvest conditions. Six treatments with a control were evaluated: three formulations of nopal mucilage plus thyme essential oil (100% mucilage, 99.5% mucilage + 0.5% essential oil, 99% mucilage + 1% essential oil); and two immersion times (60 s and 30 s). The evaluated variables considered were: titrable acidity, pH, soluble solids, humidity, weight loss, color and microbiology. The best treatment who preserves better the quality of the guava fruit was a2 (99% mucilage + 1% thyme essential oil), considering that preserves better the fruit properties. According with the weight loss, the best treatment was a2b1 (99.5% of mucilage + 1% of thyme essential oil) for 30 seconds. Six treatments with a control were evaluated: three formulations of nopal mucilage plus thyme essential oil (100% mucilage, 99.5% mucilage + 0.5% essential oil, 99% mucilage + 1% essential oil); and two immersion times (60 s and 30 s). The evaluated variables considered were: titrable acidity, pH, soluble solids, humidity, weight loss, color and microbiology. The best treatment who preserves better the quality of the guava fruit was a2 (99% mucilage + 1% thyme essential oil), considering that preserves better the fruit properties. According with the weight loss, the best treatment was a2b1 (99.5% of mucilage + 1% of thyme essential oil) for 30 seconds. It is concluded that the *P. guajava* recovering with nopal mucilage and thyme essential oil could retard the ripening time, conserving its organoleptic characteristics.

Keywords: Guajaba, nopal mucilage, thyme essential oil, immersion time, postharvest quality, physical-chemical properties, microbiological, perishable fruit, storage time

INTRODUCCIÓN

La guayaba (*Psidium guajava L*) es originaria de zonas tropicales y subtropicales. Los países con mayor producción comercial en el mundo se destacan principalmente: Indonesia, Tailandia, Egipto, Brasil, Venezuela, Sudáfrica, India, Filipinas, Australia, y Estados Unidos (García-mera & Salas-macías, 2017). En el Ecuador las zonas que tienen mayor producción son: Santa Clara, Mera, Pastaza y Baños, ubicadas en las provincias de Pastaza y Tungurahua respectivamente (Jara, 2014)

La guayaba es considerada una fruta climatérica, por lo que debe ser cosechada en un estado de madurez fisiológica adecuada; una vez desprendida del árbol, experimenta un incremento en la actividad respiratoria y en la producción de etileno, alcanzando su valor máximo cuando el fruto está completamente maduro y disminuyendo durante la senescencia (Chadha & Pandey, 2018); esta actividad se debe a que los tejidos continúan respirando después de la cosecha y los azúcares sufren cambios que finalizan en la producción de CO₂ y agua (González, Cervantes, & Caraballo, 2016).

La guayaba es altamente perecedera una vez cosechada el proceso de respiración continua, por lo que su comercialización como fruta fresca presenta muchas dificultades, una vez alcanzado el estado de madurez comercial es muy frágil y se deteriora muy fácilmente provocado por daños mecánicos, por lo que la mejor alternativa es su industrialización (Chadha & Pandey, 2018).

Por lo anteriormente mencionado, es necesario investigar tecnologías que permitan prolongar el tiempo de conservación manteniendo la calidad del fruto, considerando la actividad respiratoria postcosecha. Una alternativa son los recubrimientos comestibles naturales, que permitan disminuir parcialmente los procesos respiratorios de la fruta retardando la maduración sin alterar las características organolépticas y propiedades nutricionales.

Los recubrimientos comestibles tienen la propiedad de permeabilidad controlando la transferencia de humedad, gases, y compuestos volátiles, demostrando su efectividad para mantener la calidad de los alimentos y prolongando el tiempo de conservación. Una de las características importantes que tienen los recubrimientos es que permiten la incorporación de ingredientes antibacterianos como los aceites esenciales (Orrego, Giraldo, González, Ocampo, & Parra, 2016)

El trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de la aplicación de un recubrimiento comestible natural utilizando como insumo principal el mucílago de nopal (biodegradable) adicionado aceite esencial de tomillo en frutas de guayaba, con la finalidad de evaluar el mantenimiento de sus características fisicoquímicas durante los procesos de postcosecha.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Tema de investigación

“Conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) con aceite esencial de tomillo”

1.2. Planteamiento del Problema

La guayaba después de la cosecha, experimenta un aumento en la intensidad respiratoria, por ende en la producción de etileno que acelera el proceso de maduración; por lo que es considerada como una fruta muy perecedera y el tiempo de vida útil es muy corta, con un rango entre 5 a 7 días, a temperatura ambiente.

Adicionalmente, existe un desconocimiento de las propiedades de conservación que posee el mucílago de nopal, así como el poder anti microbiológico que tiene el aceite esencial de tomillo sobre la calidad postcosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L)

1.2.1 Contextualización

1.2.1.2. Contexto Macro

La guayaba (*Psidium guajava* L) pertenece a la familia de las *Myrtaceae*, que está compuesto por 133 géneros y 3800 especies. En el género *Psidium* está representado por a 150 especies y es cultivado originario de las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Gutiérrez, 2013) La mayor producción está localizada en la India, seguido de los países como Pakistán, México, Brasil, Egipto, Tailandia, Colombia, Indonesia, Venezuela,

Bangladesh, Cuba, Vietnam, Malasia, Puerto Rico, Australia y Estados Unidos (García-Mera & Salas-Macías, 2017)

La guayaba es una fruta semiácida, suele ser redonda o en forma de pera, es aromática y dulce. Esta fruta es originaria de América tropical, se la encuentra principalmente en Ecuador, Brasil, Colombia, Perú, México entre otros países americanos. En América, la mayor producción se distribuye en República Dominicana y México, que participan con dos terceras partes del mercado de procesados de guayaba en el mundo y estos incluyen conservas y pulpas azucaradas. Venezuela, Colombia y Perú contribuyeron con el 3% de exportaciones en el 2012, considerándose que el mayor mercado para esta fruta son los países europeos, entre ellos Francia, Italia y Alemania (Parra-coronado, n.d.; Sherazi, Mahesar, Arain, & Sirajuddin, 2019).

En el Ecuador, se han identificado dos variedades: Chiveria (redonda de tono amarillo con pulpa rosada) y Palmira (con forma de pera y de pulpa no tan rojiza). En el país se cultiva casi en todas las provincias, a excepción de Azuay, Bolívar, Chimborazo, y Cotopaxi. El sector con mayor producción es la conocida como Madre Tierra, con un aproximado de 1000 cajas por semana, ubicado en el Municipio de Mera. Las principales zonas de producción de guayaba se encuentra en el eje de Baños, Mera, Santa Elena, Puyo, Manabí, Napo, Orellana, Sucumbíos (El Universo, 2006).

El nopal (*Opuntia ficus indica*) pertenece a la familia de las cactáceas, son especies endémicas del continente americano, que se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas y se encuentra distribuida con relativa facilidad en el mundo, debido a su fácil proliferación. Los países a nivel mundial productores de nopal México, Perú, Bolivia, Colombia, España, Italia, Marruecos, Argelia, Egipto, Israel, Brasil, Chile (Sarabia, 2010).

En América, México es el país con mayor producción de nopal, lo que le sitúa como el principal exportador a nivel mundial, con una superficie cultivada de 49 mil hectáreas y una producción de 350 mil toneladas (Sarabia, 2010). En el Ecuador, según el Ministerio de

Agricultura y Ganadería (MAG), la producción de nopal (cultivada como tuna) a nivel nacional es de aproximadamente 180 hectáreas, distribuidas en provincias de: Imbabura, Loja, Santa Elena y Tungurahua (El Telégrafo, 2017).

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente extraídas por una destilación de arrastre de vapor, que contienen las sustancias del aroma de las plantas y son muy utilizadas en la industria cosmética y de alimentos (Ríos & Recio, 2005). Los principales componentes son: compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), mono terpenos, sesquiterpenos, fenilpropanos). En su mayoría son de un olor agradable (Godinez, Chávez, Barrientos, & Cano, 2001)

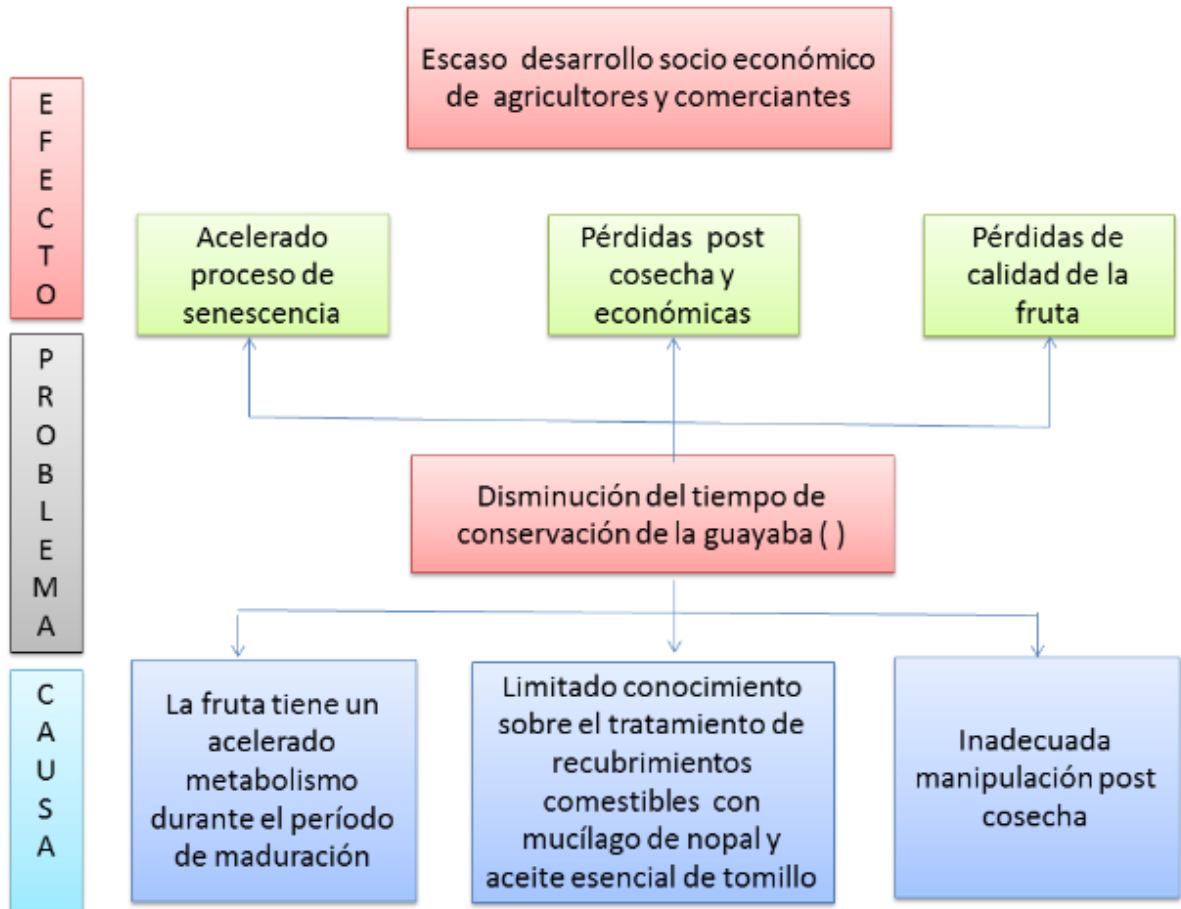
El tomillo pertenece taxonómicamente a la familia de las labiadas, género *Thymus* y a la clase de las Dicotiledóneas. Es una hierba aromática perenne, nativa del Mediterráneo; puede encontrarse en Francia, Italia, Israel, Marruecos, Túnez y China (Divakaran, Jayasree, Nirmal Babu, & Peter, 2018). A nivel nacional, no existen estadísticas fiables de producción de tomillo, y por ende de aceite esencial, por tratarse de una planta aromática de aprovechamiento espontáneo (Burri, 2013)

1.2.2 Análisis crítico

La guayaba presenta un considerable problema en los procesos postcosecha, al ser una fruta altamente perecedera debido a su acelerado metabolismo durante el período de maduración; en el cual, los procesos de senescencia afectan considerablemente la calidad y disminuyen el periodo de comercialización (Murmu & Mishra, 2018).

El tratamiento de conservación con recubrimiento comestibles naturales utilizando mucílago y aceite esencial podría ser una alternativa para reducir el proceso de deterioro prolongando el tiempo de conservación de la guayaba, incentivando a los agricultores a la producción de esta fruta.

Figura 1. Análisis crítico



1.2.3 Prognosis

La investigación planteada representa una gran oportunidad para conocer las propiedades que posee el mucílago de nopal y aceite esencial de tomillo para ser utilizado como recubrimiento comestible en frutas perecederas.

En caso de prescindir de la investigación se perdería una gran oportunidad de tener datos que aporten al conocimiento del manejo postcosecha de la guayaba para prolongar el tiempo conservación, afectando a la débil economía de los agricultores, comercializadores y consumidores por no disponer de frutas de calidad.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo incide el mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) con aceite esencial de tomillo en un recubrimiento comestible y el tiempo de inmersión, en la calidad postcosecha de la guayaba (*Psidium guajava L.*)?

1.2.5 Interrogantes

¿Cómo incide el recubrimiento comestible y el tiempo de inmersión en las características físico químico y microbiológico de la guayaba en los tratamientos evaluados?

¿Qué tiempo de vida útil se espera alargar mediante la aplicación del recubrimiento comestible?

¿Se mejorará la calidad sensorial de la guayaba?

1.2.6 Delimitación del objeto de investigación

Área	Agroindustrial
Sub-área	Alimentos
Sector	Industrial

Delimitación Espacial El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato y en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi

JUSTIFICACIÓN

La maduración de las guayabas es considerablemente rápida, por ser considerada como una fruta climatérica, por ende muy susceptible a alteraciones indeseables que afectan su tiempo de conservación, debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento (Chadha & Pandey, 2018).

Se considera al mucílago de nopal como un aditivo útil para mejorar el tiempo de conservación de frutas y vegetales, ya que forman una barrera semipermeable que reduce la pérdida de agua, controlan el intercambio gaseoso y la velocidad de respiración, así como la emisión de etileno; mientras que los aceites esenciales reducen el riesgo de contaminación microbiológica (Sepúlveda, Sáenz, Aliaga, & Aceituno, 2007).

En consideración a estas perspectivas y a la creciente demanda de productos de mayor calidad, seguridad, aspectos sensoriales y cuya producción sea respetuosa con el medio ambiente, ha hecho que en los últimos años se despierte el interés de los agricultores, consumidores e industrias alimenticias por conservar las guayabas por mayor tiempo en condiciones óptimas para el expendio y consumo por lo que se ha planteado el desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal con aceite esencial de tomillo, para ser aplicados como barreras protectoras que permitan prolongar el tiempo de conservación.

1.4 Objetivos

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Aplicar un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*), con aceite esencial de tomillo, para la conservación de la guayaba (*Psidium guajava*)

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la solución acuosa de mucílago de nopal a través de sus propiedades físico químicas de: densidad, viscosidad, pH, turbidez, color.
- Elaborar recubrimientos comestibles con mucílago de nopal a diferentes concentraciones de aceite esencial de tomillo a dos tiempos de inmersión
- Evaluar los parámetros de calidad de la guayaba durante el almacenamiento con el recubrimiento comestible
- Evaluar el tiempo de conservación de la guayaba con el recubrimiento comestible mediante propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y determinar el mejor tratamiento mediante una propiedad física
- Realizar pruebas organolépticas en el mejor tratamiento.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

El guayaba es un fruto susceptible a cambios indeseables que afectan su tiempo de conservación, influenciada en parte por las condiciones inapropiadas de almacenamiento, en donde muy pocos productores de esta fruta invierten para mejorar sus procesos postcosecha por la falta de tratamientos alternativos que permitan prolongar el tiempo de conservación. En la actualidad, una de las tendencias en el manejo postcosecha de frutas es la utilización de recubrimientos comestibles naturales, utilizando mucílagos y aceites esenciales (Espino-Díaz et al., 2010).

Durante el periodo post cosecha, la guayaba es altamente perecedera, provocado por un acelerado metabolismo durante el periodo de maduración. En esta etapa, se aceleran los procesos de senescencia, afectando considerablemente la calidad y disminuyendo el periodo de comercialización de la fruta (Vishwasrao & Ananthanarayan, 2016).

Las hojas de nopal son ricas en mucílago, que contiene un polímero lineal compuesto de polisacáridos que se encuentran vinculados con las pectinas; la composición del mucílago de nopal es de L-arabinosa, D-galacturónico, D-xilosa, D-galactosa y L-ramnosa, principalmente. Estos polímeros pueden ser utilizados en la elaboración de películas y recubrimientos comestibles para frutas altamente perecederas (Macías-Rodríguez, Zavala-Mendoza, & Chacón-García, 2014).

Fisicoquímicamente, el mucílago de nopal, es una sustancia hidrocoloidal, heteropolisacárida, sus estructuras moleculares son polielectrolitas, por lo que tiene una gran capacidad de absorción de agua, con una aplicabilidad industrial como agentes espesantes, de amplio uso en la industria de alimentos y farmacéutica (Villaseñor, 2008).

Estudios microbiológicos demuestran que el aceite esencial de tomillo tiene una actividad antiséptica como desinfectante y nematocida, lo cual se atribuye al timol y flavonoides como carvonal y p-cimeno, los cuales tienen propiedades bactericidas, por lo que se utilizan en la industria alimentaria y medicinal (Sakkas & Papadopoulou, 2016).

Los recubrimientos comestibles son sustancias que se aplican en el exterior del producto a partir de fuentes renovables, como lípidos, polisacáridos y proteínas; en la actualidad, el uso de mucílagos en frutas disminuye considerablemente la tasa de respiración, así como retarda la pérdida de peso, prolongando su pérdida de sus características fisicoquímicas (Walter, 2007). La aplicación de recubrimientos comestibles permite proteger los alimentos de deterioro. Sin embargo, su aplicación en industria de alimentos todavía es incipiente. En la actualidad, existen varias investigaciones dedicadas al análisis de nuevos componentes para la formulación de soluciones de revestimiento externo, utilizando metodologías más eficientes, contribuyendo a un mayor interés por los productos naturales (Beltrán, 2014).

