

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



CENTRO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA

MENCIÓN EN SISTEMAS AGROINDUSTRIALES

**PROYECTO DE INNOVACIÓN PRESENTADO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE MAGÍSTER EN AGROINDUSTRIA**

**EFFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE
DEL LÁTEX DE SANDE (*Brosimum utile*) SOBRE LA VIDA
ÚTIL DE LA PAPAYA (*Carica papaya*)**

AUTOR: VICKY KATHERINE SOLÓRZANO
VILLACRÉS

DIRECTORA: DRA. DUNIA CHÁVEZ ESPONDA, PHD

CODIRECTOR: DR. YASIEL ARTEAGA CRESPO, PHD

PUYO, ECUADOR

2019

DECLARACIÓN DE AUTORIA Y CESIÓN DE DERECHOS DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN

Yo, Vicky Katherine Solórzano Villacrés con cédula de ciudadanía No. 160056423-9 en calidad de autor del proyecto: “EFECTO DEL RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DEL LÁTEX DE SANDE (*Brosimum utile*) SOBRE LA VIDA ÚTIL DE LA PAPAYA (*Carica papaya*)” declaro lo siguiente:

Que el proyecto es de mi autoría, y que en su formulación se han respetado las normas legales y reglamentos pertinentes para la Estructura y Formato de Presentación para el Proyecto de Innovación.

Que el mencionado proyecto fue desarrollado con mi participación y con la tutoría de la Dra. Dunia Chávez Esponda, PhD, bajo un proyecto de investigación aprobado por el Consejo Universitario de la UEA en consecuencia, los resultados y productos de la investigación serán de responsabilidad única, respecto a su contenido, veracidad y alcance científico.

De conformidad al principio de Buena Fe establecido en el Reglamento de Propiedad Intelectual, garantizo que en dicho proyecto se respetarán los derechos intelectuales de terceros y que por consiguiente cedo mis derechos a la Universidad Estatal Amazónica para que esta haga uso de esta investigación como creere conveniente.

En consecuencia, para asuntos legales, la Universidad Estatal Amazónica estará exenta de culpa y libre de cualquier responsabilidad.

Puyo, 16 de mayo del 2019

.....

Vicky Katherine Solórzano Villacrés

C.I: 1600564239



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

Centro de Postgrados

AVAL

Quien suscribe Dra. C. DUNIA CHÁVEZ ESPONDA, PhD, Directora del trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Innovación titulado “Efecto del recubrimiento comestible a base del látex de Sande (*Brosimum utile*) sobre la vida útil de la Papaya (*Carica papaya*)” a cargo de Vicky Katherine Solórzano Villacrés egresada de la primera cohorte de la Maestría en Agroindustria mención Sistemas Agroindustriales de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de Innovación para que sea presentado ante la Dirección de Postgrado como forma de titulación como Magíster en Agroindustria mención Sistemas Agroindustriales y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que así conste, firmo la presente a los 16 días del mes de mayo del 2019.

Atentamente,

Dra. C. DUNIA CHÁVEZ ESPONDA, PhD

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INNOVACION

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL
PROYECTO INNOVACIÓN CERTIFICA QUE:**

El presente proyecto de innovación titulado: “Efecto del recubrimiento comestible a base del látex de Sande (*Brosimum utile*) sobre la vida útil de la Papaya (*Carica papaya*)”, bajo la responsabilidad de la Bqf. Vicky Katherine Solórzano Villacres, ha sido meticulosamente revisada, autorizando su presentación:

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Dr. C. Reinier Abreu Naranjo, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. C. Laura Scalvenzi, PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. C. Manuel Pérez, PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios por brindarme las oportunidades para permitirme culminar con éxitos mis estudios de cuarto nivel.

A mis queridos padres quienes han sido en todo momento mi apoyo incondicional sin su ayuda no lograría nada.

A la Universidad Estatal Amazónica y todos los profesores quienes de una u otra manera formaron parte de mi aprendizaje y colaboraron para finalizar con éxitos esta investigación

A la Dra. Dunia Chávez, tutora de mi tesis, por todos los conocimientos impartidos y la ayuda recibida.

A la Ing. Elena Villacrés, responsable del laboratorio de Calidad y Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina por la oportunidad brindada para poder realizar mi trabajo práctico.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres Miguel Solórzano y Jenny Villacrés, quienes han sido mi apoyo fundamental para la realización y finalización de este trabajo.

A mí querido esposo Alexis Fernández, quien es un pilar fundamental en mi vida, gracias por tanto amor y comprensión.

A mis amigos y seres queridos, quienes me han brindado su apoyo total para la conclusión de este trabajo investigativo.

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

El uso de los recubrimientos es una práctica antigua que se ha utilizado a lo largo de los años con la finalidad de ralentizar la maduración del fruto y por ende extender su vida útil. En la presente investigación se analizó el efecto del recubrimiento de látex de Sande (*Brosimum utile*) sobre la vida útil de la papaya (*Carica papaya*). El estudio se realizó en el laboratorio de Nutrición de Calidad de la Estación de Santa Catalina INIAP. Se elaboraron 3 recubrimientos con porcentajes de látex al 33.3%, 66.6% y 100%. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los datos fueron procesados con la técnica estadística Análisis de Varianza y se utilizó la Prueba de Comparación Múltiple de medias mediante el Test de Tukey ($P < 0.05$). El procesamiento estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS versión 22. Se analizó el comportamiento físico (pérdida de peso, textura y color), químico (sólidos solubles, acidez e índice de madurez) y microbiológico (mohos y levaduras). Las papayas sin recubrimiento presentaron diferencias significativas con respecto a las papayas con recubrimiento; estas últimas mostraron resultados positivos, presentando un retraso en la maduración, una menor pérdida de peso, sólido soluble e índice de maduración y mayor acidez. El recubrimiento impidió el crecimiento de mohos y levaduras. El uso de recubrimiento a base del látex de Sande retarda el proceso de maduración por lo que se convierte en una alternativa para extender la vida útil de la papaya.

Palabras claves: Recubrimiento comestible, látex de Sande, papaya, vida útil.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The use of coatings is an old practice that has been used for a long time in order to slow down the ripening of the fruit and therefore extend its commercial life. In the present research, the effect of Sande (*Brosimum utile*) latex coating on the commercial life of papaya (*Carica papaya*) was analyzed. The study was carried out in the Quality Nutrition laboratory of Santa Catalina Station INIAP. Three coatings were made with 33.3%, 66.6% and 100% latex percentages. It was a completely randomized design of five treatments and three replicates.

Data were processed with statistical technique. Analysis of variance and the multiple performance means test were realized through the Tukey test ($P < 0.05$), SPSS version 22. Physical features (weight loss, texture and color), chemical behavior (soluble solids, acidity and maturity index) and microbiological (molds and yeasts) were analyzed. The uncoated papayas presented significant differences with respect to the papayas with coating; the latter showed positive results, presenting a delay in maturation, less weight loss, solid soluble and maturation rate and greater acidity. The coating prevented the growth of molds and yeasts. The use of Sande latex-based coating retards the maturation process so it becomes an alternative to extend the life of the papaya.

Key words: Edible coating, Sande latex, papaya, shelf life, maturation.

Contenido

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA CIENTÍFICO	3
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
CAPÍTULO II	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Papaya (<i>Carica papaya</i>)	4
2.1.1. Importancia de la Papaya (<i>Carica papaya</i>)	5
2.1.2. Comportamiento climatérico	5
2.1.3. Consumo	6
2.1.4. Producción de papaya en el Ecuador	7
2.1.5. Factores que afectan la calidad post cosecha de la Papaya (<i>Carica papaya</i>)	7
2.2. Pérdidas durante la post cosecha	8
2.2.1. Principales causas de pérdida	9
2.2.2. Principales puntos de pérdida durante manipulación y comercialización	10
2.3. Recubrimientos comestibles	12
2.3.1. Función de los recubrimientos comestibles	13
2.3.2. Composición de los recubrimientos comestibles	13
2.3.3. Métodos de aplicación de los recubrimientos	16
2.4. Ejemplos de aplicación de recubrimientos en frutas	17
CAPÍTULO III	19
MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Localización	19
3.2. Tipo de investigación	19
3.3. Métodos de investigación	19
3.3.1. Concentraciones del látex de <i>Brosimum utile</i> (Sande)	20
3.3.2. Análisis citotóxico con <i>Artemia salina</i>	22
3.3.3. Elaboración del recubrimiento	22
3.3.4. Aplicación de recubrimientos y almacenamiento de las muestras	22
3.3.5. Evaluación de los recubrimientos comestibles	23
3.3.6. Descripción de los ensayos físicos, químicos y microbiológicos empleados	25
3.4. Recursos humanos y materiales	28
3.4.1. Recursos humanos	28

3.4.2. Recursos materiales	29
CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Recubrimiento comestible	31
4.1.1. Citotoxicidad del látex	31
4.2. Evaluación de parámetros físicos de la papaya (<i>Carica papaya</i>).....	32
4.2.1. Textura	32
4.2.2. Pérdida de peso.....	36
4.2.3. Color interno y externo.....	39
4.3. Evaluación de parámetros químicos.....	45
4.3.1. Acidez titulable.....	45
4.3.2. Sólidos solubles.....	48
4.3.3. Índice de maduración	51
4.4. Evaluación microbiológica	54
4.4.1. Mohos y levaduras	54
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS.	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de Papaya (<i>Carica papaya</i>).	4
Tabla 2. Composición por 100gramos de porción comestible de Papaya	5
Tabla 3. Tamizaje fitoquímico del látex de Sande (<i>Brosimum utile</i>)	16
Tabla 4. Tratamientos considerados en el Diseño Completamente al Azar	20
Tabla 5. Interpretación de diferencia de color ΔE	26
Tabla 6. Condiciones para la incubación de aerobios mesófilos y coliformes totales, mohos y	28
Tabla 7. Resultados del análisis físico y microbiológico del látex de Sande.	31
Tabla 8. Conteo de larvas vivas y muertas de <i>Artemia salina</i> a diferentes concentraciones.....	32
Tabla 9. Resultados del análisis físico-químico y microbiológico del día 0	33
Tabla 10. Resultados de ANOVA obtenidos al día 5	33
Tabla 11. Resultados HSD de Tukey al día 5.....	33
Tabla 12. Resultados de ANOVA obtenidos al día 10	34
Tabla 13. Resultados de HSD de Tukey al día 10.....	34
Tabla 14. Resultados de ANOVA obtenidos al día 15	35
Tabla 15. Resultados de HSD de Tukey al día 15.....	35
Tabla 16. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5.....	36
Tabla 17. Resultados de HSD de Tukey al día 5.....	37
Tabla 18. Resultados de ANOVA obtenidos al día 10.....	37
Tabla 19. Resultados de HSD de Tukey al día 10.....	37
Tabla 20. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15.....	38
Tabla 21. Resultados de HSD de Tukey al día 15.....	38
Tabla 22. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de color externo ΔE	40
Tabla 24. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de color externo	40
Tabla 25. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de color interno.....	41
Tabla 26. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de color externo.....	41
Tabla 27. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de color interno.....	41
Tabla 28. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de color externo	41
Tabla 29. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de color interno.....	42
Tabla 30. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de color externo	42
Tabla 31. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de color interno.....	42
Tabla 32. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de color externo	43
Tabla 33. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de color interno.....	43
Tabla 34. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de acidez.....	45
Tabla 35. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de acidez.....	45
Tabla 36. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de acidez.....	46
Tabla 37. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de acidez.....	46
Tabla 38. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de acidez.....	46
Tabla 39. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de acidez.....	47
Tabla 40. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de sólidos solubles.....	48
Tabla 41. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de sólidos solubles.....	48
Tabla 42. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de sólidos.....	49
Tabla 43. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de sólidos solubles.....	49
Tabla 44. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de sólidos.....	49
Tabla 45. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de sólidos solubles.....	50
Tabla 46. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de índice de maduración.....	51
Tabla 47. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de índice de.....	51

Tabla 48. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de índice de maduración.....	52
Tabla 49. Resultados de HSD de Tukey al día 10 del índice de maduración.....	52
Tabla 50. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de índice de maduración.....	52
Tabla 51. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de índice de maduración.....	53
Tabla 52. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de evaluación.....	54
Tabla 53. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de evaluación.....	55
Tabla 54. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de evaluación.....	55
Tabla 55. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de evaluación.....	55
Tabla 56. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de evaluación.....	56
Tabla 57. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de evaluación.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de maduración de la papaya (<i>Carica papaya</i>).....	6
Figura 2. Funciones de los recubrimientos comestibles.....	13
Figura 3. Látex de Sande (<i>Brosimum utile</i>)	15
Figura 4. Esquematización de las etapas de la investigación.....	21
Figura 5. Esquematización de los tratamientos, repeticiones y análisis realizados en Papaya	24
Figura 6. Resultados de textura al día 15	36
Figura 7. Resultado de pérdida de peso al día 15.....	39
Figura 8. Resultados al día 15 de color externo	44
Figura 9. Resultados al día 15 de color interno.....	44
Figura 10. Resultados al día 15 de acidez	47
Figura 11. Resultados al día 15 de sólidos solubles.....	50
Figura 12. Resultados al día 15 de índice de maduración	53
Figura 13. Resultados al día 15 de evaluación microbiológica.....	57

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Cajas Petrifilm. a) Mesófilos aerobios; b) Coliformes totales; c) Mohos y levaduras.	69
Fotografía 2. a) Peachímetro, b) Larvas de <i>Artemia Salina</i>	69
Fotografía 3. Frutos de Papaya (Carica papaya) lavados y desinfectados	70
Fotografía 4. a) Tratamientos utilizados de recubrimientos T2: Cera comercial; T3: Látex de Sande a concentración del 33.3%; T4: Látex de Sande a concentración del 66.6%; Látex de Sande a concentración del 100%.	70
Fotografía 5. a) Balanza; b) Texturometro; c) y d) Colorímetro.....	71
Fotografía 6. a) Refractómetro; b) Equipo de Titulación.....	71
Fotografía 7. a) Diluciones de las muestras de papaya	72
Fotografía 8. Papayas al día 5	72
Fotografía 9. Papayas al día 10.....	73
Fotografía 10. Papaya al día 15.....	73

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La utilidad de recubrimientos comestibles es una práctica muy antigua, utilizada durante siglos con el objetivo principal de conservar la calidad del alimento, alargando la vida útil y manteniendo las mejores características de frescura, debido a que los recubrimientos forman barreras semipermeables; además entre sus elementos, pueden tener productos antioxidantes o antimicrobianos lo cual ayuda a mejorar la integridad mecánica o las características de manipulación del alimento (Fernández et al., 2017).