El gel mucilaginoso proveniente de diferentes fuentes está siendo ampliamente estudiado como componente principal en la elaboración de recubrimientos comestibles naturales aplicados a diversos productos. Un estudio realizado en la conservación de fresa (*Fragaria ananassa Duch cv. Camnosa*), determinaron que en condiciones de almacenamiento de 5⁰C, y una humedad relativa de 75% los recubrimientos comestibles desarrollados a base de gel mucilaginoso de penca de sábila aplicados sobre fresas lograron aumentar la vida útil retardando los cambios de color, firmeza, pérdida de peso y el sabor (Restrepo, 2009).

El uso de polímeros naturales de *Aloe vera* han sido ampliamente estudiados para la protección de frutas como fresa (Sogvar, Koushesh Saba, & Emamifar, 2016), kiwi (Benítez, Achaerandio, Pujolà, & Sepulcre, 2015), frutos rojos (Vieira et al., 2016), duraznos (Guillén et al., 2013), nectarinas (Navarro et al., 2011), entre otros. Otro mucílago empleado recientemente en la elaboración de recubrimiento comestible es el extraído del

nopal; este mucílago tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de agua, disolverse y dispersarse por sí mismo y formar soluciones viscosas (Rodríguez-González, 2009).

Del-Valle, Hernández-Muñoz, Guarda, & Galotto (2005), elaboraron un recubrimiento comestible utilizando el mucílago de nopal (*O. ficus indica*) con el objetivo de prolongar el tiempo de conservación de fresas; según los autores, el recubrimiento no afectó la calidad sensorial de las frutas recubiertas, manteniendo su color y firmeza original durante el almacenamiento.

El interés de consumidores y agricultores por productos de calidad y naturales ha encaminado las investigaciones en el ámbito del desarrollo de recubrimientos formulados a partir de compuestos naturales. Existen varios estudios que muestran resultados alentadores de la aplicación de mucílago y aceites esenciales como anti fúngico para el control del deterioro postcosecha de diversas frutas y hortalizas e incluso que permiten retrasar la maduración en frutas. Babaco(Villagómez, 2011), guayaba (Achipiz, Castillo, Mosquera, Hoyos, & Navia, 2013), Papaya (Jimenez, 2017), Fresa(Restrepo, 2009).

2.2 Fundamentación filosófica

El campo de conocimiento incluye uno o más marcos conceptuales. Cada uno de estos marcos está compuesto de un punto de vista filosófico, un cuerpo de conocimientos admitidos o propuestos, y un estilo aceptado de pensamiento, que incluyen métodos para tratar problemas de un tipo dado.

El trabajo de investigación se sitúa en el ámbito básico del paradigma crítico propositivo ya que permite evaluar el efecto del recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal con aceite esencial de tomillo sobre las características de calidad que permitan a prolongar el tiempo de conservación. Favoreciendo a productores, comerciantes, consumidores y empresa procesadoras de guayaba.

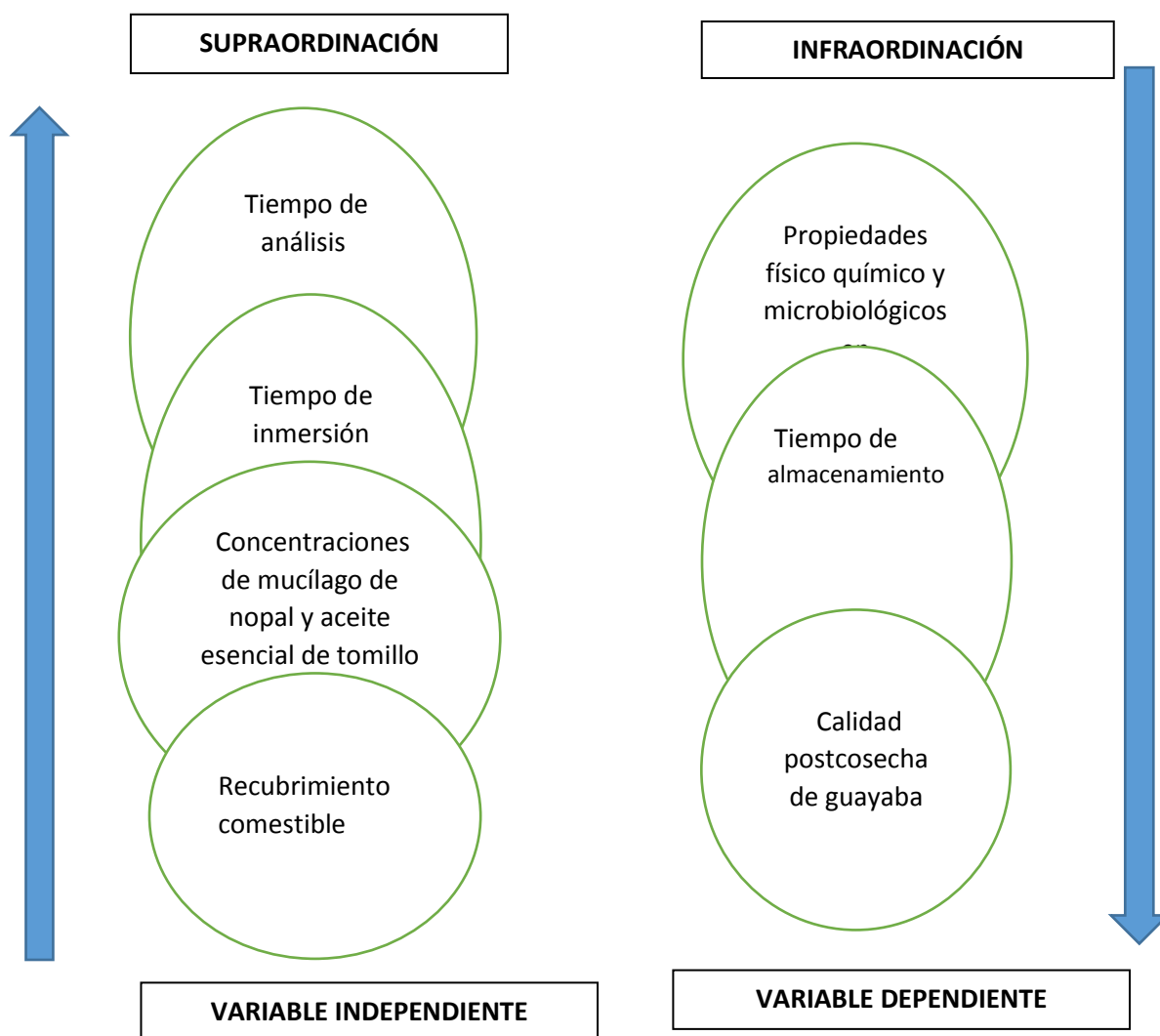
2.3 Fundamentación legal

El trabajo de investigación se sustentó en la normativa de calidad para frutas frescas:

- Norma Técnica Ecuatoriana Frutas Frescas Guayaba NTE INEN 1911.

2.4 Categorías fundamentales

Figura 2. Caracterización De Variables



2.5 Hipótesis

H₀ Las diferentes formulaciones de recubrimientos comestibles y el tiempo de inmersión, no influyen sobre los parámetros de calidad y el tiempo de conservación de la guayaba

H₁ Las diferentes formulaciones de recubrimientos comestibles y el tiempo de inmersión, si influyen sobre los parámetros de calidad y el tiempo de conservación de la guayaba

2.6 Señalamiento de variables

Variable Independiente

- Formulaciones de los recubrimientos
- Tiempo de inmersión
- Tiempo de análisis

Variable Dependiente

- Análisis Físico-Químico y microbiológicos

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque

El trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo y documental bibliográfico. Cuantitativo, ya que la aplicación de un recubrimiento comestible para prolongar el tiempo de conservación de la guayaba requiere realizar experimentaciones con diferentes factores y niveles en el laboratorio, y cuantificar estas variables para comprobar nuestra hipótesis por medio de la aplicación de parámetros estadísticos. Adicionalmente, es una investigación documental bibliográfica, ya que contrastaremos nuestros resultados con las experiencias en campo y laboratorio de investigaciones relacionadas que han sido publicadas en diversos medios.

3.2 Modalidad básica de la investigación

3.2.1. Investigación bibliográfica documental

El trabajo de investigación se fundamentó en investigaciones científicas que mantienen juicios relevantes de las principales características durante la conservación de la guayaba, criterios sobre formulaciones de mucílagos y aceites esenciales utilizados como recubrimientos comestibles que permiten prolongar el tiempo de conservación de frutas.

3.2.2. Investigación de campo

El sector que se seleccionó para realizar el estudio es el cantón Patate de la provincia de Tungurahua, donde existe área cultivas con guayaba.

3.2.3. Investigación experimental

Los análisis físicos-químicos y microbiológicos se ejecutó en el laboratorio de investigación de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos UODIDE de la Universidad Técnica de Ambato; así como en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería

Agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante pruebas controladas y el manejo de la variables en estudio, para lograr los objetivos de predicción y de control en relación con la hipótesis planteada en el estudio; se puede controlar, alterar o manipular con el fin de efectuar la predicción mediante análisis de las causas y efectos de las variables de estudio sobre la naturaleza e implicaciones del problema investigado.

3.3 Nivel o tipo de investigación

3.3.1. Exploratoria

Exploratoria admite desarrollar un tema poco conocido como es el uso de mucílago y aceite esencial de tomillo como un recubrimiento comestible para prolongar el tiempo de conservación.

3.3.2. Descriptiva

Admite realizar una descripción de la efectividad de los resultados, mediante los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales, obteniendo valores confiables, lo que permite presentar criterios de aceptabilidad a través de análisis estadísticos.

3.3.3. Explicativa

Los resultados obtenidos permitió evaluarlos con otras investigaciones relacionadas con el trabajo de investigación.

3.4. Población y muestra

Población

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se consideró como población: Guayabas, recubrimientos comestibles y el tiempo de inmersión. En total, se realizaron seis tratamientos con tres replicas, dando un total de 18 tratamientos.

Muestra

Se utilizó 30 guayabas por tratamiento para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que se realizaron en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi y en los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato

3.4.1. Diseño experimental

De acuerdo al trabajo de investigación planteado “**CONSERVACIÓN DE LA GUAYABA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL , CON ACEITE ESENCIAL DE TOMILLO**”, en función de establecer la relación entre los factores de estudio: concentración entre mucílago de nopal, aceite esencial de tomillo y tiempo de inmersión más un control (Sin tratamiento) dando un factorial A x B+ 1, considerando a los tiempos de almacenamiento como otro factor de estudio para lo cual se necesitó de tres replica

Tabla 1. Diseño experimental

FACTORES	NIVELES			
A Tiempos de almacenamiento	1 día	4 días	10 días	18 días
B:(mucílago de nopal - aceite esencial de tomillo)	a ₀ : (100% - 0%)	a ₁ : (99.5 - 0.5)%		a ₂ :(99.0 – 1.0)%
C: tiempo de inmersión	b ₀ : 30 s		b ₁ : 60 s	

Elaborado por: Fernández Manuel

3.5 Operacionalización de variables

3.5.1 Variable independiente: recubrimiento comestible

Tabla 2. Operacionalización de la variable independiente: Recubrimiento Comestible

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	ÍTEMS	INSTRUMENTO
El recubrimiento comestible tiene un efecto frente al flujo de gases, resistencia estructural al agua para prolongar el tiempo de conservación de la guayaba	Concentración de mucílago de nopal y aceite esencial de tomillo.	<ul style="list-style-type: none"> • (100 – 0) % • (99.5 - 0.5)% • (99.0 – 1.0)% 	¿Cuál es la formulación más efectiva para prolongar el tiempo de conservación de la guayaba manteniendo las características fisicoquímicas y microbiológicas?	Agitador mecánico para tener una solución homogénea
Tiempo de inmersión es un factor que permite tener una capa semipermeable que permite disminuir la transpiración de la fruta	Tiempo de inmersión de la guayaba en el recubrimiento comestible	<ul style="list-style-type: none"> • 30 s • 60 s 	¿Cuál es el tiempo de inmersión más adecuado para conservar la guayaba manteniendo las características físico químicas y microbiológicas?	Agitador mecánico

3.5.2 Variable dependiente

Tabla 3. Operacionalización de la variable dependiente: guayaba

Conceptualización	Dimensiones	Indicador	Ítems Básicos	Test Instrumentos
La guayaba después de la cosecha, experimenta un aumento en la intensidad respiratorio y por ende en la producción de etileno acelerando el proceso de maduración, por lo que es considerada como una fruta muy perecedera disminuyendo su tiempo de vida útil.	<p>Análisis físico-químico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acidez titulable • pH • Sólidos solubles • Pérdida de peso • Color • Firmeza • Humedad 	<p>% Ácido cítrico</p> <p>0 - 14</p> <p>°Brix</p> <p>0-100%</p> <p>L, a, b</p> <p>Newtons</p> <p>Porcentaje</p>	¿Qué cambios fisicoquímicos experimenta las guayabas recubiertas con un recubrimiento comestible durante el tiempo de almacenamiento?	<p>Equipo de titulación (Metter Toledo T50).</p> <p>Brixómetro</p> <p>Balanza</p> <p>Colorímetro</p> <p>Texturómetro</p>
	Análisis microbiológico	<ul style="list-style-type: none"> • Mohos y levaduras • Aerobios totales 	¿Con el recubrimiento comestible disminuye la emisión de etileno reduciendo la contaminación microbiana	<p>Compact DRY TC</p> <p>Compact Dry YM</p>
	<p>Análisis sensorial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sabor • Calidad visual • Firmeza • Aroma 	<p>Ponderaciones específicas para cada característica.</p> <p>Escalada de valoración</p>	¿Qué cambios sensoriales experimenta las guayabas recubiertas con un recubrimiento comestible durante el tiempo de almacenamiento?	Ficha de cataciones

3.6 Plan de recolección de la información

3.6.1. Materiales y Método

Materia Prima.

La guayaba utilizada para la investigación fue color blanco amarillento, cosechada en estado de madurez, adquirida en el cantón de Patate, provincia de Tungurahua, recién cosechada; se trasladó al laboratorio donde se almacenaron en refrigeración. Las frutas se seleccionaron considerando la uniformidad tamaño, forma y grado de madurez en función de la norma NTE INEN 1911, excluyendo los frutos afectados por podredumbre o deterioro que no sean aptos para el consumo.

Formulación del recubrimiento comestible

La extracción del mucílago se realizó mediante el procedimiento de (León, 2010) con pequeñas modificaciones. De las hojas del nopal fueron separadas las espinas para luego ser desprendida la cutícula y epidermis y picados en pequeños trozos de 1cm² aproximadamente. Los trozos de la hoja de nopal se colocaron en un recipiente de acero inoxidable y se agregó agua destilada en una relación de 1:2 (Kg de trozos de nopal/Kg de agua), a continuación se dio un tratamiento térmico a una temperatura de 80°C durante 1 hora. El extracto mucilaginoso se filtró y se almacenó a una temperatura de refrigeración.

La elaboración de los recubrimientos comestibles se basó en las siguientes formulaciones de mucílago de nopal y aceite esencial de tomillo (100% - 0%; 99.5% - 0.5%; 99% - 1.0%) a estas formulaciones se adicionó 0,25% (p/v) de ácido cítrico, Tween 20 (polisorbato) al 0,6%, (Toalombo, 2014)

Aplicación de recubrimiento en las guayabas (*Psidium guajava L.*)

Las guayabas fueron lavadas y sanitizadas en agua clorada (100ppm de Cloro) durante 5 minutos. La aplicación se realizó por inmersión por un tiempo de 30 y 60 segundos, para posteriormente proceder a secarlos en una cámara a una temperatura de 20°C durante una hora

Almacenamiento

Las guayabas recubiertas se colocaron en una bandeja de plástico distribuido uniformemente en un número de 30 guayabas por tratamiento en condiciones ambientales. Para la ejecución del trabajo de investigación, se consideró el día de aplicación como día 0 y los análisis se realizaron los días 1, 4, 10, 18, realizándose el primer análisis después de 24 horas de almacenamiento.

Número de tratamientos

La presente investigación se fundamenta en el estudio de la formulación de recubrimiento comestible utilizando mucílago de nopal y aceite esencial de tomillo más un control (sin tratamiento) con tres concentraciones, y dos tiempos de inmersión, teniendo siete tratamientos con tres replicas dando un total de 21 tratamientos.

Tabla 4. Tratamientos

Tratamiento	Descripción
ST	Sin tratamiento
T1(a ₀ b ₀)	100% de mucílago por 30 segundos
T2(a ₀ b ₁)	100% de mucílago por 60 segundos
T3(a ₁ b ₀)	(99.5% de mucílago + 0.5% de aceite esencial de tomillo) por 30 segundos
T4(a ₁ b ₁)	(99 % de mucílago + 0.5 % de aceite esencial de tomillo) por 30 segundos
T5(a ₂ b ₀)	(99.5% de mucílago + 1 % de aceite esencial de tomillo) por 30 segundos
T6(a ₂ b ₁)	(99.5% de mucílago + 1 % de aceite esencial de tomillo) por 30 segundos

Se debe considerar que los días de almacenamiento para observar la evolución del experimento fueron tomados como factor en estudio.

3.6.2. Análisis físico-químicos

Acidez titulable. Se trituro 5 g de muestra con 45 ml de agua destilada, titulado con una solución de NaOH 0.1N hasta llegar a un pH 8,2 por medio de un titulador (METTLER TOLEDO, T50). El porcentaje de acidez se expresaron en ácido cítrico por ser al ácido predominante en la guayaba y se valoró de acuerdo a la siguiente formula

$$\% \text{Ácido cítrico} = ((V * N * 0.064) / W) \times 100$$

Dónde:

V = Volumen de NaOH utilizado

W = Peso de la muestra en (g)

N = Normalidad del NaOH (0,1 N)

0,064 = Peso equivalente del ácido cítrico

Valoración de pH. Se trituro 5 g de muestra en 45 ml de agua destilada y se determinó el valor de pH, utilizando el equipo micro titulador (METTLER TOLEDO, T 50).

Sólidos solubles.

Se utilizó un refractómetro manual de escala 0 - 80, se colocó una gota de zumo de fruta una vez triturada los resultados se expresó en °Brix.