Existen un sin número de evidencias científicas del uso de recubrimientos comestibles, desde el siglo XVII con el uso de cera en la naranja y la lima. En el siglo XIII se comenzó a utilizar la grasa de los animales, con el objetivo de disminuir la pérdida de agua. En el siglo XIX se elaboraron recubrimientos a base de colágenos para la carne (Kester & Fennema, 1986), mientras que en el siglo XX se recurrió al uso de ceras de parafina o a base de celulosa para alimentos cítricos (Soliva & Beloso, 2003). Actualmente, se utilizan los recubrimientos comestibles a base polímeros comestibles y biodegradables, a los cuales se puede agregar otro tipo de sustancias como agentes antimicrobianos, antioxidantes y agentes funcionales como vitaminas, micronutrientes entre otros.

La alta demanda por parte de los consumidores de conseguir productos frescos y que presenten una mayor vida útil, ha logrado obtener nuevos estudios de formulaciones y desarrollo de nuevas técnicas de preservación, con el objetivo de retrasar los procesos de deterioro y que se mantenga la calidad e inocuidad microbiológica (Soliva & Beloso, 2001).

Existen diversos estudios que demuestran la utilización de polisacáridos y lípidos, entre ellos se encuentra, el uso de celulosa, alginato, gelatina, goma guar, almidones, cera de abeja, aceites esenciales, entre otros (Trejo et al., 2007; Ayala 2012; Guédez et al., 2014, Pavón y Chamorro 2016 y Ramos et al., 2018), gracias a los cuales se ha logrado disminuir la pérdida de peso, mejorar el aspecto, aumentando la vida útil del producto, su estabilidad y por tanto la seguridad de consumir un producto inocuo.

Se estima que las pérdidas post cosecha de los productos frescos pueden producirse entre un 25% a 50% del total de la producción, debido a daños causados por microorganismos o fisiológicos, además de un procedimiento de cosecha, transporte y empaques no adecuado, lo que disminuye su vida útil y por ende causa un perjuicio económico para los productores y comerciantes (Fernández et al., 2015).

En Ecuador, tanto la producción como el consumo de papaya (*Carica papaya*) son elevados, 3,971 hectáreas de producción (PROEcuador, 2016), sin embargo, requiere de cuidados especiales, debido a su alta perecibilidad y su escasa vida útil (3-5 días), por lo que es necesario aplicar nuevas tecnologías que permitan extender por mayor tiempo su vida útil, manteniendo sus cualidades nutritivas y organolépticas.

El uso de productos agroquímicos para el control de enfermedades causados por los hongos en la postcosecha, en algunos casos son aplicados directamente al vegetal, lo que puede causar efectos nocivos para los seres humanos, presentándose como una desventaja el uso de estos productos (Barrera y García, 2018). Es por ello que utilizar un recubrimiento de origen natural es una alternativa viable frente a estos tratamientos, además que presentan aceptación por parte de los consumidores ya que se utiliza un producto biodegradable, no tóxico y amigable con el medio ambiente.

Debido a su situación geográfica, Ecuador posee un sinnúmero de productos ancestrales que en la actualidad se desconocen o carecen de estudios científicos, pudiendo citar al látex de Sande, el cual proviene del árbol de Sande (*Brosimum utile* (Kunth) Oken, **Moraceae**), el mismo se encuentra en la Amazonía y es conocido únicamente como un gastroprotector (Gaibor, 2013), dejando a un lado los demás beneficios que se pueden alcanzar gracias a su composición, debido a que en su estructura cuenta con una cantidad elevada de alcaloides, terpenos y resinas.

Teniendo en cuenta que estos metabolitos secundarios pueden ser utilizados como anti fúngicos y la presencia de resinas genera una mayor adhesividad, el látex se convierte en un producto óptimo para la elaboración de un recubrimiento comestible (Gaibor, 2013).

Es necesario además realizar el estudio sobre la citotoxicidad del látex de Sande, debido a que este estudio ayudará a validar el conocimiento ancestral debido a que el látex es muy

utilizado por las poblaciones indígenas, utilizado como un gastroprotector, el mismo que se expende en el mercado local.

PROBLEMA CIENTÍFICO

En este contexto se plantea el siguiente problema científico:

¿Cómo incide un recubrimiento comestible a base del látex Sande (*Brosimum utile*) en alargar la vida útil de la papaya?

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El recubrimiento comestible a base del látex de Sande (*Brosimum utile*) alarga la vida útil de la Papaya (*Carica papaya*).

OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto del recubrimiento comestible a base del látex de Sande (*Brosimum utile*) sobre la vida útil de la Papaya (*Carica papaya*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar el análisis citotóxico y microbiológico (mohos y levaduras, mesófilos aerobios y coliformes totales) del látex de Sande (*Brosimum utile*).
2. Evaluar física, química y microbiológicamente a la papaya (*Carica papaya*) sin y con recubrimiento comestible con látex de Sande (*Brosimum utile*).
3. Establecer el mejor tratamiento del látex de Sande (*Brosimum utile*), en base a las evaluaciones aplicadas a la fruta.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Papaya (*Carica papaya*)

La papaya es una baya ovoide, cuya forma varía de casi esférica a oblonga o periforme. Posee una cavidad cuyo tamaño puede ser pequeño o mayor que la mitad del diámetro del fruto (Rashid, 2015).

Pertenece a la familia de las caricáceas, presenta una piel fina de color verde amarillento y amarillo o anaranjado cuando se encuentra en etapa madura. Es de sabor dulce y de textura suave, además en su interior se pueden encontrar pequeñas semillas de color negro. El látex de la fruta inmadura posee una enzima, la papaína, de naturaleza proteolítica; una enzima que degrada las proteínas y que la hace una fruta muy digestiva, utilizada para ablandar carnes, para aclarar bebidas y para fines medicinales e industriales (Albertini, 2016).

Según las variedades, los frutos pueden alcanzar de 15 a 50 cm de longitud, de 12 a 25 cm de diámetro y un peso de 0,5 a 25 lb o más. El fruto está formado por tres partes: el exocarpio o cáscara, el mesocarpio o pulpa y el endocarpio que contiene las semillas y mucílago (García, 2010). En la tabla 1 se establece la clasificación taxonómica:

Tabla 1. Clasificación taxonómica de Papaya (*Carica papaya*).

Reino	Vegetal
Tronco	Cormophyta
División	Antophyta
Subdivisión	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Chrisopétala
Segundo grado evolutivo	Dialipétala
Orden	Pariales
Familia	Caricacea
Género	<i>Carica</i>
Especie	<i>papaya</i>

Fuente: (García, 2010).

2.1.1. Importancia de la papaya (*Carica papaya*)

La papaya es la tercera fruta de origen tropical más consumida a nivel mundial y por ende presenta una gran importancia a nivel económico en los países que la producen. Dentro de América los principales productores son: México, Brasil y Guatemala; a nivel mundial la India e Indonesia cuya producción es de alrededor de 1.058.162 toneladas por año (Sandoval, 2017).

El cultivo de la papaya se ha incrementado con el pasar de los años, así como, la gran demanda por parte de los consumidores, debido a sus propiedades nutraceuticas. Según Juárez (2013) se utilizan como laxante, antibiótico o para disminuir los síntomas de la diabetes, presenta un rico sabor que la vuelve atractivo a quienes la consumen. En la tabla 2 se establece la composición nutricional de la papaya.

Tabla 2. Composición por 100gramos de porción comestible de papaya

Calorías	26.5
Hidratos de carbono (g)	6,3
Fibra (g)	1.9
Potasio (mg)	211
Magnesio (mg)	8
Provitamina A (mcg)	97.5
Vitamina C (mg)	82
Ácido fólico (mcg)	1

mcg = microgramos

Fuente: FAO, 2007).

Además, en la agricultura es un cultivo que no requiere de mucho tiempo, por lo cual se presenta como una gran alternativa y esto ha generado mayor fuente de empleo y rentabilidad (García, 2010).

2.1.2. Comportamiento climatérico

Las frutas pueden clasificarse en climatéricas y no climatéricas, esto va en dependencia de su respiración celular y la cantidad de producción de etileno, durante la etapa de maduración. La papaya es considerada como un fruto climatérico.

Las frutas climatéricas son aquellas que continúan con el proceso de maduración no únicamente en la planta, sino después que ha sido cosechada, presentando un mayor nivel de producción de etileno y respiración celular. Son los que sufren un mayor deterioro durante la post cosecha (Martínez et al., 2017), mientras que los frutos no climatéricos únicamente maduran cuando se encuentran en la planta ya que no se produce un aumento en las respiración y producción de etileno.

La fruta es cosechada cuando presenta un cambio de coloración, ya sea de un verde oscuro a uno claro o un color amarillo. Uno de los métodos más utilizados, por los productores, para realizar la cosecha es la pinta, en el cual se procede con la cosecha cuando el fruto posee más del 6% de tonalidad amarilla. En esta etapa la fruta es mayormente resistente a la manipulación y por tanto menos susceptible a presentar daños mecánicos o biológicos.

Para realizar exportaciones es necesario que el fruto presente el 25% con una tonalidad amarilla, mientras que en los mercados locales se comercializa cuando se presenta el 50% al 75% de coloración amarilla, tan cual como se observa en la figura 1:

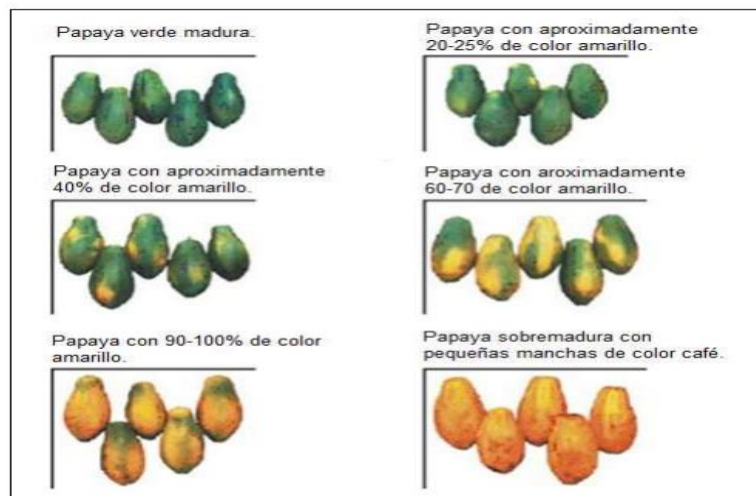


Figura 1. Etapas de maduración de la papaya (*Carica papaya*)
Fuente: (FAO, 2007)

2.1.3. Consumo

La papaya es un fruto que se utiliza en la gastronomía debido a que tanto la pulpa como las semillas pueden ser comestibles y además se le atribuyen propiedades medicinales. Las hojas también pueden ser utilizadas en las ensaladas como sustituto de la espinaca (PROECUADOR, 2015).

La papaya se consume de diferentes maneras, puede ser fresca o en diferentes preparaciones como jugos, postres, entre otros. Es una fruta muy consumida en los países occidentales sin embargo, esta presenta una corta vida de estantería; mientras que la fruta verde y sus hojas son muy utilizadas en la preparación de ensaladas en los países asiáticos (Khairul *et al.*, 2015).

De la papaya también se obtienen otros subproductos como son: la papaína, la cual es una enzima ampliamente utilizada para facilitar la digestión, el ablandamiento de la carne y la curación de heridas, entre otros (Oliveira y Vitória, 2011).

2.1.4. Producción de papaya en el Ecuador

El III Censo Nacional Agropecuario (2000), establece que en el Ecuador se siembra aproximadamente 3,917 ha de papaya, de las cuales 1,543 unidades de producción corresponden a monocultivos y 2,309 son cultivos asociados.

La papaya es una fruta que se adapta fácilmente a varios climas, aunque es preferible en las zonas cálidas y con una elevada radiación solar. Santo Domingo de los Tsáchilas es la provincia que presenta la mayor producción de papaya a nivel de todo el Ecuador, produciendo alrededor de 316 ha que representan un 30%, seguido de las provincias de Los Ríos y Guayas con monocultivos. En el caso de cultivos asociados la provincia que tiene mayor producción es Esmeraldas (17%), seguida de Morona Santiago y Manabí.

Las principales variedades que se siembran en el Ecuador son 3: papaya tainung, hawaiana y maradol, siendo esta última la que más se consume en fresco a nivel local; la variedad de la papaya hawaiana solo sunrice, es la que mayormente se exporta, los principales países de exportación son Reino Unido, Bélgica, Alemania y Países bajos (PROECUADOR, 2015).

2.1.5. Factores que afectan la calidad post cosecha de la Papaya (*Carica papaya*)

El factor de calidad más difícil de controlar en el momento de la post cosecha es el ablandamiento, esta causa la mayor limitación para el manejo durante el transporte y comercialización.

El ablandamiento se origina en el endocarpio (interior) y luego avanza hasta la epidermis (exterior) y de la parte de ápice hacia el pedúnculo del fruto, de manera desigual, por lo que para la comercialización es necesario colocar un tratamiento con etileno, el mismo que ayude a que el fruto se madure de manera segura (Saduño y Báez, 2011).