Pérdida de peso. Diariamente se registró el peso de 10 guayabas por tratamiento durante 10 días de almacenamiento. El porcentaje de pérdida de peso (%Pp) se calculó aplicando la siguiente formula:

$$\%PP = ((W_i - W_f)/w_i) \times 100$$

Dónde:

W_i: Peso inicial (g)

W_f: Peso final (g)

Color. Se utilizó un colorímetro FRU WR-10QC. La lectura del color se lo efectuó en tres caras de la fruta en 10 guayabas por cada tratamiento durante 10 días de almacenamiento. Los datos se expresaron en términos de L*, medida de luminosidad y varía entre 0 (negro) y 100 (blanco) y los valores de las coordenadas a* y b* fueron transformados al ángulo de tono. Se le llama ángulo de color (Hue), ya que las mediciones las realiza en grados, tal como lo muestra la imagen anterior. Es importante mencionar, que diferentes colores pueden tener el mismo valor de Hue o ángulo de color, pero las diferencias visuales son definidas por cualquiera de las otras dimensiones del color, puede ser por la luminosidad o la cromaticidad o ambas. En la siguiente gráfica podemos observar diferentes parches con el mismo ángulo de color. Mediante la siguiente ecuación

$$^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

Dónde:

a: coordenada rojo/verde

b: coordenada amarillo/azul

Textura. Se determinó utilizando un texturómetro Pro CTV 1.2 Build 9 con la sonda TA39, mediante un análisis de compresión para determinar la firmeza de la guayaba.

Humedad. Se utilizó una balanza KERNM LS – 50-3, se colocó de 3 (g) de muestra a una temperatura de 150⁰C, durante 30 minutos

Análisis Microbiológicos.

Los recuentos microbiológicos aerobios mesófilos según la Norma INEN 1529 y mohos y levaduras según la norma INEN 1529 se realizó los días 1, 9, 18 días de

almacenamientos. Se tomaron 10 g de guayabas con y sin recubrimiento (control) y se adiciono 90 ml de agua peptonada estéril, a continuación se realizaron diluciones seriadas y finalmente se determinó la concentración de aerobios mesófilos, mohos y levaduras por el método de recuento en placa y número más probable respectivamente. Para el recuento se utilizó las cajas Compact Dry aplicando 1 ml de la muestra en el centro de la placa. La temperatura y el tiempo de incubación fueron de 25 a 30°C por 3 días respectivamente

Análisis sensorial.

Se realizó mediante un panel de 10 catadores que evaluaron las siguientes características organolépticas de la guayaba tratada: calidad visual, aroma, firmeza, impresión global e sabor. A cada catador se le entrego la muestra selecciona mediante un análisis de pérdida de peso, como un análisis físico muy representativo.

Para los diferentes atributos se utilizó una escala de 1 a 7, el de mejor puntuación se considera el de mejor calidad.

3.7 Plan de procesamiento de la información

Los datos de las variables respuesta fueron analizados con el software estadístico IBM SPSS Statistics Versión 25, utilizando la prueba a nova de dos factores y el tiempo de almacenamiento más el control para comprobar la hipótesis y la comparación de promedios se realizó mediante el test de Tukey ($\alpha= 0,05$)

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis Físico-Químico

4.1.1 Caracterización

En la tabla 5 se reportan los valores promedios con respecto al tamaño de 20 guayabas determinados el día de la cosecha y los requisitos de clasificación de la norma NTE INEN 1911:2015

Tabla 5. Valores de diámetro y peso de la guayaba blanca determinada el día de la cosecha y requisitos de la norma INEN 1911:2015.

Parámetros	Valores	Norma INEN	
		Requisitos	Tamaño
Diámetro (mm)	47,27	>50	Mediana
Masa (g)	52,82	m>50	Mediana

Caracterización del gel mucilaginoso de nopal

Viscosidad (cst)	°Brix	pH	Densidad kg/m ³	Turbidez NTU
1085.2	0.65	6.4	1030	6.29

4.1.2 Acidez titulable (% de ácido cítrico)

La valoración de la acidez titulable se mantiene estable como se puede apreciar en la gráfica de la tendencia entre los valores obtenidos durante el tiempo de almacenamiento, así como la interacción y el efecto individual de los recubrimientos comestibles y los tiempos de inmersión a excepción, en donde el tratamiento sin recubrimiento, tiene una disminución hasta un valor de 0.25 comparado con los tratamientos que poseen

recubrimiento que se mantienen con valores superiores; coincide con investigaciones como la de García (2013), y Jimenez (2017), en las cuales se atribuye que la acidez en la fruta disminuye por la degradación de los ácidos orgánicos

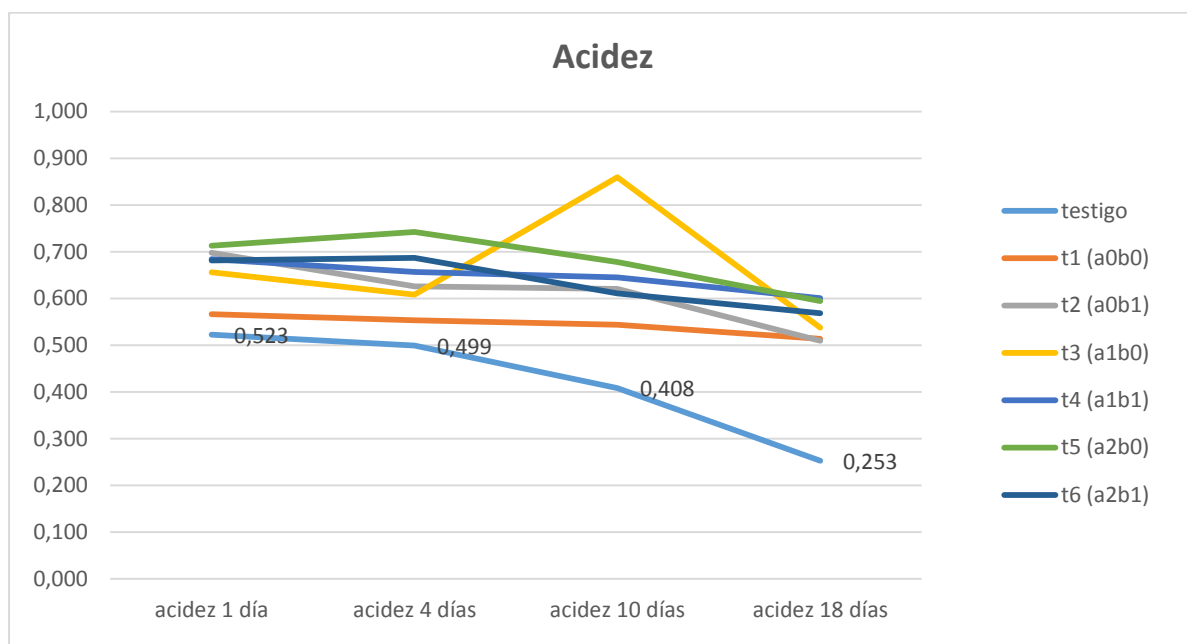


Figura 3. Acidez titulable durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

De la tabla 6, el análisis de varianza presenta diferencia significativas entre los tratamientos por medio de la comparación de medias de Tukey, en donde se observan dos rangos de significación para los días de almacenamiento de la fruta, encontrando que las propiedades de acidez en las frutas solo se logra mantener hasta los cuatro días de almacenamiento, luego del tiempo indicado se observa una caída de la acidez en los frutos disminuyendo así la calidad de la fruta. El aplicar mucílagos para recubrir las frutas son una buena práctica ya que se conserva las propiedades de la guayaba, debido a que se ubica en el primer rango de significación con un promedio de 0.58 que corresponde al tratamiento (ao- 100% mucílago), siendo mejor que los otros niveles de recubrimiento que utilizan el aceite de la esencial de tornillo que se ubicaron en el segundo rango con un valor de 0.66, valores semejantes a los obtenidos por Achipiz, Castillo, Mosquera, Hoyos, & Navia, (2013) y Rodríguez-González, (2009).

En cuanto al tiempo de inmersión, no se hallaron diferencias estadísticas y tampoco de promedios, por lo que se indica que el tiempo de inmersión no influye en las características de acidez de la fruta.

Tabla 6. Acidez titulable durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

DÍAS DE ALMACENAMIENTO		RECUBRIMIENTOS	TIEMPO DE INMERSIÓN		
1 día	0.67 B	a0 100 % mucílago	0.58 A	b0 30 s	0.63
		a1 99,5% mucílago + 0,5% aceite esencial del tomillo			
4 días	0.65 A	a2 99% mucílago + 1% aceite esencial del tomillo	0.66 B	b1 60 s	0.63
8 días	0.67 B		0.66 B		
10 días	0.67 B				

4.1.3 pH (concentración de iones hidrógeno)

El pH, se mantuvo sin variación progresiva durante los diez días de almacenamiento; a partir del día 18, se observa un acenso representativo específicamente en el tratamiento (sin recubrimiento comestible), con un valor máximo promedio de 4.68 comparado con los tratamientos con recubrimiento comestible donde el pH más bajo 3.739 con un incremento de 0.255 desde el inicio hasta al final del almacenamiento, que corresponde al tratamiento (99.5% de mucílago+ 0.5% de aceite esencial de tomillo) durante 30 segundos de inmersión considerando como el mejor tratamiento.

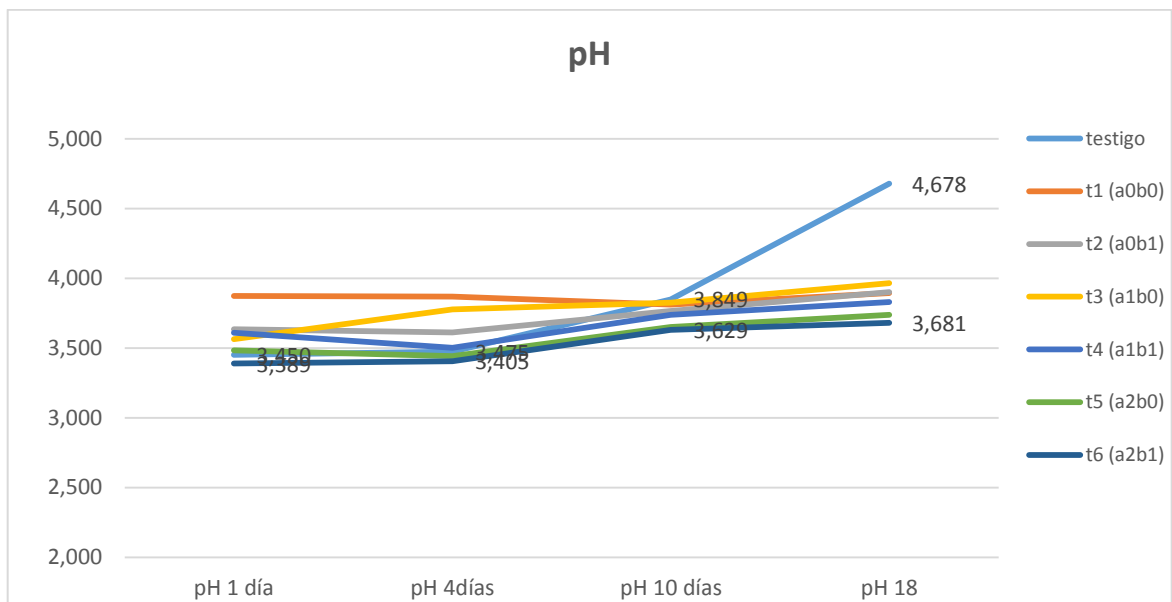


Figura 4. pH durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

En la tabla 7, el pH se mantuvo constante entre los diferentes tratamientos independientemente del tiempo. Se encontraron diferencias significativas en el día 10 tanto en la guayaba control como en las guayabas con recubrimiento comestible por aumento con respecto al tiempo de almacenamiento, el pH aumenta independientemente de los recubrimientos comestibles que se utilice.

El tratamiento con mucílago al 99% + el 1% de aceite esencial de tornillo presenta el mejor desempeño en la conservación del pH en función del tiempo, que para el caso alcanzó un promedio de 3.55 unidades de pH y por lo tanto se ubicó en el primer rango de significación, en relación a (a0) 100% mucílago, que con 3.8 unidades de pH se ubicó como el nivel de recubrimientos más alto; por lo tanto, como el nivel de menor desempeño, lo que corrobora en la investigación realizada por Jimenez, (2017) utilizando aloe vera como recubrimiento de frutas, así como una investigación similar realizada por García, (2013).

En los tiempos de inmersión, no se observaron diferencias estadísticas, pero sin embargo, el sumergir por más tiempo en la solución de recubrimiento a las frutas de guayaba, ayudan a

mantener sus características de pH ya que a los 60 segundos de inmersión el pH alcanzó un promedio de 3.64 unidades.

Tabla 7. pH durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

DÍAS DE ALMACENA MIENTO		RECUBRIMIENTOS	TIEMPO DE INMERSIÓN	
1 día	3.59 A	a0 100 % mucílago	3.8 B	b0 30 s 3.72
		a1 99,5% mucílago + 0,5% aceite		
4 días	3.6 A	esencia del tomillo	3.69 A	b1 60 s 3.64
		a2 99% mucílago + 1% aceite esencia		
8 días	3.69 B	del tomillo	3.55 A	
10 días	3.84 B			

4.1.4 Firmeza del fruto

La firmeza del fruto de guayaba disminuye conforme transcurren los días de almacenamiento. El período de almacenamiento de las frutas influyó de forma determinante en todos los tratamientos, especialmente en el tratamiento (sin recubrimiento) en el día 18 el valor de la firmeza fue de 0.123 N, siendo el más bajo con los otros tratamientos que también sufrieron disminución en su firmeza, En forma parcial se puede decir que la aplicación de diferentes recubrimientos aplicados en diferentes tiempos de inmersión ayuda parcialmente a mantener firme el fruto de la guayaba.

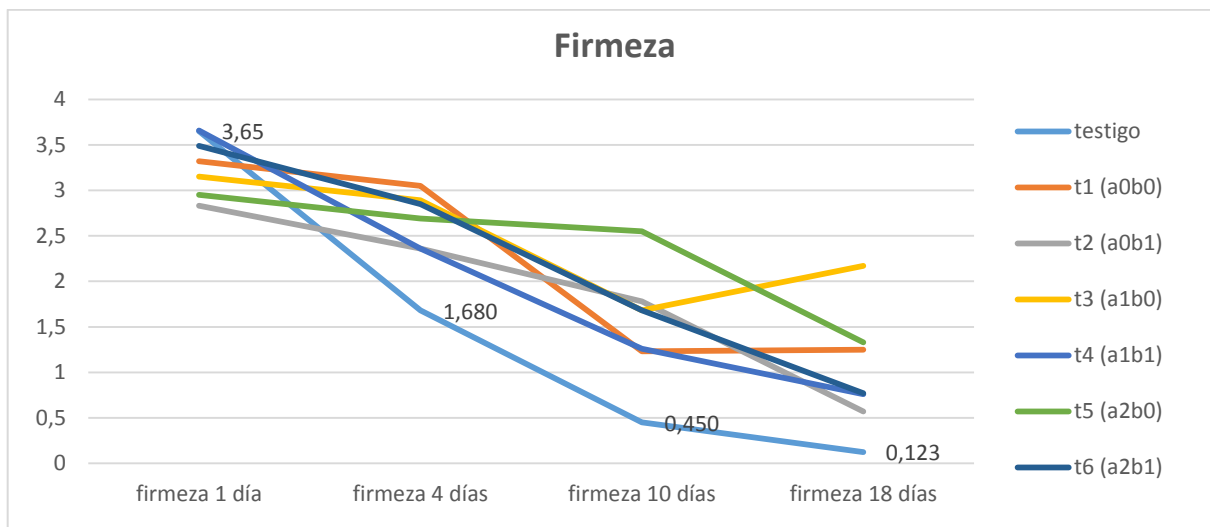


Figura 5. Firmeza del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

En la tabla 8, se detallan los resultados obtenidos durante los diferentes días de almacenamiento de la fruta; así se tiene que la firmeza se va perdiendo conforme va pasando el tiempo donde en el día uno hay un promedio de firmeza de 3.24 unidades, en relación a los 18 días en donde la firmeza del fruto es baja, con apenas 1.14 unidades.

Para los recubrimientos no se observaron diferencias estadísticas entre los diferentes niveles del factor en estudio, donde el mejor promedio en un rango muy pequeño fue el nivel a2 (a2 99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo) con 2.14 unidades, en relación al promedio cuando solo se usa mucílago a0 (100% mucílago), que alcanzó 2.05 unidades.

En lo referente al factor tiempo de inmersión de frutos de guayaba en las diferentes soluciones de recubrimiento, se observaron diferencias significativas, donde el tiempo más idóneo para conservar frutos de guayaba es el b0 (30 s), nivel que se ubicó en el primer rango con un promedio de 2.35 unidades de firmeza de fruto.

A lo largo del periodo de almacenamiento, la firmeza en las guayabas disminuyó. Las guayabas control presentan una reducción significativa de la dureza alcanzado un promedio de 1,52% a los 10 días de almacenamiento, independientemente del tratamiento.

Estadísticamente entre tratamientos no se registró diferencias significativa ($P>0,05$), fluctuando entre 2,05% a 2,321%. Otros autores señalan que la firmeza de la guayaba, disminuye con el avance del periodo postcosecha (Orrego et al., 2016)

Tabla 8. Firmeza durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

DÍAS DE ALMACENAMIENTO		RECUBRIMIENTOS		TIEMPO DE INMERSIÓN	
1 día	3.24 A	a0 (100 % mucílago)	2.05	b0 30 s	2.35A
		a1 (99,5% mucílago + 0,5% aceite			
4 días	2.7 B	esencia del tomillo)	2.24	b1 60 s	2.04B
		a2 (99% mucílago + 1% aceite esencia			
8 días	1.72C	del tomillo)	2.31		
10 días	1.14D				

4.1.5 Concentración de sólidos solubles (° Brix)

Los sólidos solubles totales del ensayo se mantuvieron relativamente normales en la aplicación de los diversos tratamientos durante los diferentes días de almacenamiento, en donde se pudo apreciar que el tratamiento que presento más variación e incremento de °Brix fue el testigo que al final del experimento alcanzó un promedio de 9,7 grados brix en promedio y terminando con un valor de 8.28°Brix, por lo tanto se ubicó en el último rango de significación.

El tratamiento a2b1 (99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo + b1 60 s), fue el de mejor desempeño para la variable concentración de sólidos solubles que obtuvo el mejor promedio con 7.83 °Brix y por lo tanto encabezó el primer rango de significación a los 10 días de almacenamiento.

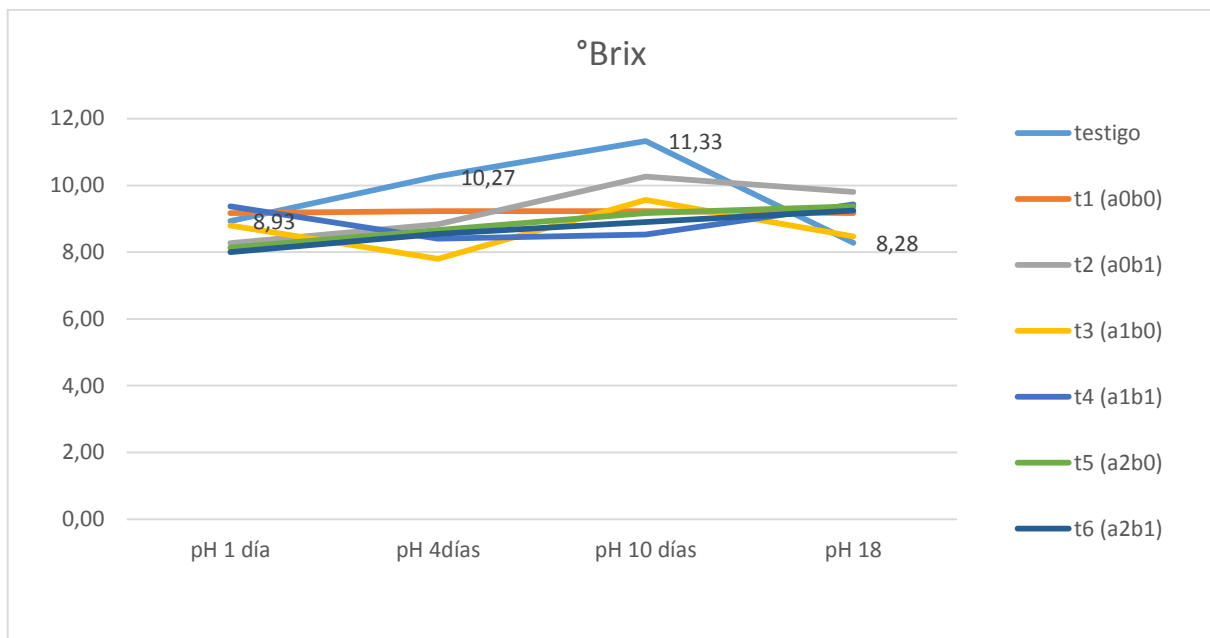


Figura 6. °Brix del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

En la tabla 9, se observa que los días de almacenamiento influyen en la calidad del fruto en la concentración de sólidos solubles en donde el mejor período de almacenamiento fue a los 4 días donde se alcanzó un promedio de 8.64°Brix, en relación a los diez días de almacenamiento que alcanzaron valores superiores de 9.09 °Brix, haciendo notar que conforme pasan los días de almacenamiento se pierde la calidad de la fruta por la excesiva cantidad de sólidos solubles, dificultando la conservación de los frutos de guayaba.

El recubrimiento que logra conservar de mejor manera los frutos de guayaba fue el a2 (a2 99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo), que con un promedio de 8.56 °Brix y por lo tanto se ubicó en el primer rango de significación, en relación al nivel a0 (100% mucilago), el cual con un promedio de 9.19 ° Brix se ubicó en el último rango.

Para el tiempo de inmersión en las soluciones de recubrimiento, no se encontraron diferencias estadísticas, pero se puede identificar una diferencia de promedios donde el promedio más bajo se encontró con el nivel b1 (60 segundos de inmersión), con un promedio de 8.83 °Brix.

Tabla 9. °Brix del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

DÍAS DE ALMACENAMIENTO		RECUBRIMIENTOS		TIEMPO DE INMERSIÓN	
1 día	8.65	a0 100 % mucílago	9.19 C	b0 30 s	8.89
		a1 99,5% mucílago + 0,5% aceite			
4 días	8.6A	esencia del tomillo	8.83 B	b1 60 s	8.83
		a2 99% mucílago + 1% aceite			
8 días	9.06 B	esencia del tomillo	8.56 A		
18 días	9.09 B				

4.1.6 % de Humedad (porcentaje)

Al observar la fig. 5, donde se ubican los diferentes porcentajes de humedad de los tratamientos en estudio y su comportamiento durante los días de almacenamiento se puede observar que el mejor resultado se obtuvo con a1b1 (a1 99,5% mucílago + 0,5% aceite esencia del tomillo + 60 segundos de inmersión), finalizando el ensayo con un promedio de 83.37% con lo cual se ubicó en el primer rango de significación como el mejor tratamiento. En cambio el tratamiento testigo fue el de menor desempeño por lo cual siempre ocupó los últimos rangos, de donde se puede decir que el uso de recubrimientos y el tiempo de inmersión influyen en mantener las cualidades de los frutos en la variable % de humedad.

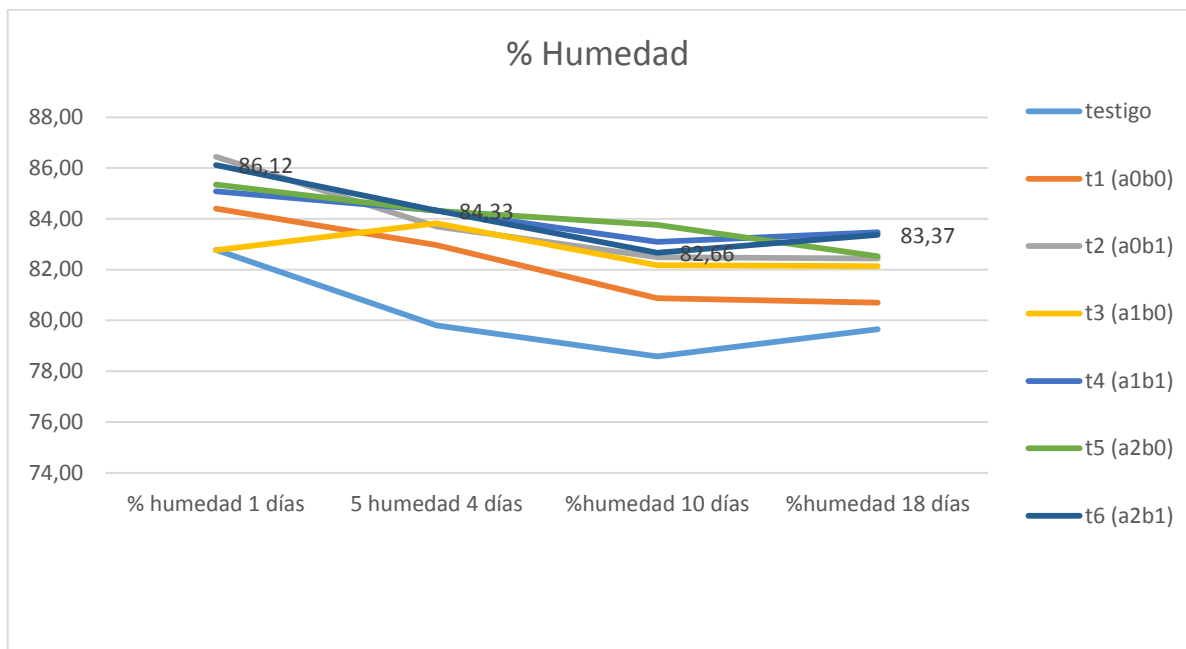


Figura 7. % Humedad del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

En la tabla 10, se observa que los tratamientos en el primer día del experimento con un promedio de 85.03%, los frutos se encuentran en calidad óptima y que se mantiene hasta cierto tiempo, a partir del décimo día se encuentran afectados en el % de humedad ya que baja a un promedio de 82.44% y por lo tanto se ubica en el último rango de significación.

Para el caso de los recubrimientos, se observa que no hay diferencias estadísticas lo que se entiende que cualquier recubrimiento, puede ser utilizado ya que ayuda a mantener la humedad del fruto en donde el mejor promedio se lo obtuvo con a2 (a2 99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo), con 84.06% de humedad.

El tiempo de inmersión también mostró diferencias estadísticas en donde b1 (60 segundos de inmersión) se ubicó en el primer rango como el mejor tiempo con un promedio de 83.96% de humedad y por lo tanto fue la mejor alternativa para mantener la calidad del fruto manteniendo el % de humedad.

Tabla 10. %Humedad del fruto durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión.

DÍAS DE ALMACENAMIENTO		RECUBRIMIENTOS	TIEMPO DE INMERSIÓN
1 día	85.03 A	a0 100 % mucílago	83.00 b0 30 s 82.98 B
días	83.91 AB	a1 99,5% mucílago + 0,5% aceite esencia del tomillo	83.36 b1 60 s 83.96 A
		a2 99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo	
8 días	82.51 B		
18 días	82.44 B		

4.1.7 Pérdida de peso en frutos de guayaba

La pérdida de peso de las guayabas control y las tratadas con recubrimientos comestibles en almacenamiento al ambiente se muestra en las figura 8 y 9.

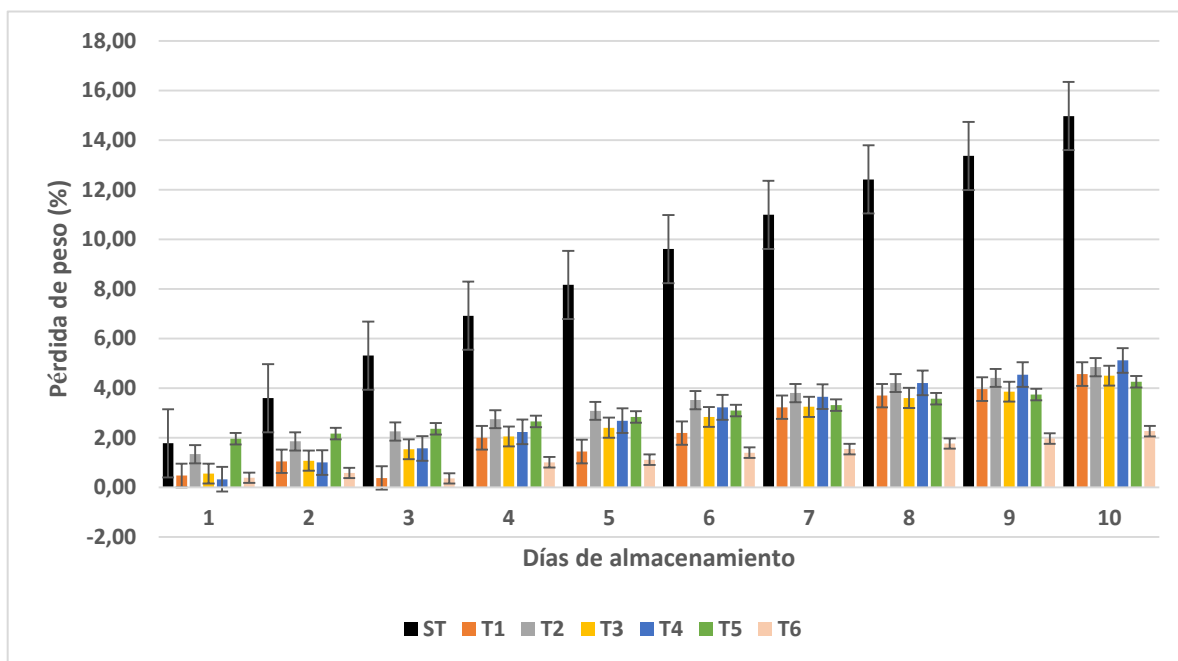


Figura 8. Comportamiento de la humedad durante el almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.

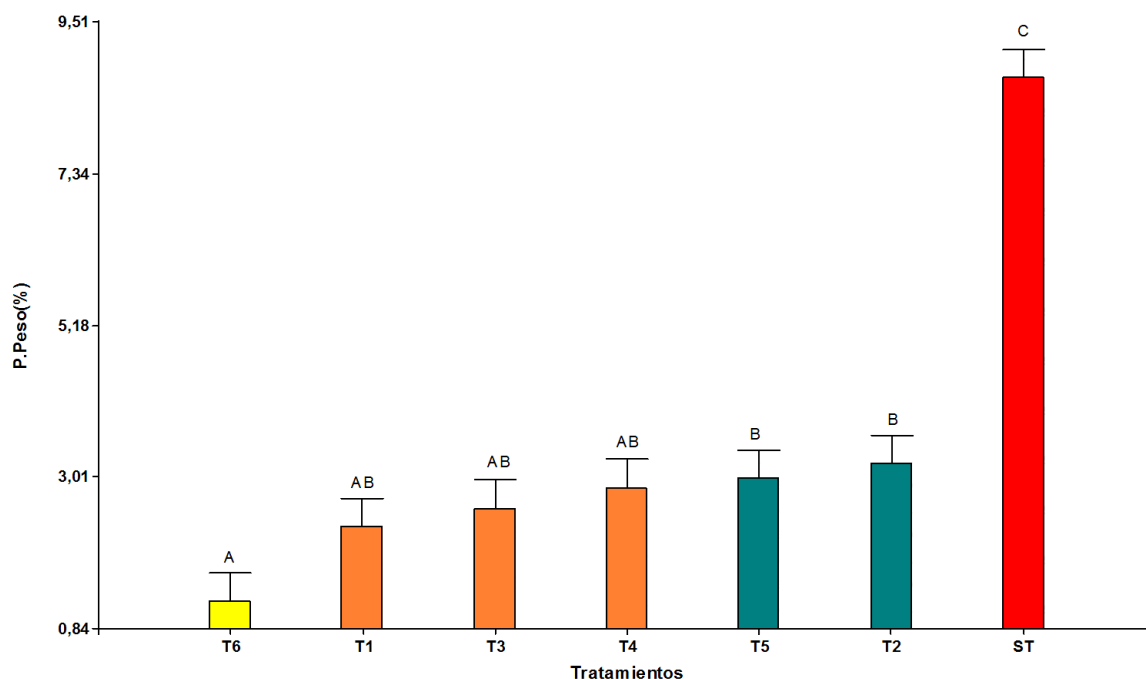


Figura 9. Comportamiento de la pérdida de peso (%) durante el almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.

Los resultados se expresan como la media de 3 réplicas y las barras de error representan el intervalo de confianza del 95 % de la media. Las letras mayúsculas diferentes indican, para cada tratamiento diferencias significativas entre los días de evaluación. Las letras minúsculas diferentes indican para cada día, diferencias significativas entre los tratamientos

- T1 100% de mucílago, 30 segundos de inmersión
- T2 100% de mucílago, 60 segundos de inmersión
- T3 (99.5% de mucílago, 0.5% de aceite esencial de tomillo), 30 segundos de inmersión
- T4 (99.5% de mucílago, 0.5% de aceite esencial de tomillo), 60 segundos de inmersión
- T5 (99% de mucílago, 1 % de aceite esencial de tomillo), 30 segundos de inmersión
- T6 (99% de mucílago, 1 % de aceite esencial de tomillo), 60 segundos de inmersión
- ST Control

Las frutas pierden agua por los procesos de transpiración y respiración que no se detienen después de la cosecha. La finalidad de los recubrimientos comestibles en frutas es

disminuir la pérdida de agua, retrasar la decadencia, transmitir brillo y mantener el color, permitiendo así una mejor calidad (Rojas Grau, 2006)

Es muy claro que todas las guayabas presentaron una pérdida de peso progresiva con el tiempo de almacenamiento, haciendo muy notoria en las guayabas sin recubrimiento (Figura 9). El análisis estadístico indicó pérdida similar en el grupo de tratamientos T1, T3 y T4, en el T5 y T2 a diferencia de T6 que evidencia las pérdidas de peso más bajas en tanto que el tratamiento control es el que tiene las pérdidas de peso más altas (Figura 67). El recubrimiento lo cual se relacionó con los cambios en la calidad comercial y de consumo, usualmente comercializada para este rubro.

Color

En las tablas 11 y 12 se presentan los datos del color (Luminosidad y ángulo Hue) de guayabas, tratadas con recubrimientos de mucílago y sin mucílago.

Tabla 11. Luminosidad de las guayabas control y guayabas con recubrimiento comestible en almacenamiento

Luminosidad (L)							
Días	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	71,29 ± 3,32 Ab	70,66 ± 5,21 Ab	69,22 ± 2,78 Ab	70,26 ± 1,86 Ab	69,71 ± 2,67 Ab	72,43 ± 1,36 Ab	69,69 ± 7,47 Ab
2	72,72 ± 3,32 Ab	71,31 ± 1,89 Ab	71,47 ± 1,32 Ab	72,96 ± 1,34 Ab	72,06 ± 1,47 Ab	70,66 ± 1,32 Ab	70,20 ± 2,76 Ab
4	72,01 ± 2,96 Ab	71,37 ± 1,92 Ab	70,75 ± 2,01 Ab	71,41 ± 2,17 Ab	69,80 ± 2,21 Ab	68,62 ± 3,03 Ab	69,02 ± 2,70 Ab
6	69,65 ± 5,06 Ab	70,24 ± 2,82 Ab	67,56 ± 5,18 Ab	70,29 ± 2,47 Ab	68,88 ± 3,73 Ab	65,23 ± 4,95 Ab	68,86 ± 3,29 Ab
8	66,88 ± 4,83 Aa	66,14 ± 2,46 Aa	66,05 ± 3,27 Aa	64,77 ± 4,01 Aa	64,40 ± 4,33 Aa	64,59 ± 1,76 Aa	66,76 ± 3,50 Aa
10	64,48 ± 6,06 Aab	67,22 ± 4,39Aab	68,7 ± 2,36 Aab	70,44 ± 2,05 Aab	67,50 ± 2,96 Aab	74,72 ± 1,75 Aab	66,57 ± 2,81 Aab

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada día de evaluación, diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos.

Diferentes letras minúsculas indican, para cada tratamiento, diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las fechas de evaluación.