Durante la distribución y comercialización, algunos de los eventos no deseables que pueden ocurrir son la sobremaduración y el ataque de los microorganismos patógenos. El proceso de la maduración es irreversible, no se puede controlar; causando que los alimentos se vuelvan sensibles al manejo y sean más susceptibles a las enfermedades, disminuya el peso causado por la transpiración y en general que se vea afectada la calidad del producto tanto interna como externamente (Saduño y Báez, 2011).

Se vuelve indispensable buscar estrategias efectivas que ayuden a alargar la vida útil de la papaya, las mismas que deben ser enfocadas a disminuir o retrasar la maduración. Esto contribuye a brindar soluciones positivas tanto a los productores como comercializadores quienes frecuentemente están buscando alternativas que ayuden a disminuir las pérdidas post cosechas. Dentro de estas alternativas se encuentran el control de temperatura, de humedad, la producción de etileno en la etapa de almacenamiento o refrigeración (Saduño y Báez, 2011).

2.2. Pérdidas durante la post cosecha

Las frutas y hortalizas son consumidas en su mayor parte en fresco, los mismos que son productos altamente perecederos debido a que posee una intensa actividad metabólica, además de su arquitectura celular propia que en poco tiempo tienden a deteriorarse lo que ocasionan pérdidas, tanto a los productores como a los comerciantes. Las pérdidas de estos alimentos pueden darse de manera parcial o total (Martínez et al., 2017).

Algunos procesos de deterioro causan a los agricultores pérdidas de hasta 40% del valor de la cosecha antes de que lleguen al consumidor, por lo que es necesario la aplicación de las tecnologías apropiadas para mantener la calidad, el cual va a depender del conocimiento de la estructura del fruto, la fisiología y las transformaciones metabólicas (Martínez et al, 2017). Las pérdidas post cosecha pueden clasificarse en:

- **Pérdidas directas:** pueden ser causadas por insectos, roedores, hongos o bacterias, afectando la integridad física o química del producto.
- **Pérdidas indirectas:** estas son causadas por las variaciones de factores externos como son: temperatura, empaques, transporte y condiciones de manejo afectando la calidad del producto.
- **Pérdidas económicas:** causadas por la oferta y la demanda en el mercado.
- **Pérdidas fisiológicas:** causadas por la maduración de los productos y las pérdidas de peso que se producen durante el almacenamiento, transporte y manejo, donde se afecta la calidad del producto.

2.2.1. Principales causas de pérdida

Existen varios factores que causan la aceleración de los procesos vitales de las frutas y hortalizas, los mismos que pueden causar que el producto pierda la calidad, entre ellos se tienen:

- **Estado fisiológico:** Es un determinante directo de la vida útil de los alimentos, la velocidad de deterioro crece cuando el alimento está sometido a estrés, lo que causa que el alimento presente una actividad metabólica elevada y por ende la conservación del alimento disminuye (Fernández, 2017).
- **Daños mecánicos:** Dentro de este factor se presentan las lesiones físicas, las mismas que se producen cuando se cosecha el producto. Existen otros daños físicos que pueden presentarse en diversos momentos, estos son: durante el cultivo, almacenamiento, transporte y comercialización. Entre las lesiones que pueden ocurrir hay de varios tipos como: resquebrajadura causada por impactos, golpes internos causados por compresión o vibración, la cual se produce normalmente en el tejido bajo la piel del alimento, cortes, raspaduras, entre otros.

La mala manipulación provoca golpes internos causando una aceleración en el proceso de descomposición. Cuando en la piel del alimento se producen daños, las células se llenan de agua y adquieren un color marrón por lo que a medida que pasa el tiempo estas tienden a perder humedad y se secan, causando la aparición de grietas

en la piel que a su vez aceleran los cambios fisiológicos y son un medio favorable para el crecimiento de microorganismos (FAO, 2007).

- **Factor microbiológico:** Una de las principales causas de pérdidas durante la cosecha se debe a la presencia de microorganismos. Estos influyen en la calidad del mismo y se encuentran directamente relacionados con el manejo sanitario durante las diferentes etapas de producción, cosecha, almacenamiento y transporte; causando pudrición y deterioro del mismo. Algunos pueden presentarse durante la precosecha y otros exclusivamente en la post cosecha. Los microorganismos que causan daños a los alimentos son diversos: hongos, bacterias, virus y plagas que pueden ser provocadas por insectos o roedores (Chiesa, 2010).
- **Temperatura:** Es uno de los factores ambientales más influyente para el deterioro de los alimentos, el ritmo de deterioro que se genera es de 2 a 3 veces más por cada 10°C de aumento de la temperatura óptima para de cada alimento. Este también influye en la producción de etileno, además de disminuir O₂ y elevar la producción del CO₂. Constituye un factor ideal para el desarrollo de microorganismos.

Las temperaturas mayores a los 40°C ocasionan daños severos a los alimentos y con temperaturas mayores a 60°C ya no existe actividad enzimática. De la misma manera, exponer los alimentos a temperaturas bajas como frío excesivo, podría causar daños en la calidad del producto, produciendo sabores o aromas no característicos de las frutas o vegetales (FAO, 2007).

- **Humedad relativa:** Las frutas sufren pérdida de agua el cual es un proceso irreversible, por lo que el alimento sufre varias alteraciones fisiológicas que acelera la maduración, la síntesis de etileno y daños en los tejidos, produciendo marchitez en los productos afectando su apariencia. Mientras mayor es la pérdida de agua mayor será el deterioro que sufra el alimento.

2.2.2. Principales puntos de pérdida durante manipulación y comercialización

Durante la etapa de la cosecha, ocurre una pérdida selectiva dado que antes de realizar la recolección se realiza una clasificación del producto, optando por los productos que se

encuentren en perfecto estado, libre de defectos o enfermedades y que posean el mínimo de lo requerido por las normas de calidad.

Estas pérdidas se consideran acumulativas pues se inician en el momento de la cosecha y finalizan cuando el producto llega a manos del consumidor (Martínez-González, 2017).

Con la finalidad de reducir pérdidas en la cantidad y la calidad del producto, se emplean diferentes métodos y medidas de prevención. Sin embargo, en estas pueden presentarse diferentes problemas, que se citan a continuación:

- **Eventos durante la conservación**

Estos eventos se producen en la etapa de almacenamiento dado que se producen procesos fisiológicos propios del alimento o también pueden ocurrir infestas causados por la presencia de microorganismos, especialmente hongos, bacterias y virus. Durante el almacenamiento el producto debe contar con las condiciones óptimas tanto en temperatura como en humedad relativa. Se debe considerar el tiempo destinado para el almacenamiento debido a que un control inadecuado sobre estos factores causaría la pérdida de calidad en el producto.

Si se realiza el almacenamiento de alimentos de varios productos en un mismo lugar, la producción de etileno puede generar la maduración más rápida de otros productos. Asimismo, el almacenamiento a temperaturas extremadamente bajas, puede producir alteraciones, estimular el crecimiento interno y externo de microorganismos (Guedéz, 2014).

- **Transporte y manipulación**

Una inadecuada manipulación y transporte por caminos irregulares pueden producir daños mecánicos. El transporte debe presentar las condiciones necesarias para el alimento que está transportando dado que, a temperaturas elevadas se puede calentar el alimento, por lo que es necesario que se disponga de sistemas de ventilación o refrigeración adecuados.

- **Problemas durante la refrigeración**

Unos de los métodos mas utilizados para aumentar la vida de los alimentos frescos es la refrigeración. Sin embargo, puede presentar algunos inconvenientes debido a que estos van a depender del tipo de alimento que va a refrigerarse, como por ejemplo en el caso de los

productos tropicales, los cuales son sensibles a temperaturas bajas, el uso de refrigeración no impide el crecimiento de microorganismos (Chiesa, 2010).

2.3. Recubrimientos comestibles

Un recubrimiento se puede definir como una fina capa, que puede ser elaborado de distintos elementos comestibles. Este es colocado sobre el alimento como una envoltura y puede ser consumido por los seres humanos. Además, estos pueden ser aplicados de varias maneras como son: aspersión o inmersión, siendo este último el que más se utiliza (Jian Ju, 2018).

Actualmente, los recubrimientos son considerados como tecnologías amigables con el medio ambiente en vista que los productos utilizados son biodegradables, es decir que pueden obtenerse de recursos naturales o de los subproductos de las industrias, además que disminuyen el uso de envases y se puede agregar productos con sustancias antimicrobianas o antioxidantes.

Estos cumplen con varias funciones como son: disminuir la salida de agua, formando una barrera que limita el paso tanto de gases como de solutos, inhibir el crecimiento microbiano, transportar otros aditivos como sustancias antioxidantes o antimicrobianos, logrando con ello retardar la maduración y mantener la calidad del producto.

Los recubrimientos comestibles son considerados como aditivos por lo que es necesario que cumplan con ciertas características, tales como:

- Ser compatibles con el alimento que se va recubrir.
- Deben presentar propiedades mecánicas eficientes evitando que estos se rompan o se quiebren.
- Deben ser estables en las diferentes condiciones de almacenamiento.
- Ser de fácil adherencia al alimento que se va a aplicar.
- Cumplir con la normativa establecida vigente.
- Ser accesibles de bajo costo para su aplicación.
- No ser tóxicos y deben ser saludables.

Además, la materia prima que se debe utilizar para la elaboración de recubrimiento comestible debe ser de origen natural; con ello se garantiza que el recubrimiento sea biodegradable (Fernández, 2017).

2.3.1. Función de los recubrimientos comestibles

Una de las finalidades de la creación de los recubrimientos es que estos puedan actuar en conjunto con los empaques sintéticos; de esta manera se logrará mejorar la calidad y extender la vida útil de los alimentos (Falguera, 2011).

Existen varias funciones que cumplen los recubrimientos comestibles como son: controlar la transferencia de humedad, gases y compuestos volátiles, mejorar la integridad, aspecto y calidad del alimento, disminuir la pérdida de agua, transportar ingredientes como antioxidantes, antimicrobianos, nutrientes, entre otros. En la figura 2 se pueden observar las funciones que tienen los recubrimientos comestibles (Fernandez et al, 2015).

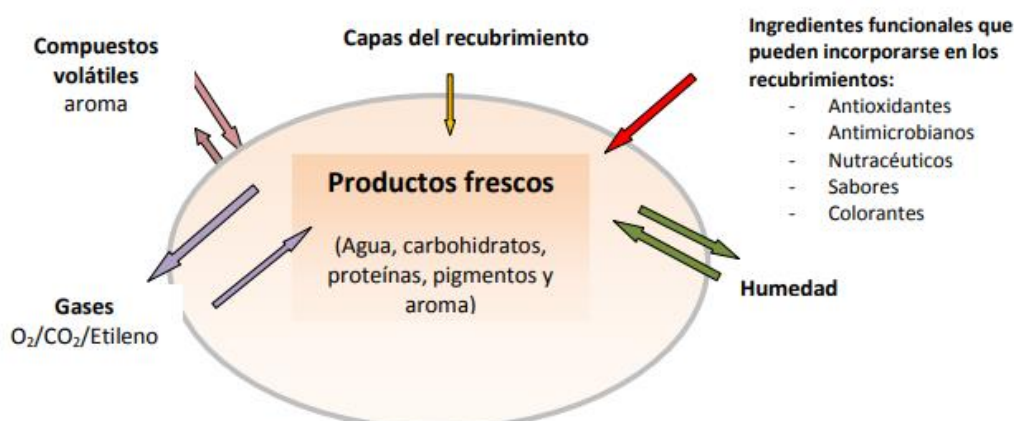


Figura 2. Funciones de los recubrimientos comestibles
Fuente: Falguera (2011)

2.3.2. Composición de los recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles son elaborados con distintos productos como materia prima entre ellos los más utilizados son los polisacáridos, proteínas y lípidos, los mismos que pueden utilizarse solos o combinados con plastificantes, emulsificantes y agentes antimicrobianos.

2.3.2.1. Polisacáridos

Estos son derivados de la celulosa, dentro de este grupo encontramos a la metilcelulosa MC, hidroximetilcelulosa HMC, carboximetilcelulosa CMC, entre otros. Otras sustancias

consideradas dentro de los polisacáridos son las pectinas, alginatos, gomas o almidones modificados, siendo el más utilizado el de yuca, logrando conseguir recubrimientos homogéneos transparentes. Sin embargo, presentan una desventaja ya que al ser compuestos hidrófilos facilitan el paso de la humedad y no constituyen una excelente barrera, es por ello que con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas se utilizan otros componentes de naturaleza hidrofóbica como aceites y ceras (Dehghani et al, 2017).

2.3.2.2. Proteínas

Estos forman recubrimientos que son más débiles que los polisacáridos debido a que en su estructura son compuestos hidrófilos. Sin embargo, estos pueden presentar una mejor barrera para el oxígeno, reduciendo el intercambio de gases entre el fruto y el ambiente.

La capacidad de formar recubrimientos de las proteínas va en dependencia del peso molecular, estabilidad térmica y propiedades eléctricas. Dentro de este grupo las proteínas más utilizadas son las derivadas de la leche (Dehghani et al., 2017).

2.3.2.3. Lípidos

Gracias a su naturaleza hidrofóbica, presentan una excelente barrera que impide el paso de la humedad, logrando reducir la pérdida de agua en los alimentos recubiertos, además que confiere un brillo a los frutos haciendo más apetecible a la vista de los consumidores, protegiéndoles de la oxidación y del crecimiento microbiano.

La materia prima más utilizada para la elaboración de recubrimiento son las ceras. Estas pueden ser de origen animal o vegetal, además de resinas, ácidos grasos o aceites esenciales.

Es importante resaltar que, dentro de estos compuestos, encontramos al látex de Sande, el mismo que dentro de sus estructuras posee componentes como terpenos y alcaloides, a los que se les atribuye la actividad anti fúngica (Gaibor, 2013).