Tabla 12. Angulo Hue de las guayabas control y guayabas con recubrimiento comestible en almacenamiento

°Hue							
Días	Control	T1	T2	T3	T4	T5	T6
0	87,95 ± 2,47 Ab	88,38 ± 2,90 Bb	86,71 ± 2,73 ABb	87,30 ± 2,34 Bb	86,62 ± 3,10 ABb	87,26 ± 2,23 ABb	85,90 ± 2,21 ABb
2	86,57 ± 2,20 Ab	87,19 ± 1,74 Bb	86,88 ± 3,10 ABb	88,73 ± 0,98 Bb	88,14 ± 2,13 ABb	87,32 ± 2,39 ABb	87,07 ± 2,19 ABb
4	85,72 ± 3,00 Ab	87,15 ± 1,98 Bb	87,72 ± 2,30 ABb	87,81 ± 1,80 Bb	86,94 ± 2,65 ABb	86,21 ± 2,88 ABb	87,97 ± 2,79 ABb
6	83,64 ± 3,80 Aa	86,43 ± 3,13 Ba	84,13 ± 6,60 ABa	86,90 ± 3,66 Ba	84,79 ± 3,85 ABa	85,08 ± 4,62 ABa	85,24 ± 6,00 ABa
8	81,72 ± 4,37 Aa	85,23 ± 3,66 Ba	84,71 ± 4,86 ABa	86,04 ± 3,17 Ba	83,91 ± 4,66 ABa	84,72 ± 5,23 ABa	85,48 ± 3,77 ABa
10	79,75 ± 4,56 Aa	87,29 ± 4,17 Ba	85,44 ± 4,01 ABa	86,17 ± 3,28 Ba	83,58 ± 4,82 ABa	83,06 ± 5,99 ABa	84,05 ± 5,75 ABa

Letras mayúsculas diferentes indican, para cada día de evaluación, diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos.

Diferentes letras minúsculas indican, para cada tratamiento, diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las fechas de evaluación.

El cambio total de color fue evaluado en un periodo de almacenamiento de la fruta recubierta, el día inicial, el color se midió antes e inmediatamente después de la aplicación de los recubrimientos y no se observaron efectos del tratamiento sobre este atributo. En la luminosidad se pueden observar diferencias significativas entre el control y los demás tratamientos, en todas las muestras se produjo una disminución de L^* durante el almacenamiento. Se pudo apreciar disminución marcada a los 8 y 10 días de almacenamiento, esto es una señal que las guayabas van perdiendo brillo debido al proceso de senescencia de la fruta (figura 8), entre tratamiento no se evidencio diferencia significativa. Estos resultados son similares.

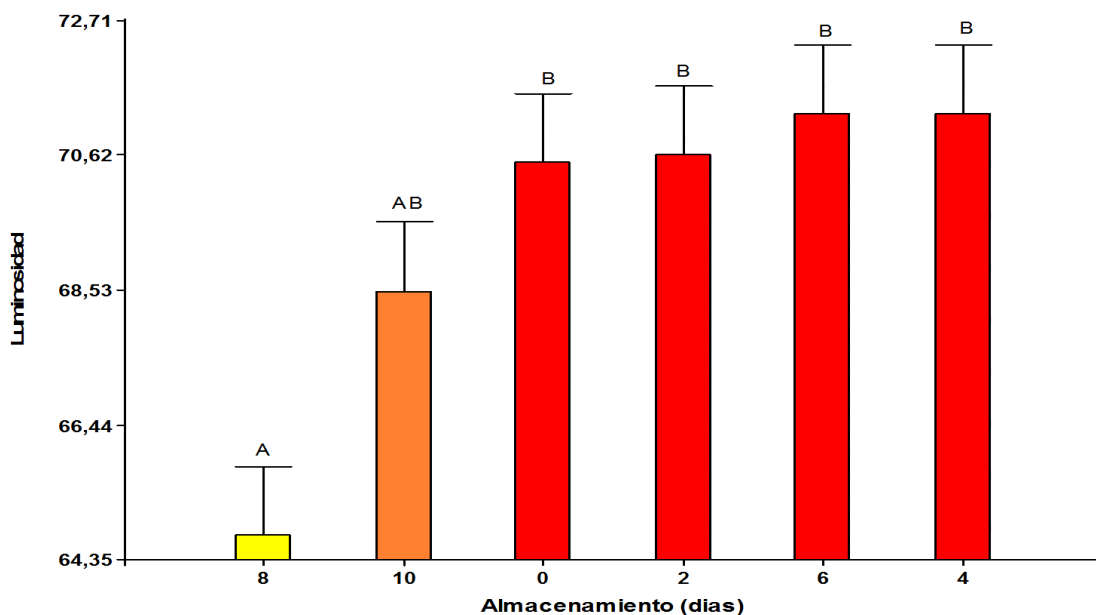


Figura 10. Comportamiento de la Luminosidad durante el almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.

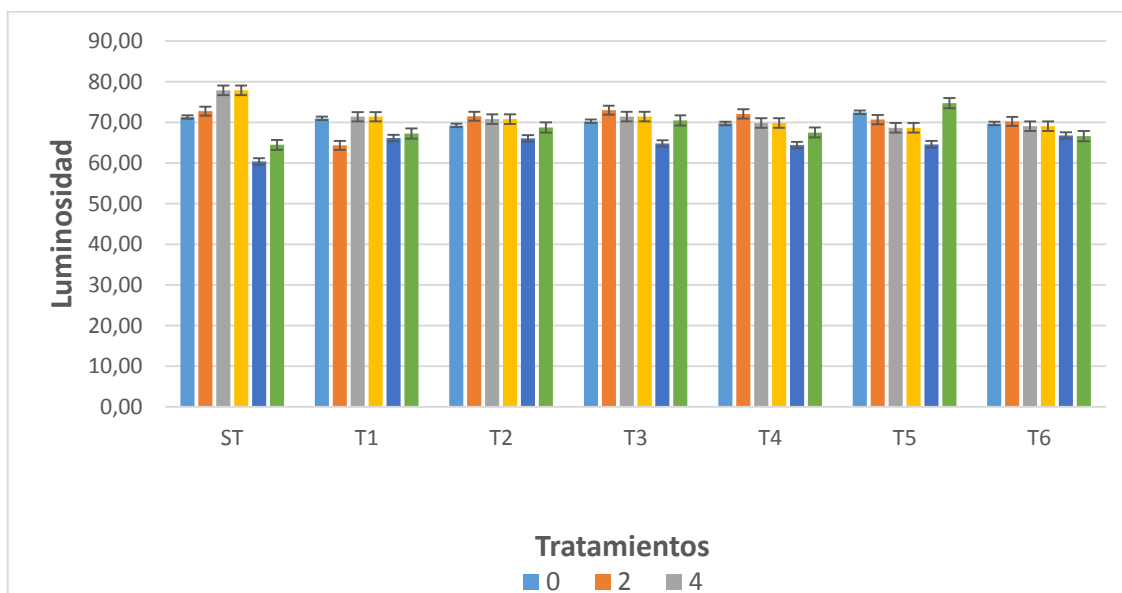


Figura 11. Comportamiento de la Luminosidad a tres tiempos de almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.

Al realizar el análisis estadístico del valor del ángulo Hue, e independientemente del tiempo de almacenamiento, se observaron cambios significativos ($P < 0,05$) entre tratamientos, divididos en tres grupos; el control completamente diferente del resto de tratamientos; los tratamientos que estadísticamente tienen valores de ángulo Hue entre 85 y 86 y son T2(100% de mucílago, 60 segundos de inmersión; T4 (99.5% de mucílago, 0.5% de aceite esencial de tomillo), 60 segundos de inmersión; T5 (99% de mucílago, 1 % de aceite esencial de tomillo), 30 segundos de inmersión y T6 (99% de mucílago, 1 % de aceite esencial de tomillo), 60 segundos de inmersión y un tercer grupo se con aquellos tratamientos estadísticamente iguales con los valores de ángulo Hue más altos T1 (100% de mucílago, 30 segundos de inmersión) y T3(99.5% de mucílago, 0.5% de aceite esencial de tomillo), 30 segundos de inmersión) (figura 10). Con respecto a la influencia del tiempo de almacenamiento se evidencio claramente con el análisis estadístico que a partir del 6 día de almacenamiento el ángulo Hue experimenta un decrecimiento como consecuencia de la senescencia de la fruta (figura 11).

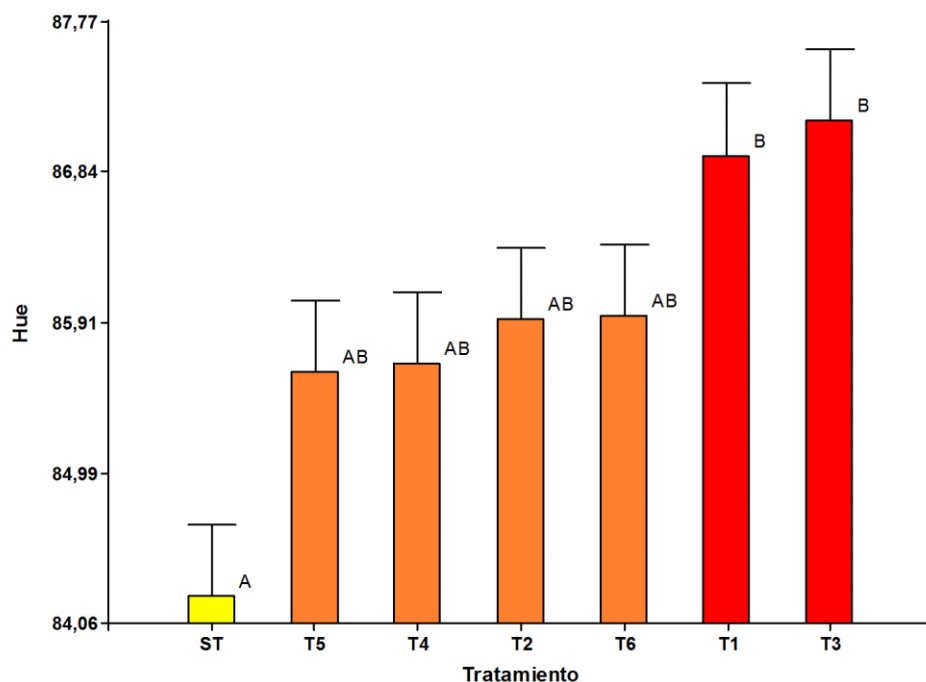


Figura 12. Comportamiento del ángulo Hue durante el almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.

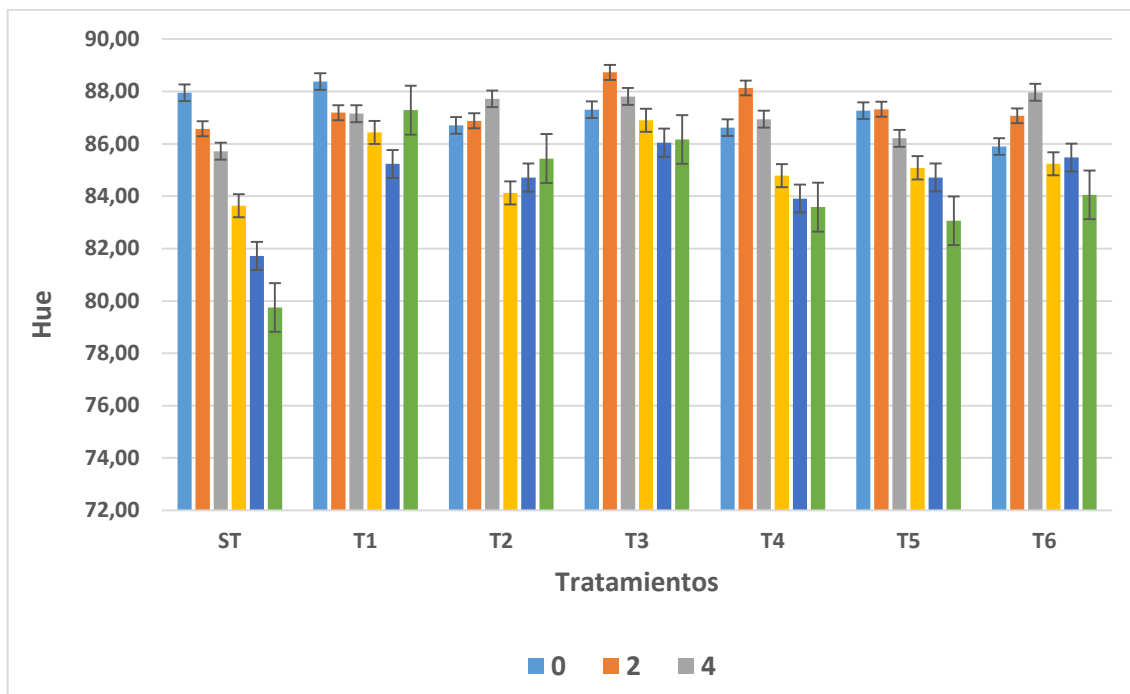


Figura 13. Comportamiento del ángulo Hue durante a diferentes días de almacenamiento de guayaba control y guayaba tratada con recubrimientos comestibles y tiempos de inmersión.

4.1.8 Análisis microbiológicos (Aerobios mesófilos, mohos y levaduras)

4.1.8.1 Análisis de microorganismos aerobios mesófilos

En la figura 12, se observa que la aplicación de recubrimientos para mantener la calidad de la fruta es importante porque reduce la actividad microbiana, ya que el tratamiento testigo presenta mayor cantidad de colonias de bacterias en relación a los demás tratamientos. Siendo el recubrimiento a2 (99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo), el mejor ya que alcanzó el promedio más bajo con 2.57 log UFC/g de microorganismos aerobios. El tratamiento de mejor desempeño en relación al tiempo de almacenamiento fue el tratamiento t6 (a2b, 99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo sumergido a 60 segundos) el cual tuvo una evolución de 2.35 log UFC/g al primer día llegando al final del experimento a 2.65 log UFC/g siendo muy superior al tratamiento testigo que culminó en 3.65 log UFC/g de microorganismos aerobios.

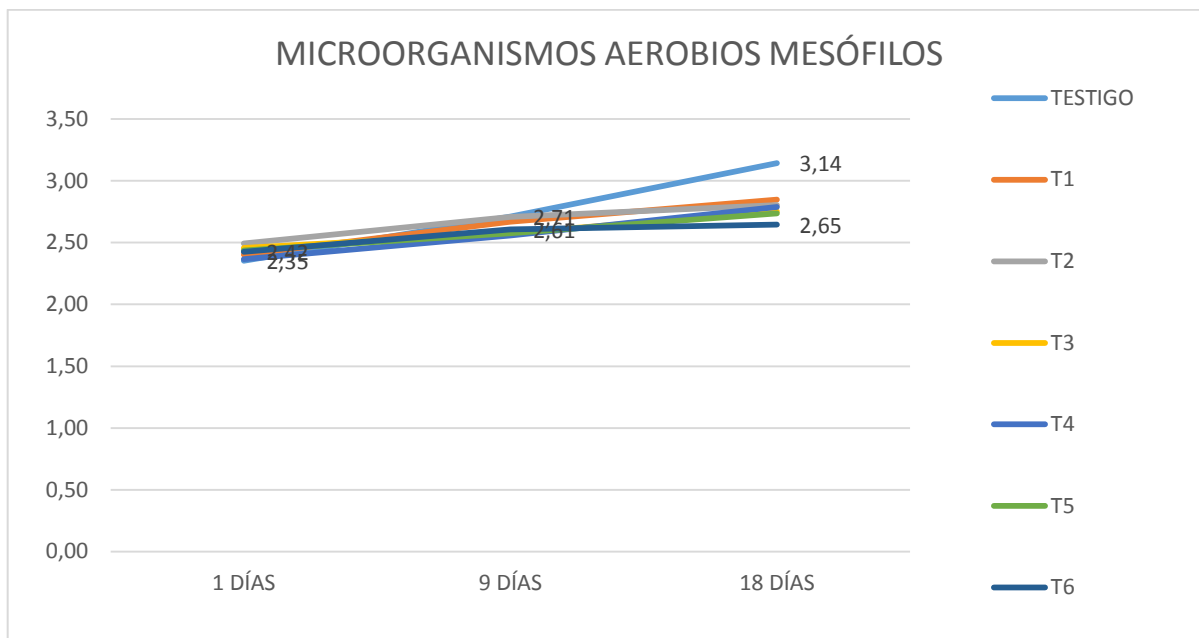


Figura 14. Microorganismos aerobios en el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión. Expresado log UFC/g

En la tabla 13, se observa que la calidad de la fruta va disminuyendo, así en el primer día se obtuvo el mejor rango con un promedio de 2.43 log UFC/g aerobios mesófilos, dichos microorganismos conforme pasa el tiempo se van incrementando, terminando el ensayo a los 18 días con 2.76 log UFC/g.

En cuanto a los recubrimientos el uso del mucílago ayuda a conservar las cualidades de la fruta así en los niveles a1 (99,5% mucílago + 0,5% aceite esencia del tomillo) y a2 (99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo), fueron las mejores alternativas y por lo tanto ocuparon el primer rango con un promedio de 2.58 y 2.57 log UFC/g respectivamente.

Los tiempos de inmersión de los recubrimientos no incluyen en la calidad de fruto, debido a que los dos tiempos a los 30 y 60 segundos alcanzaron el mismo promedio con un valor de 2.6 colonias de microorganismos aerobios.