- **Látex de Sande** (*Brosimum utile*): Proviene de la incisión que se le realiza al árbol de Sande (figura 3). Este es un árbol que presenta una altura de 35 a 40 m de altura, crece

en zonas tropicales, esta especie florece todo el año, se encuentra distribuida en países como Ecuador, Colombia, Perú y Brasil (Castaño, 2017).



Figura 3. Látex de Sande (*Brosimum utile*)
Fuente: Rivera, 2012

Este látex es de sabor agradable, de color blanco, textura viscosa e inodoro. Existen varios estudios (Rivera, 2012, Gaibor, 2015), que demuestran que el látex no presenta toxicidad, utilizado en cualquier concentración.

El látex de Sande es de color blanco y grumoso, sabor insípido, inodoro, de textura viscosa, y al ser líquido presenta una humedad de 99,43%. Estudios realizados afirman, que el látex puede ser utilizado en cualquier concentración ya que no presenta citotoxicidad (Rivera, 2012).

En las comunidades indígenas amazónicas el látex es utilizado para elaborar goma de mascar, impermeabilizar las canoas y dentro del área medicinal este se utiliza para curar la gastritis y la elaboración de productos homeopáticos (Rivera, 2012).

En la tabla 3 se observa el tamizaje fitoquímico realizado en el látex de Sande (*Brosimum utile*) en extracto etéreo y acuoso, en donde se evidencia la presencia de triterpenos y esteroides, en el extracto acuoso se evidencia un elevado contenido de alcaloides y la presencia de resinas y saponinas

Los terpenos y alcaloides, son metabolitos considerados como fitoalexinas, mismas que ejercen la actividad protectora frente al ataque producido por microorganismos. (Acosta et al., 2018)

Tabla 3. Tamizaje fitoquímico del látex de Sande (*Brosimum utile*)

PRUEBAS	EXTRACTO ACUOSO	EXTRACTO ETereo	EXTRACTO ALCÓLICO	METABOLITO IDENTIFICADO
Sudan		(+)		Grasa
Catequinas			(-)	Catequinas
Resinas			(+++)	Resinas
Fehling	(-)		(-)	Azúcares reductores
Baljet	(-)	(-)	(-)	lactonas
Libermann-Buchard	(-)	(++)	(-)	Triterpenos, esteroides
FeCl ₂	(-)		(-)	Fenoles
Espuma			(+)	Saponinas
Bontrager	(-)		(-)	Quinonas
Shinoda	(-)		(-)	Flavonoides
Hidroxamato férrico			(-)	Cumarinas
Dragendorff	(++)	(-)	(-)	Alcaloides
Mayer	(++)	(-)	(-)	Alcaloides
Wagner	(++)	(+)	(-)	Alcaloides
Mucílagos	(-)			Mucilagos
Principios amargos	(+)			Astringente

Fuente: (Acosta et al., 2018)

2.3.3. Métodos de aplicación de los recubrimientos

En la actualidad existen varios métodos para la aplicación, los mismos que han ido evolucionando con el paso del tiempo. Sin embargo, existen aspectos que hay que tomarlos en cuenta en el momento de aplicar el recubrimiento, estos son:

- No producir espuma
- Ser fácilmente removibles
- No desarrollar sabores desagradables

- Ser de rápido secado
- No cambiar el color del producto

Los métodos más utilizados para la aplicación del recubrimiento son por inmersión y aspersión. Para la aplicación de los recubrimientos los alimentos deben ser previamente lavados, desinfectados y secados.

Inmersión: Este es el método más utilizado dado que se obtiene un recubrimiento uniforme. Se sumerge directamente el alimento en el recubrimiento, posteriormente se drena el sobrante y se seca. El tiempo que se requiera para sumergir dependerá de la temperatura y viscosidad. Es ampliamente utilizado en frutas, verduras y carnes. Una de las desventajas que presenta esta técnica es que se requiere cambiar constantemente la solución empleada, con la finalidad de evitar la contaminación bacteriana (Fernández, 2017).

Aspersión: En alimentos con superficies lisas, se utiliza este método ya que se obtienen recubrimientos delgados y uniformes, dado que al presurizar la solución se consiguen diferentes tamaños de gotas que se obtienen por los aspersores (Fernández, 2017).

2.4. Ejemplos de aplicación de recubrimientos en frutas

Existen varios estudios donde se han utilizado diferentes materiales para aplicar recubrimientos comestibles a frutas, entre ellos tenemos:

Recubrimientos elaborados a partir de almidón de yuca o arroz con la adición de otros productos como: aceites esenciales, ácido cítrico o ascórbico entre otros, aplicados en frutos como melón (Torrenegra, 2016), mango (Sarria, 2017), pera (Castro et al., 2017), en los cuales se disuelve el almidón en agua y se somete al calor hasta lograr un gelificación. Estos recubrimientos han logrado disminuir la pérdida de peso, mantener la firmeza, inhibir el pardeamiento enzimático, con lo cual se ha obtenido retrasar la maduración y extender la vida útil.

Otros recubrimientos han sido elaborados a partir del quitosano adicionado con aloe vera en la conservación de la uchuva (Muñoz et al., 2017). Para extender la vida útil del tomate se utilizó el quitosano adicionando aceite esencial de limón (García et al., 2018), en los mismos

se observa una disminución de la pérdida de peso, retraso en el cambio de color, acidez, sólidos solubles. Además, inhibe la presencia de hongos y mejora la calidad de la textura.

Otros estudios demuestran el uso de ceras para extender la vida útil realizados en peras y manzanas (Villamon, 2018), banano (Bastidas, 2017), uchuva (López et al., 2016), con los cuales se logró aumentar la vida útil de las frutas, otorgar un brillo que le hace más apetecible al consumidor, mantener la firmeza y disminuir el intercambio gaseoso.

En el fruto de la papaya se ha utilizado recubrimientos a base de almidones extrudidos (Sánchez, 2012), con almidón de yuca, (Miranda, et al., 2014), utilizando quitosano y extracto de propóleo (Barrera, et al., 2015), entre otros, todos ellos presentando resultados positivos, dado que lograron disminuir la maduración de la fruta.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de Alimentos en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), en la provincia de Pichincha, cantón Mejía.

El laboratorio se encuentra ubicado a una altitud de 3.058m, con una latitud de 00°22'5 y longitud de 78°23'0, con una temperatura promedio al interior del laboratorio de 20°C.

3.2. Tipo de investigación

Por las condiciones de estudio: La modalidad de la investigación empleada fue analítica, experimental, a la cual se aplicó un diseño experimental con variables dependientes e independientes con la finalidad de determinar el efecto del látex Sande (*Brosimum utile*) sobre la vida útil de la papaya (*Carica papaya*).

3.3. Métodos de investigación

El método que se aplicó fue la medición (cualitativa y cuantitativa) y experimental.

La investigación se realizó bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 5 tratamientos y 3 réplicas (tabla 4).