Tabla 13. Microorganismos aerobios mesófilos durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión. Log (UFC/g)

DÍAS DE ALMACENAMIENTO		RECUBRIMIENTOS		TIEMPO DE INMERSIÓN	
1 día	2.43 A	a0 100 % mucílago	2.65 B	b0 30 s	2.6
9 días	2.61 B	a1 99,5% mucílago + 0,5% aceite esencia del tomillo	2.58 A	b1 60 s	2.6
18 días	2.76 C	a2 99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo	2.57 A		

4.1.8.2 Análisis de hongos y levaduras

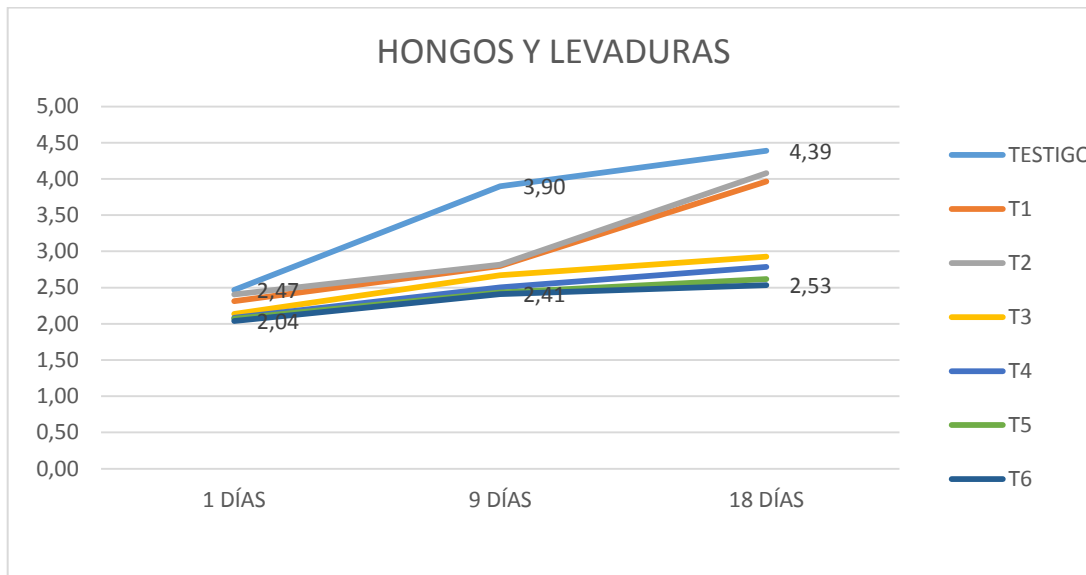


Figura 15. Hongos y levaduras en el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión. Expresado en log (UFC/g)

El comportamiento de los microorganismos es similar tanto en microorganismos aerobios mesófilos como la presencia de hongos y levaduras, así el tratamiento testigo fue el más afectado encontrando valores al final del ensayo con un promedio de 4.39 log UFC/g, en relación al tratamiento T6 a2b1 (99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo, en inmersión a los 60 segundos), el cual alcanzó el mejor promedio con 2.53 log UFC/g. Donde se nota que los usos de recubrimientos más la incorporación de aceite esencial de

tomillo ayudan a mantener la calidad de la fruta en el aspecto de la inhibición de la actividad microbiológica alargando la vida útil del fruto.

En la tabla 14, se observa que el periodo de almacenamiento afecta a la calidad de la fruta así al final del ensayo los valores obtenidos a los 18 días fueron de 3.15 log (ufc/g), empezando en 2.17 log UFC/g en el primer día, lo que hace notar que la guayaba no conserva por largos períodos la calidad de la fruta. El uso del recubrimiento a2 (99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo), presenta la mejor calidad del fruto con un valor de 2.35 log UFC/g, por lo tanto, se ubicó en el primer rango de significación. El tiempo de inmersión no indica diferencias estadísticas pero el mejor promedio de 2.63 log UFC/g que se obtuvo con b1 (60 segundos).

Tabla 14. Hongos y levaduras durante el almacenamiento de guayaba, con el uso de recubrimientos y tiempos de inmersión. Log (UFC/g)

DÍAS DE ALMACENAMIENTO		RECUBRIMIENTOS	TIEMPO DE INMERSIÓN	
1 día	2.17 A	a0 100 % mucílago	3.06 C	b0 30 s 2.66
		a1 99,5% mucílago + 0,5% aceite esencia del tomillo	2.52 B	b1 60 s 2.63
9 días	2.60 B	a2 99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo	2.35A	
18 días	3.15 C			

4.1.9 Análisis sensorial

4.1.9.1 Calidad visual

La calidad visual identifica los diferentes atributos percibles a la vista de un alimento y este parámetro permite al consumidor evaluar la calidad de un productor.

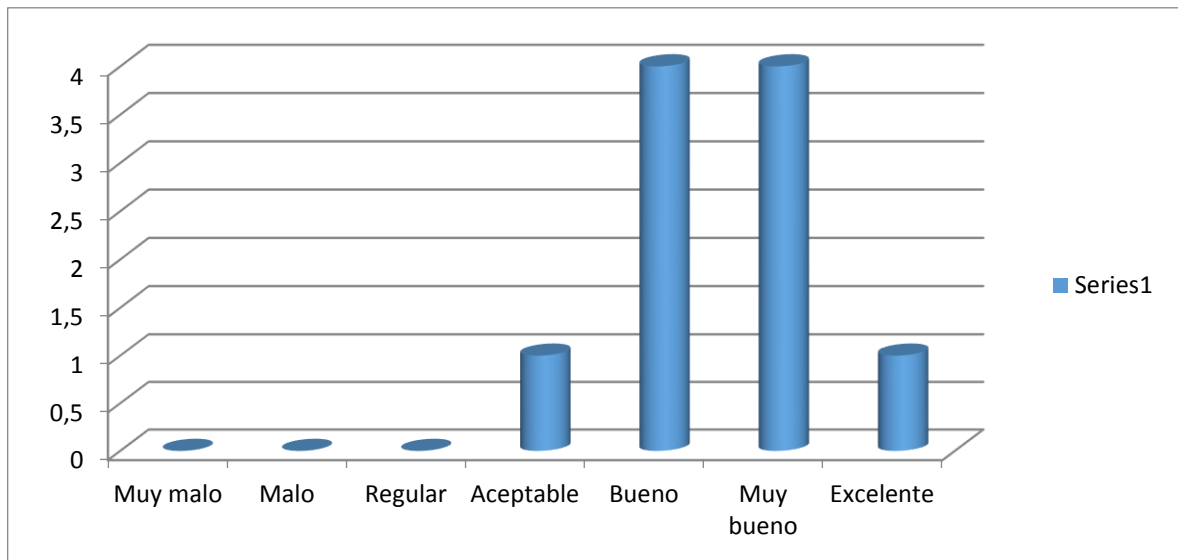


Figura 16. Calidad visual del tratamiento (99% de mucílago de nopal + 1 aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S

Se desprende de la figura 16 que los atributos que tienen mayor aceptación por el evaluador es bueno y muy bueno con una valoración de 4.

4.1.9.2. Aroma característico

El aroma se determina por el sentido del olfato, que desprenden los compuestos volátiles y los gases característicos de la guayaba.

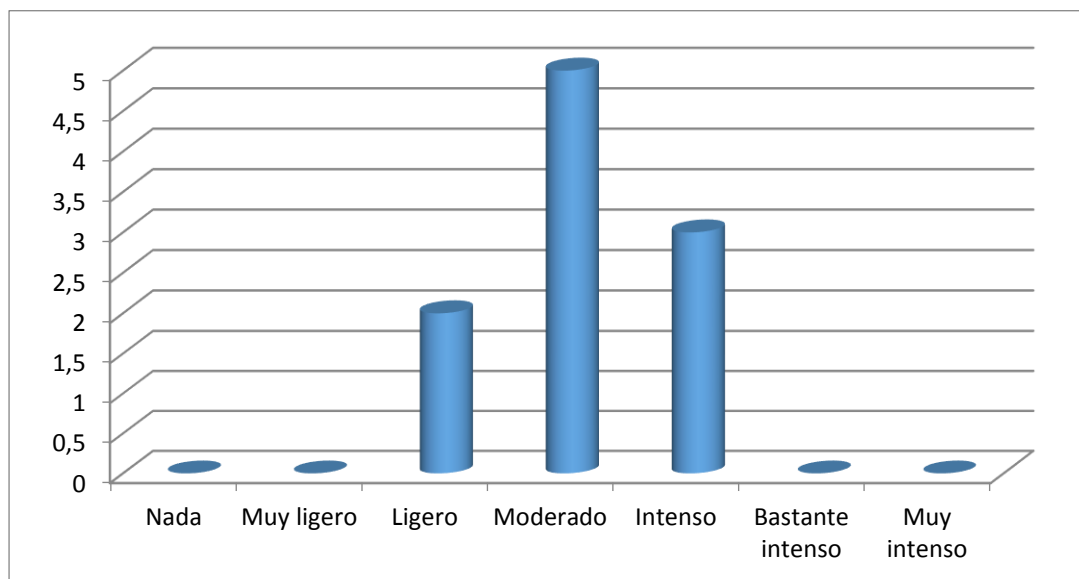


Figura 17. Aroma característico del tratamiento (99% de mucílago de nopal + aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S

De la figura 17 se determina que los atributos que tienen preferencia por los evaluadores es el aroma: Moderado, intenso y ligero con una puntuación de 5, 3 y 2 respectivamente. El aroma se determina por el olfato que emana los ácidos volátiles y los gases. Es importante tener en cuenta que el aroma constituye un atributo que permite identificar si la fruta se encuentra en condiciones óptimas para el consumo

4.1.9.3. Firmeza

La firmeza es evaluada a través de pulsar la superficie de la fruta, y calificar de acuerdo a los diferentes atributos presentados en esta característica organoléptica.

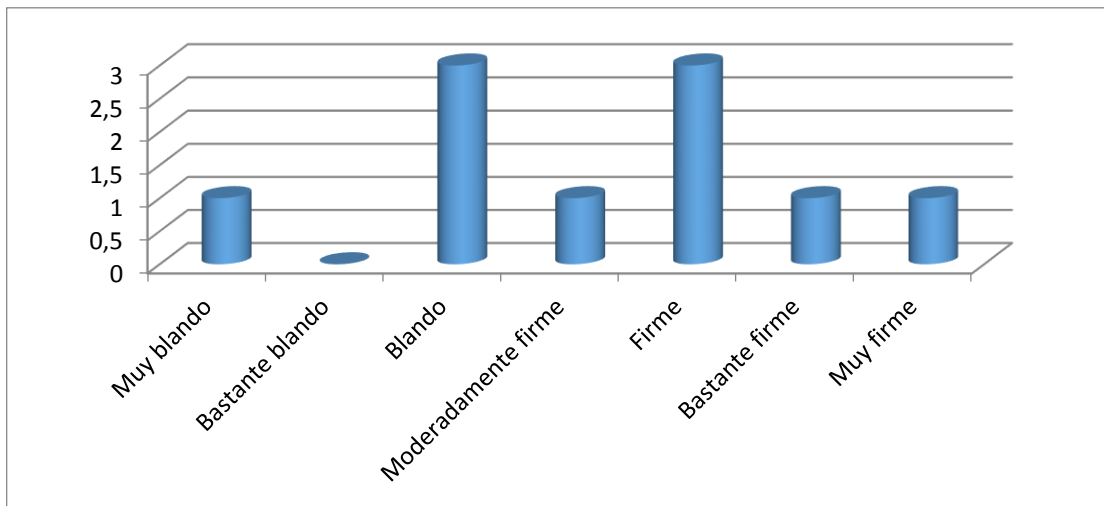


Figura 18. Firmeza del tratamiento (99% de mucílago de nopal + aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S

En este atributo se puede evidenciar que las características: Blando y firme han alcanzado los valores más altos con una puntuación de 3. Durante el tiempo de almacenamiento la firmeza de las guayabas van disminuyendo, ya que se deteriora la parte externa que cubre al fruto;

4.1.9.4. Impresión global

En la Figura 17 se puede observar las características que mayor aceptabilidad tuvieron los catadores con respecto al atributo impresión global de las guayabas tratadas con mucílago de nopal más aceite esencial de tomillo, sobresaliendo las características muy bueno y aceptable con una valoración de 7 y 2 respectivamente. Se concluye que las guayabas estuvieron dentro del límite de aceptación

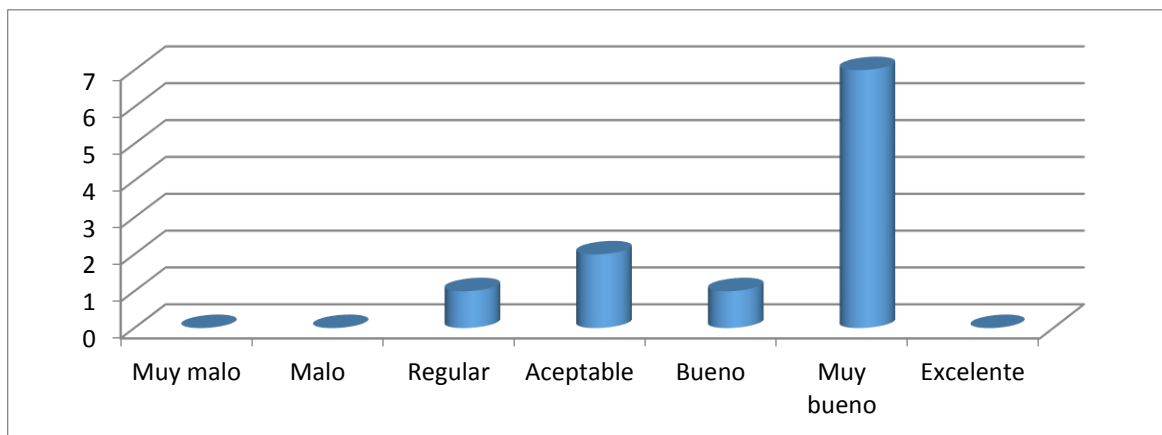


Figura 19. Impresión global del tratamiento (99% de mucílago de nopal + aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S

4.1.9.5. Sabor

En la figura 20 se puede observar que existe la aceptación del producto, de lo que se establece que el mucílago de nopal y el aceite esencial de tomillo contribuyen a mejorar el sabor, las características que tienen mayor aceptación es agradable y muy agradable. Se debe considerar que el sabor no solo depende del balance entre el azúcar y acidez, si no que se ve en gran parte está influenciado por el aroma de la fruta. Por los que se considera que la característica agradable ha sido la más valorada por los evaluadores.

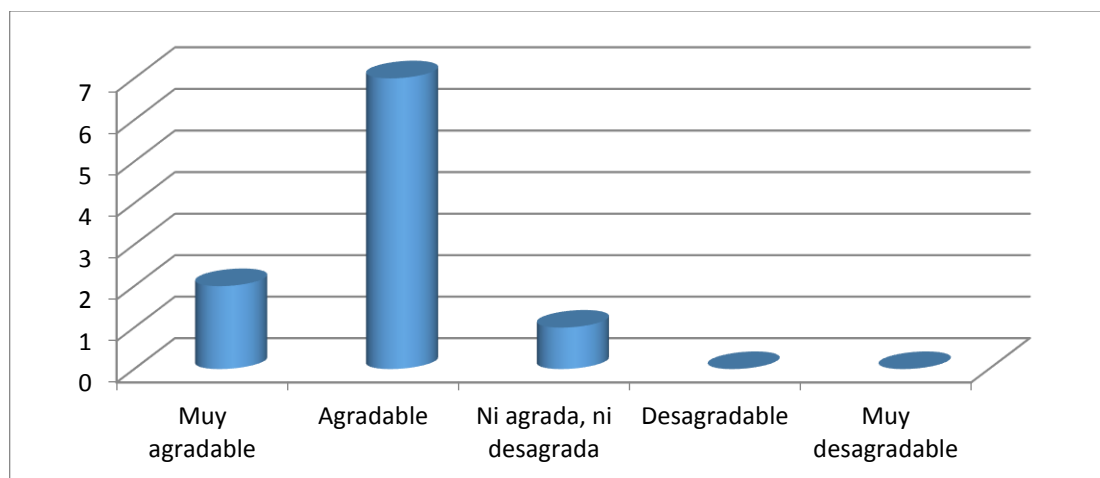


Figura 20. Sabor del tratamiento (99% de mucílago de nopal + 1 % aceite esencial de tomillo) con un tiempo de inmersión de 60S

4.2. Verificación de hipótesis

Planteamiento de hipótesis:

- H₀** Las diferentes formulaciones de recubrimientos comestibles y el tiempo de inmersión, no influyen sobre los parámetros de calidad y el tiempo de conservación de la guayaba
- H₁** Las diferentes formulaciones de recubrimientos comestibles y el tiempo de inmersión, si influyen sobre los parámetros de calidad y el tiempo de conservación de la guayaba

Modelo Matemático:

$$\mu_c = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6$$
$$\mu_c \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \neq \mu_6$$

Modelo Estadístico:

- **Elección de la prueba:** para la verificación de la hipótesis se trabajó con la Prueba ANOVA de dos factores con arreglo factorial A*B + 1, considerando como otro factor el tiempo de almacenamiento, y el test de Tukey para contrastar la igualdad de las medias del experimento, midiendo las características físico-químicas microbiológicas y sensoriales de la guayaba.
- **Nivel de significancia:** se utilizó un nivel de confianza del 95% y un nivel de riesgo o error de 5%.
- **Regla de decisión:** si el valor de p es menor o igual al nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna o de investigación; mientras que si el valor de p es mayor al nivel de significancia, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El tratamiento que conservó la mayor cantidad de propiedades del fruto durante el experimento manteniendo la calidad general es el tratamiento a₂ (99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo).

- Se evidenció que la aplicación de recubrimientos formulados con mucílagos de nopal suplementados con aceite esencial de tomillo ayudan a la conservación de las características fisicoquímicas de *P. guajava*; así se tiene que en el parámetro acidez el valor óptimo se lo obtuvo con a₀ (100% mucílago), con un promedio de 0.58, en el pH el recubrimiento a₂ (99% mucílago + 1% aceite esencial de tomillo), conservan mejor la guayaba con un valor de 3.55. El tratamiento a₂b₁ (99% mucílago + 1% aceite esencial del tomillo + b₁ 60 s), fue el de mejor desempeño para la variable concentración de sólidos solubles que obtuvo el mejor promedio con 7.83 °Brix y por lo tanto encabezó el primer rango de significación a los 18 días de almacenamiento.

- El mejor tiempo de inmersión fue b₀ (30 segundos) con el mejor promedio de 2.35 unidades de firmeza. Para la humedad, se observó que el factor que influye es el tiempo de inmersión b₁ (60 segundos), fue la mejor opción para conservar la humedad con un porcentaje de 83.96%.

- Las guayabas presentaron una pérdida de peso progresiva con el tiempo de almacenamiento, haciendo muy notoria en las guayabas sin recubrimiento. El análisis estadístico indicó pérdida similar en el grupo de tratamientos T₁, T₃ y T₄, en el T₅ y T₂ a diferencia de T₆ que evidencia las pérdidas de peso más bajas en tanto que el tratamiento control es el que tiene las pérdidas de peso más altas.

- Para la actividad microbiana, el uso de recubrimientos resulta una buena alternativa para mantener estables las densidades bacterianas, así a₂ (99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo), presenta la mejor calidad del fruto con un valor de apenas 2.57 log UFC/g de microorganismos aerobios y 2.35 log UFC/g colonias de hongos y levaduras

5.1 Recomendaciones

- Utilizar recubrimientos para mantener la calidad del fruto de guayaba, especialmente el tratamiento a₂ (99% mucílago + 1% aceite esencia del tomillo), debido a que conservo la mayor cantidad de propiedades del fruto durante el experimento.
- Incentivar a los pequeños y medianos agricultores de guayaba a capacitaciones sobre nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas para disminuir las pérdidas postcosecha
- Se recomienda que para posteriores investigaciones sobre métodos de conservación utilizando mucílago y aceites esenciales se integre características sensoriales durante el tiempo de almacenamiento para tener mayor significancia en los datos.

BIBLIOGRAFÍA

- Achipiz, S. M., Castillo, A. E., Mosquera, S. A., Hoyos, J. L., & Navia, D. P. (2013). EFECTO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE ALMIDÓN SOBRE LA MADURACIÓN DE LA GUAYABA (*Psidium guajava*) EFFECT OF STARCH-BASED COATING ON THE MATURATION OF GUAVA (*Psidium guajava*). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustria*, 2(2), 92–101.
- Beltrán, A. V.-M. y J. A. G. (2014). Algunas investigaciones recientes en recubrimientos comestibles aplicados en alimentos, 5–12.
- Benítez, S., Achaerandio, I., Pujolà, M., & Sepulcre, F. (2015). Aloe vera as an alternative to traditional edible coatings used in fresh-cut fruits: A case of study with kiwifruit slices. *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.036>
- Burri, A. P. (2013). *Evaluación agrnómica de tres densidades de siembra en el cultivo de tomillo(Thymus vulgaris) mediante la aplicación de tres fertilizantes orgánicos, con fines de exportación, en la parroquia de yaruqui, Provincia de Pichincha*. Estatal de Bolivar.
- Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Guarda, A., & Galotto, M. J. (2005). Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.002>
- Divakaran, M., Jayasree, E., Nirmal Babu, K., & Peter, K. V. (2018). Legacy of Indian Spices: Its Production and Processing. In *Indian Spices* (pp. 13–30). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75016-3_2
- El Telégrafo. (2017). El cultivo de tuna ocupa 180 hectáreas en el país.
- El Universo. (2006). Exóticas guayabas - NOV. 12, 2006 - El Tema - Historicos - EL UNIVERSO.
- Espino-Díaz, M., De Jesús Ornelas-Paz, J., Martínez-Téllez, M. A., Santillán, C., Barbosa-Cánovas, G. V., Zamudio-Flores, P. B., & Olivas, G. I. (2010). Development and Characterization of Edible Films Based on Mucilage of *Opuntia ficus-indica* (L.). *Journal of Food Science*, 75(6), E347–E352. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01661.x>
- García-mera, G. A., & Salas-macías, C. A. (2017). Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de *Psidium guajava*, 30(30), 224–236.
- García, B. (2013). *Mucílago de nopal, sobre propiedades micromorfológicas y estructurales del suelo entrigo.pdf*. Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.
- Godinez, J., Chávez, B., Barrientos, C., & Cano, T. (2001). Obtención Y Caracterización Del Aceite Esencial De Tomillo (*Thymus Vulgaris*) Cultivado En Guatemala, Utilizado En Diversidad De Productos Fitofarmacéuticos., 1–44.
- González, R. E., Cervantes, Y. C., & Caraballo, L. C. (2016). Conservación de la guayaba (

- Psidium guajava* L.) en postcosecha mediante un recubrimiento comestible binario
 Conservation of postharvest guava (*Psidium guajava* L.) through an edible binary coating, 21(1).
- Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., Serrano, M., Castillo, S., & Martínez-Romero, D. (2013). Aloe arborescens and Aloe vera gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.03.011>
- Gutierrez, A. (2013). *Evaluación de la calidad de frutos de guayaba (psidium guajava L.) del banco de germoplasma de corpoica palmira*. Nacional de Colombia.
- Jara, G. (2014). Estudio de la guayaba en el Ecuador, y su aplicación en la creación de tres recetas de autor.
- Jimenez, A. (2017). Recubrimiento comestible a base de aloe vera (*Aloe barbadensis miller*) para papaya (*Carica papaya*) y guayaba (*Psidium guajava*) como alimentos iv gama.
- León, F. (2010). Secado por aspersión de mucílago (*Opuntia ficus indica*) y su efecto en las propiedades reológicas de los polvos reconstituídos. Instituto Técnico Politécnico.
- Murmu, S. B., & Mishra, H. N. (2018). Post-harvest shelf-life of banana and guava: Mechanisms of common degradation problems and emerging counteracting strategies. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 49, 20–30. <https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2018.07.011>
- Navarro, D., Díaz-Mula, H. M., Guillén, F., Zapata, P. J., Castillo, S., Serrano, M., ... Martínez-Romero, D. (2011). Reduction of nectarine decay caused by *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* and *Penicillium digitatum* with Aloe vera gel alone or with the addition of thymol. *International Journal of Food Microbiology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.09.009>
- Orrego, C. E., Giraldo, G. I., González, J. D., Ocampo, J. C., & Parra, S. L. (2016). Efecto de recubrimientos comestibles en el cambio de propiedades fisicoquímicas de guayaba (*Psidium guajava*) refrigerada Effect of edible coatings on the change of physico-chemical properties of refrigerated guava (*Psidium guajava*), 34, 177–180. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58268>
- Parra-coronado, A. (n.d.). Maduración y comportamiento poscosecha de la guayaba (*Psidium guajava* L.). Una revisión. Ripening and postharvest behavior in guava (*Psidium guajava* L.). A review, 8(2), 314–327.
- Restrepo, J. (2009). Conservación de fresa (*fragaria x ananassa duch cv. camarosa*) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel de mucilago de penca de sábila (*Aloe barbadensis Miller*).
- Ríos, J. L., & Recio, M. C. (2005). Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1–2), 80–84. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.04.025>
- Rodríguez-gonzález, S. (2009). Optimización de la extracción del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), (2004), 58240.

- Rodríguez-González, S., Martínez-Flores, H. E., Chávez-Moreno, C. K., Macías-Rodríguez, L. I., Zavala-Mendoza, E., Garnica-Romo, M. G., & Chacón-García, L. (2014). Extraction and characterization of mucilage from wild species of opuntia. *Journal of Food Process Engineering*, 37(3), 285–292. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12084>
- Rojas Grau, M. (2006). *Recubrimientos comestibles y sustancias de origen natural en manzana fresca cortada : Una nueva estrategia de conservación*. Universitat de Leida.
- Sakkas, H., & Papadopoulou, C. (2016). Antimicrobial Activity of Basil, Oregano, and Thyme Essential Oils. *J. Microbiol. Biotechnol*, 26(0), 429–438. <https://doi.org/10.4014/jmb.1608.08024>
- Sarabia, P. (2010). Agrupamientos productivos (cluster) del nopal Pablo Luis Saravia Tasayco I. introducción.
- Sepúlveda, E., Sáenz, C., Aliaga, E., & Aceituno, C. (2007). Extraction and characterization of mucilage in Opuntia spp. *Journal of Arid Environments*. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.001>
- Sherazi, S. T. H., Mahesar, S. A., Arain, A., & Sirajuddin. (2019). Guava (Psidium guajava) Oil. In *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* (pp. 541–559). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_27
- Sogvar, O. B., Koushesh Saba, M., & Emamifar, A. (2016). Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019>
- Toalombo, O. (2014). *Estudio de la aplicación de un recubrimiento comestible sobre el tiempo de vida útil de la mora de castilla (Rubus glaucus)*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Vieira, J. M., Flores-López, M. L., de Rodríguez, D. J., Sousa, M. C., Vicente, A. A., & Martins, J. T. (2016). Effect of chitosan-Aloe vera coating on postharvest quality of blueberry (Vaccinium corymbosum) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.01.011>
- Vilagómez, A. (2011). *Estudio del efecto del glicerol y del aceite esencial de anís en un recubrimiento comestible, sobre el tiempo de vida útil del babaco(carica pentagoa)*.
- Vishwasrao, C., & Ananthanarayan, L. (2016). Postharvest shelf-life extension of pink guavas (Psidium guajava L.) using HPMC-based edible surface coatings. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2164-x>
- Walter, R. H. (2007). Origin and Characteristics of Polysaccharides. In *Polysaccharide Dispersions*. <https://doi.org/10.1016/b978-012733865-1/50002-4>

ANEXOS

Anexo 1. Adeva para Acidez

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
REPLICAS	0.06	2	0.03	1.94	0.1535 ns
ALMACENAMIENTO	0.16	3	0.05	3.68	0.0186 *
RECUBRIMIENTOS	0.09	2	0.04	3.06	0.0565 ns
TIEMPO	0	1	0	0	0.9476 ns
A*R	0.06	6	0.01	0.73	0.6253 ns
A*T	0.04	3	0.01	0.99	0.4079 ns
R*T	0.03	2	0.02	1.22	0.3047 ns
A*R*T	0.05	6	0.01	0.62	0.7158 ns
TESTIGO vs. RESTO	0.47	1	0.47	47	1.16547E-09 **
ERROR	0.83	57	0.01		
TOTAL	1.79	83			
CV%	20.25				

Anexo 2. Adeva para pH

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
REPLICAS	4.05	2	2.03	32.93	0,0001 **
ALMACENAMIENTO	0.69	3	0.23	3.71	0.0179 *
RECUBRIMIENTOS	0.71	2	0.36	5.78	0.0058 **
TIEMPO	0.11	1	0.11	1.71	0.1971 ns
A*R	0.14	6	0.02	0.37	0.8938 ns
A*T	0.12	3	0.04	0.67	0.5724 ns
R*T	0.03	2	0.01	0.24	0.7849 ns
A*R*T	0.15	6	0.03	0.42	0.8647 ns
TESTIGO vs. RESTO	0.34	1	0.34	2.42	0.1246 ns
ERROR	7.74	57	0.14		
TOTAL	13.38	83			
CV%	9.95				

Anexo 3. Firmeza del Fruto

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
REPLICAS	1.87	2	0.93	1.61	0.2082 ns
ALMACENAMIENTO	47.94	3	15.98	72.91	<0,0001 ns
RECUBRIMIENTOS	0.86	2	0.43	1.96	0.1528 ns
TIEMPO	1.75	1	1.75	8.01	0.0069 **
A*R	2.54	6	0.42	1.93	0.0961 ns
A*T	2.67	3	0.89	4.06	0.0123 *
R*T	0.38	2	0.19	0.87	0.4264 ns
A*R*T	3.09	6	0.51	2.35	0.0467 *
TESTIGO vs. RESTO	4.1	1	4.1	7.06896552	0.01020626 *
ERROR	32.37	56	0.58		
TOTAL	97.57	82			
CV%	35.99				

Anexo 4. Concentración de Sólidos Solubles °BRIX

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
REPLICAS	0.03	2	0.02	0.04	0.9568 ns
ALMACENAMIENTO	3.31	3	1.1	9.45	0.0001 **
RECUBRIMIENTOS	4.79	2	2.4	20.54	0,0001 **
TIEMPO	0.08	1	0.08	0.66	0.4197 ns
A*R	3.92	6	0.65	5.59	0.0002 **
A*T	0.79	3	0.26	2.26	0.0945 ns
R*T	2.21	2	1.1	9.45	0.0004 **
A*R*T	8.08	6	1.35	11.54	<0,0001 **
TESTIGO vs. RESTO	7.23	1	7.23	18.075	5.53269E-05 ns
ERROR	22.54	57	0.4		
TOTAL	52.99	83			
CV%	7				

Anexo 5. Adeva para % de Humedad

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p
REPLICAS	10.58	2	5.29	1.71	0.1902 ns
ALMACENAMIENTO	82.9	3	27.63	9.35	0.0001 **
RECUBRIMIENTOS	13.74	2	6.87	2.32	0.1087 ns
TIEMPO	17.21	1	17.21	5.82	0.0197 *
A*R	14.72	6	2.45	0.83	0.5524 ns
A*T	5.41	3	1.8	0.61	0.6117 ns
R*T	6.66	2	3.33	1.13	0.3326 ns
A*R*T	2.41	6	0.4	0.14	0.9909 ns
TESTIGO vs. RESTO	109.83	1	109.83	35.5436893	1.66082E-07 ns
ERROR	176.38	57	3.09		
TOTAL	439.85	83			
CV%	2.12				

Anexo 6. Encuesta para determinar las características sensoriales.

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Sírvase evaluar cada una de las muestra y marque con una X en donde usted crea conveniente.

			TRATAMIENTO (T6)		
			R1	R2	R3
Calidad visual	1	Muy malo			
	2	Malo			
	3	Regular			
	4	Aceptable			
	5	Bueno			
	6	Muy bueno			
	7	Excelente			
Aroma característico	1	Nada			
	2	Muy ligero			
	3	Ligero			
	4	Moderado			
	5	Intenso			
	6	Bastante intenso			
	7	Muy intenso			
Firmeza	1	Muy blando			
	2	Bastante blando			
	3	Blando			
	4	Moderadamente firme			
	5	Firme			
	6	Bastante firme			
	7	Muy firme			
Impresión global	1	Muy malo			
	2	Malo			
	3	Regular			
	4	Aceptable			
	5	Bueno			
	6	Muy bueno			
	7	Excelente			
Sabor	1	Muy agradable			
	2	Agradable			
	3	Ni agrada, ni desagrada			
	4	Desagradable			
	5	Muy desagradable			

Tratamiento	Días de almacenamiento			
	1	4	10	18
ST	3,450	3,475	3,849	4,678
T1	3,873	3,869	3,812	3,894
T2	3,636	3,611	3,765	3,901
T3	3,564	3,778	3,825	3,966
T4	3,609	3,501	3,737	3,83
T5	3,484	3,441	3,651	3,739
T6	3,389	3,405	3,629	3,681

Anexo 7. Datos de tratamiento con y sin recubrimiento durante el almacenamiento

Tabla 4. Datos de pH en guayaba con y sin tratamiento

Tabla 6. Datos de acidez con y sin. Recubrimiento

Tratamientos	Días de almacenamiento			
	1	4	10	18
ST	0,523	0,499	0,408	0,253
T1	0,566	0,553	0,544	0,514
T2	0,698	0,626	0,621	0,510
T3	0,656	0,609	0,859	0,538
T4	0,684	0,657	0,646	0,601
T5	0,713	0,743	0,678	0,595
T6	0,682	0,687	0,611	0,569

Tabla 7. Datos de grados brix con y sin tratamiento

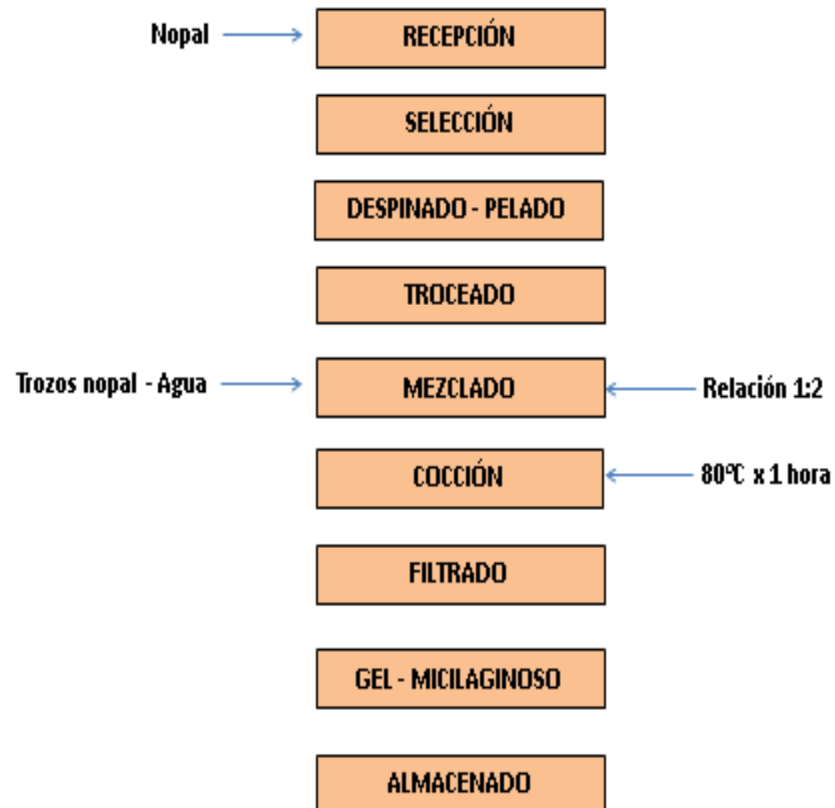
Tratamientos	Días de almacenamiento			
	1	4	10	18
ST	8,93	10,27	11,33	8,28
T1	9,17	9,23	9,23	9,17
T2	8,27	8,83	10,27	9,80
T3	8,80	7,80	9,57	8,47
T4	9,37	8,40	8,53	9,43
T5	8,13	8,67	9,17	9,37
T6	8,00	8,55	8,90	9,25

Tabla 8. Datos de % de humedad con y sin tratamiento

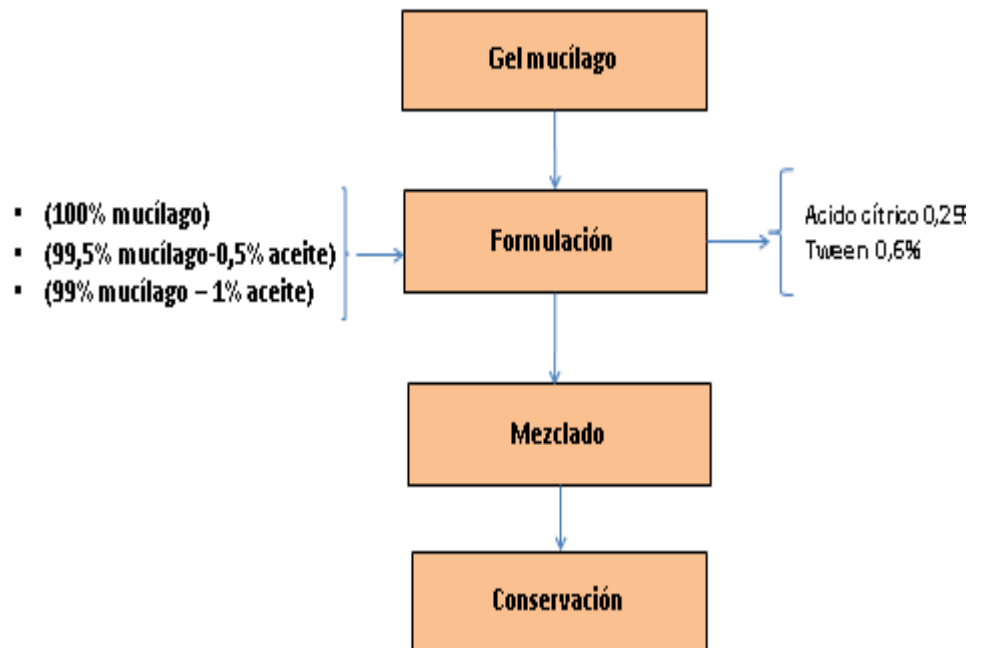
Tratamientos	Días de almacenamiento			
	0	4	10	18
ST	82,78	79,81	78,58	79,65
T1	84,41	82,97	80,88	80,70
T2	86,44	83,70	82,49	82,44
T3	82,77	83,82	82,17	82,14
T4	85,09	84,33	83,10	83,47
T5	85,35	84,31	83,77	82,53
T6	86,12	84,33	82,66	83,37

Anexo 8. Extracción de mucílago de nopal

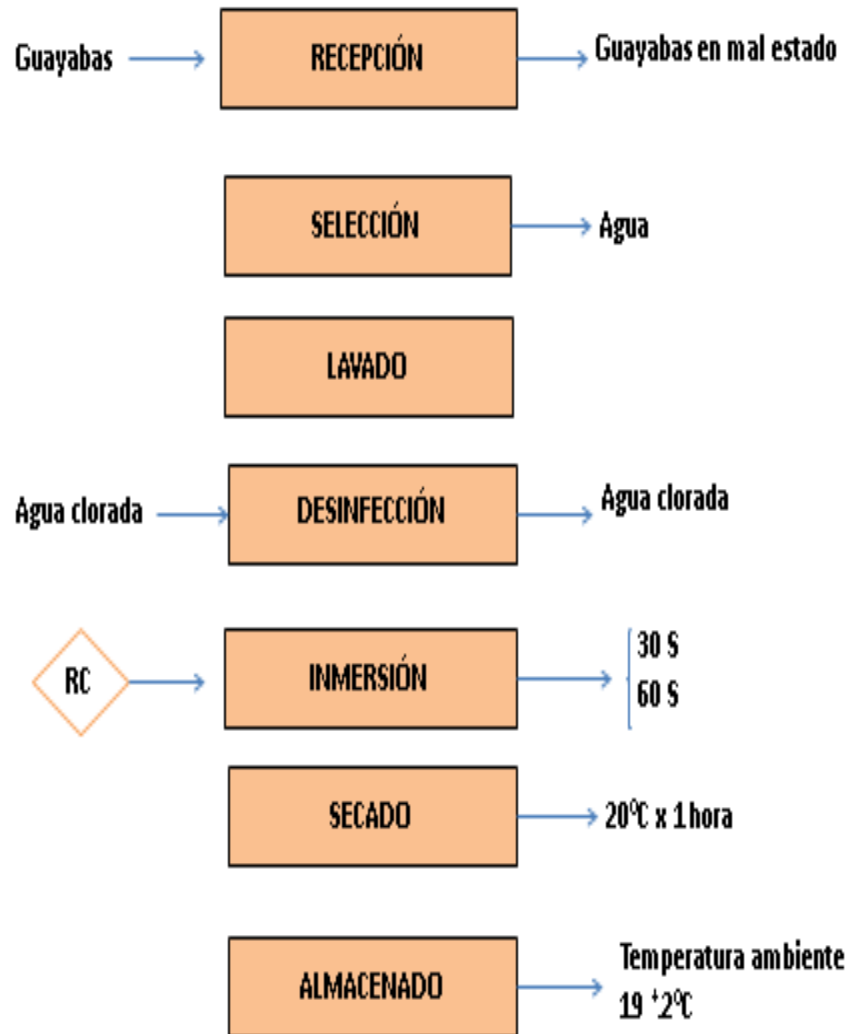
a. Extracción del mucílago



b. Formulación del recubrimiento



c. Aplicación del recubrimiento comestible en la guayaba



Anexo 9. Fotografía del trabajo experimental de laboratorio



Guayaba



Guayaba con tratamiento



Titulador de acidez y pH



Higrometro



Balanza de precisión

CAPITULO VI

LA PROPUESTA

6.1. Datos informativos

- **Título:** “Estudio de factibilidad para la elaboración de recubrimientos comestibles biodegradables utilizando mucilago de nopal y aceite esencial de tomillo para conservar la guayaba’”
- **Institución Ejecutora:** Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, a través de la Universidad Técnica de Ambato
- **Beneficiarios:** Productores de la Región Central del País
- **Ubicación:** Patate- Tungurahua
- **Tiempo estimado para la ejecución:** diciembre 2019 – diciembre 2020

6.2. Antecedentes

Los recubrimientos comestibles son sustancias que se aplican en el exterior del producto a partir de fuentes renovables, como lípidos, polisacáridos y proteínas; en la actualidad, el uso de mucílagos en frutas disminuye considerablemente la tasa de respiración, así como retarda la pérdida de peso, prolongando su pérdida de sus características fisicoquímicas (Walter, 2007). La aplicación de recubrimientos comestibles permite proteger los alimentos de deterioro. Sin embargo, su aplicación en industria de alimentos todavía es incipiente. En la actualidad, existen varias investigaciones dedicadas al análisis de nuevos componentes para la formulación de soluciones de revestimiento externo, utilizando metodologías más eficientes, contribuyendo a un mayor interés por los productos naturales (Beltrán, 2014).

6.3. Justificación

Las guayabas son consideradas como frutas percederas, por lo que su maduración es muy rápido, por ende muy susceptible a alteraciones indeseables que afectan su tiempo de conservación, debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento (Chadha & Pandey, 2018).

Se considera al mucílago de nopal como un aditivo útil para mejorar el tiempo de conservación de frutas y vegetales, ya que forman una barrera semipermeable que reduce la pérdida de agua, controlan el intercambio gaseoso y la velocidad de respiración, así como la emisión de etileno; mientras que los aceites esenciales reducen el riesgo de contaminación microbiológica (Sepúlveda et al., 2007).

En consideración a estas perspectivas y a la creciente demanda de productos de mayor calidad, seguridad, aspectos sensoriales y cuya producción sea respetuosa con el medio ambiente, ha hecho que en los últimos años se despierte el interés de los agricultores, consumidores e industrias alimenticias por conservar las guayabas por mayor tiempo en condiciones óptimas para el expendio y consumo por lo que se ha planteado el desarrollo de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal con aceite esencial de tomillo, para ser aplicados como barreras protectoras que permitan prolongar el tiempo de conservación.

6.4. Objetivos

6.4.1 Objetivo General

Realizar un estudio de factibilidad para la elaboración de recubrimiento comestibles biodegradables a base de mucílago de nopal con aceite esencial de tomillo para la conservación de la guayaba.

6.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el presupuesto de inversión para la implementación de una planta procesadora de recubrimientos comestibles biodegradables para la conservación de la guayaba.
- Evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas en la guayaba cubierta con recubrimiento comestible biodegradable
- Evaluar la aceptabilidad mediante un análisis sensorial

6.5. Análisis de factibilidad

El proyecto se impulsa con la finalidad de aplicar recubrimientos comestibles biodegradables con mucílago de nopal, incorporando aceite esencial de tomillo como un compuesto fúngico, para conservar las guayabas, prolongando el tiempo de conservación; para lo que se desarrollarán actividades técnicas para el manejo adecuado y la aplicación del recubrimiento comestible. Para su ejecución es necesario el uso de recursos: políticos, socioculturales, tecnológicos, organizacionales, económicos y financieros.

6.5.1. Factibilidad económica y financiera

Los bienes y derechos que serán adquiridos y permanecerán durante un tiempo superior a un año, se resumen en la Tabla 1

Tabla 1 Financiamiento

Rubro	Aporte del Investigador (\$)	Aporte Institucional (\$)	Total (\$)
Recursos Humanos	500	1000	1500
Equipos	100	200	300
Viajes	200	0	200
Insumos y materiales	100	500	600
Publicaciones	600	200	800
Totales	3000	3400	3400

6.5.2. Técnica

El proyecto tendrá un impacto positivo socioeconómico ya que proporcionará una tecnología de innovación en la industrialización del nopal, aceite esencial de tomillo y principalmente la disminución de la pérdida postcosecha de la guayaba que beneficiara a los productores.

6.5.3. Economía

Los nuevos productos desarrollados pueden llegar a contribuir dándole un mayor valor agregado al producto primario y esto conlleva a incrementar la remuneración con mejores precios para los agricultores y sus familias, además de generar empleos directos e indirectos de otros sectores, asociados a la cadena de producción.

6.5.4 Social

El proyecto tiene un impacto positivo porque brinda a los pequeños productores de :nopal, guayaba y tomillo, una nueva alternativa de uso de materia prima que genere valor agregado, obteniendo un cambio en el esquema de la matriz productiva, generando un desarrollo social en el sector productivo de esta Planta.

6.5.5 Legal

El trabajo de investigación se fundamenta en las leyes ecuatorianas, a través del (ARCSA, 2016)

6.6. Fundamentación científico técnica

Este proyecto reflejara un impacto científico con la formación de recursos y humanos y la generación de conocimiento de los productos desarrollados, que pueden a su vez generar publicaciones o patentes.

El contar con nuevas alternativas para la industrialización del mucílago de nopal y aceite esencial con el desarrollo de recubrimientos comestibles se contribuye con el desarrollo de la tecnología que puede ser aplicada con su respectivo escalamiento a nivel industrial.

6.6.1. Recursos Humanos

- Tutor (a): Quím. William Ricardo Calero Cáceres
- Estudiante: Manuel Enrique Fernández Paredes

6.6.2. Recursos Materiales

Equipos

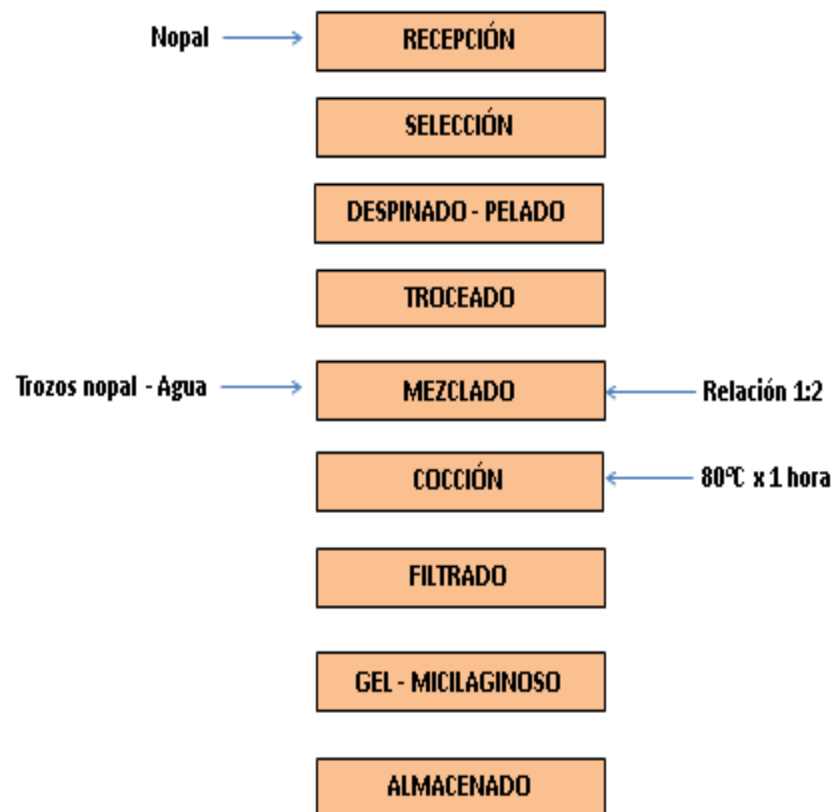
- Estufa
- Balanza analítica
- Potenciómetro
- Refractómetro
- Equipo de titulación
- Equipo de determinación de CO₂ y O₂
- Microscopio
- Balanza
- Centrifugadora

Materiales y Reactivos

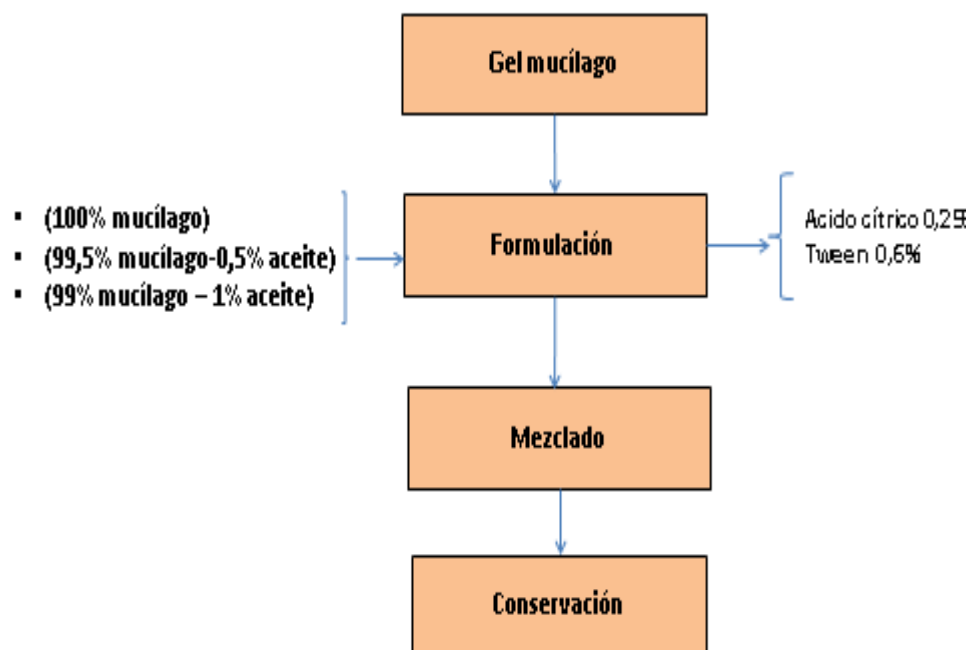
- Tubos de centrifugadora
- Materiales de vidrio
- Termómetro
- Reactivos
- Materia Prima
- Nopales
- Guayabas
- Aceite esencial de tomillo
- Agua destilada

6.7. METODOLOGÍA

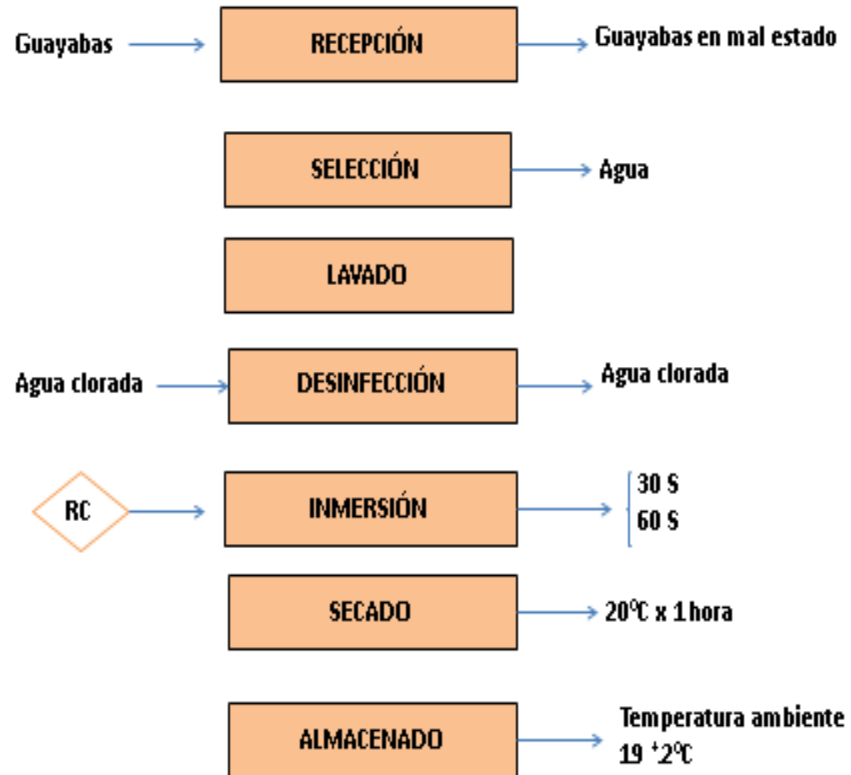
6.7.1. Extracción del gel mucilaginoso



6.7.2. Preparación del recubrimiento



6.7.3 Proceso de aplicación del recubrimiento comestible



6.8. Administración de la propuesta

Tabla 1. Plan administrativo de propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Calidad de la fruta	-Inadecuado manejo postcosecha de la guayaba, -Fruta de mala calidad en el mercado -Precios bajos	-Guayabas de calidad -Disminución de pérdidas post cosecha -Mejoramiento de recursos económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Apreciación visual • Análisis sensorial • Análisis físico químicos y microbiológicos de la guayaba 	-Ingeniero. Manuel Enrique Fernández Paredes -Doctor. William Ricardo Calero Cáceres

6.9 Plan Operativo de propuesta

Tabla 2. Plan operativo de propuesta

FASES	METAS	ACTIVIDADES	RESPONSABLES	RECURSOS	PRESUPUESTO (\$)	TIEMPO (meses)
Formulación de la propuesta	Establecer la importancia de un manejo adecuado postcosecha de la guayaba	Revisión bibliográfica	Investigador	<ul style="list-style-type: none"> • Humanos • Técnicos • Económicos 	100	1
Desarrollo preliminar de la propuesta	Guía de procesos para el desarrollo de recubrimientos comestibles a base de mucílago de nopal con aceite esencial de tomillo	Diseño de un manual	Investigador	<ul style="list-style-type: none"> • Humanos • Técnicos • Económicos 	200	1
Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Socialización	Investigador	<ul style="list-style-type: none"> • Humanos • Técnicos • Económicos 	600	2
Evaluación	Verificación de cumplimiento	Visita in situ a productores	Investigador	<ul style="list-style-type: none"> • Humanos • Técnicos • Económicos 	100	1

6.10. Previsión de la evaluación

Tabla 3. Previsión de la evaluación

Pregunta Básica	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	-Agricultores -Consumidores
¿Por qué evaluar?	Verificar la tecnología
¿Para qué evaluar?	Para identificar problemas en procesos
¿Qué evaluar?	-Tecnologías aplicadas: resultados obtenidos -
¿Quién evalúa?	-Director del proyector -Calificadores
¿Cuándo evaluar?	-Permanentemente
¿Cómo evaluar?	-Fichas técnicas
¿Con qué evaluar?	Normas sanitaria de control