Unidad de Estudio: 60 unidades de Papaya variedad Hawaiana

Tabla 4. Tratamientos considerados en el Diseño Completamente al Azar

FACTORES	SUSTANCIA	CONCENTRACIÓN	TRATAMIENTOS
BLANCO	Papaya recubrimiento	sin -	T1
CONTROL POSITIVO	Papaya con cera comercial	-	T2
GRUPO 1	Papaya con concentraciones diferentes de látex	3 C1	T3
		de C2	T4
		C3	T5

Elaborado por: Vicky Solórzano

3.3.1. Concentraciones del látex Sande de (*Brosimum utile*)

El látex de Sande se utilizó tres concentraciones diferentes 33,33%, 66,66% y 100%, valores basados en el estudio de Rivera (2012), quien en su estudio de citotoxicidad de Sande (*Brosimum utile*), establece que los extractos sin fraccionar del látex de Sande no representa ningún riesgo, pues como extractos completos la CL50 está por encima del límite para ser considerado citotóxica. Es decir, el consumo de esta especie, sin separar sus componentes, no representa riesgo de muerte celular, por lo cual se considera inocua.

La investigación se realizó en tres etapas. En la primera se realizó el análisis citotóxico del látex de Sande. Posteriormente, se aplicó en la papaya y finalmente se evaluaron los parámetros físicos (pérdida de peso, textura, color), químicos (acidez, sólidos solubles e índice de maduración), microbiológicos (mohos y levaduras), en diferentes tiempos de acuerdo a su vida útil. En la **figura 4** se observa la esquematización de las diferentes etapas.

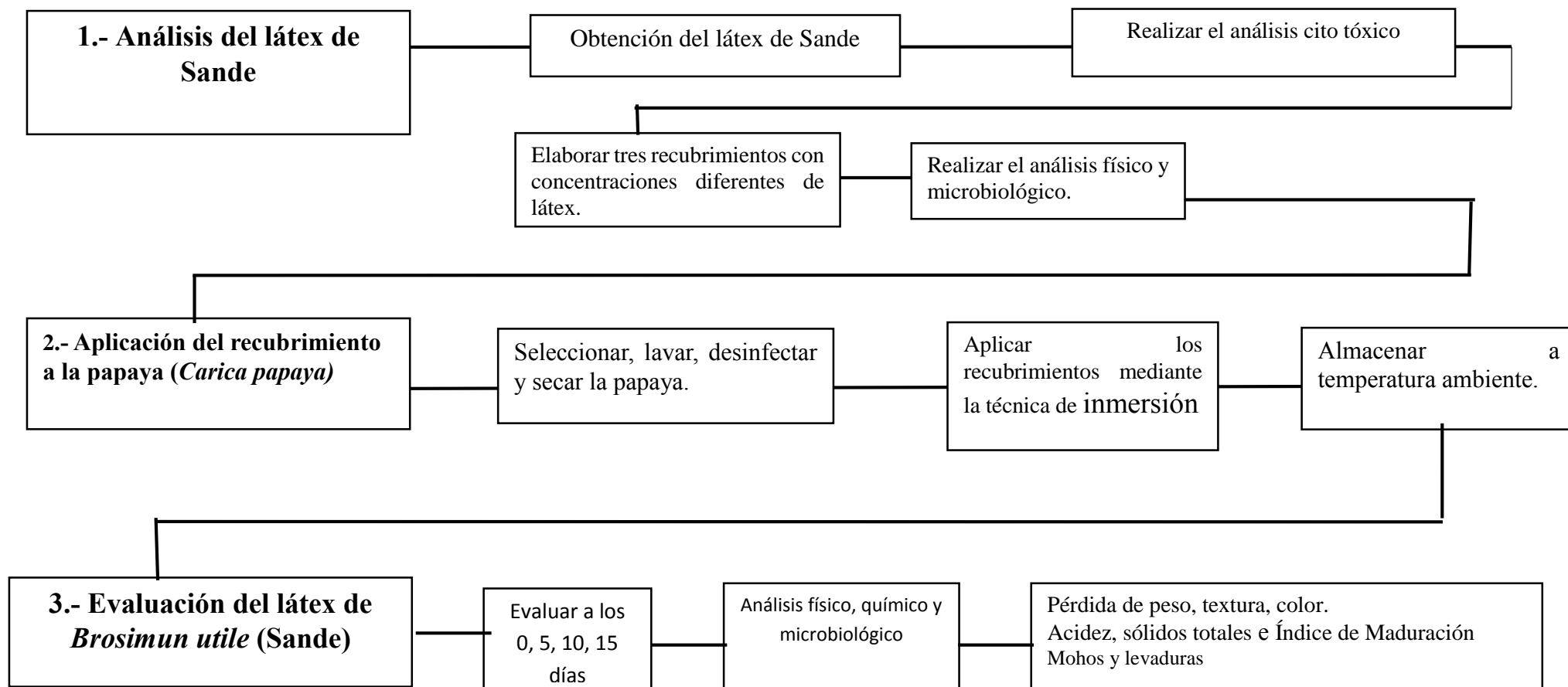


Figura 4. Esquemización de las etapas de la investigación

Elaborado por: Vicky Solórzano

3.3.2. Análisis citotóxico con *Artemia salina*

Se realizó en placas Petri, en los cuales se transfirieron 10 larvas de *Artemia salina* con la ayuda de una pipeta Pasteur. Posteriormente se agregaron 10mL de cada una de las concentraciones de látex y una de control y se dejaron en la oscuridad por el rango de 24 horas.

Se determinó el número de larvas muertas en cada placa Petri. Se consideró muerta si esta no presentó movimiento de los apéndices durante 10 segundos (Pino, 2010).

3.3.3. Preparación del recubrimiento

Para la elaboración de los recubrimientos se disolvió el látex en agua destilada en concentraciones de 33,33%, 66.66% y 100%. Posteriormente, con la ayuda de un agitador mecánico se homogenizaron los recubrimientos por 5 minutos. Se tomaron muestras para realizar el análisis microbiológico.

Las tres formulaciones se compararon con un recubrimiento comercial Sta-Fresh 2505, el mismo se elaboró a una concentración 1:1 disuelta en agua (Pérez, 2010).

3.3.4. Aplicación de recubrimientos y almacenamiento de las muestras

- **Aplicación de los recubrimientos**

El método utilizado fue el de inmersión. Previo a la aplicación, se clasificaron las papayas, se lavaron y desinfectaron, sumergiendo por 3 minutos en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm y se secaron.

Utilizando un recipiente de vidrio de 1000mL se sumergió cada fruta con el recubrimiento comestible, durante 20 segundos, verificando que se encuentre el recubrimiento en todo el fruto y se dejó secar a temperatura ambiente 20°C.

- **Almacenamiento del fruto**

El almacenamiento fue realizado a temperatura ambiente 20°C, utilizando bandejas de polyester expandido, simulando el ambiente donde normalmente son comercializadas.

3.3.5. Evaluación de los recubrimientos comestibles

A través de la **figura 5** se detalla el esquema utilizado, además de los ensayos realizados y las evaluaciones establecidas de acuerdo al periodo de tiempo correspondiente.

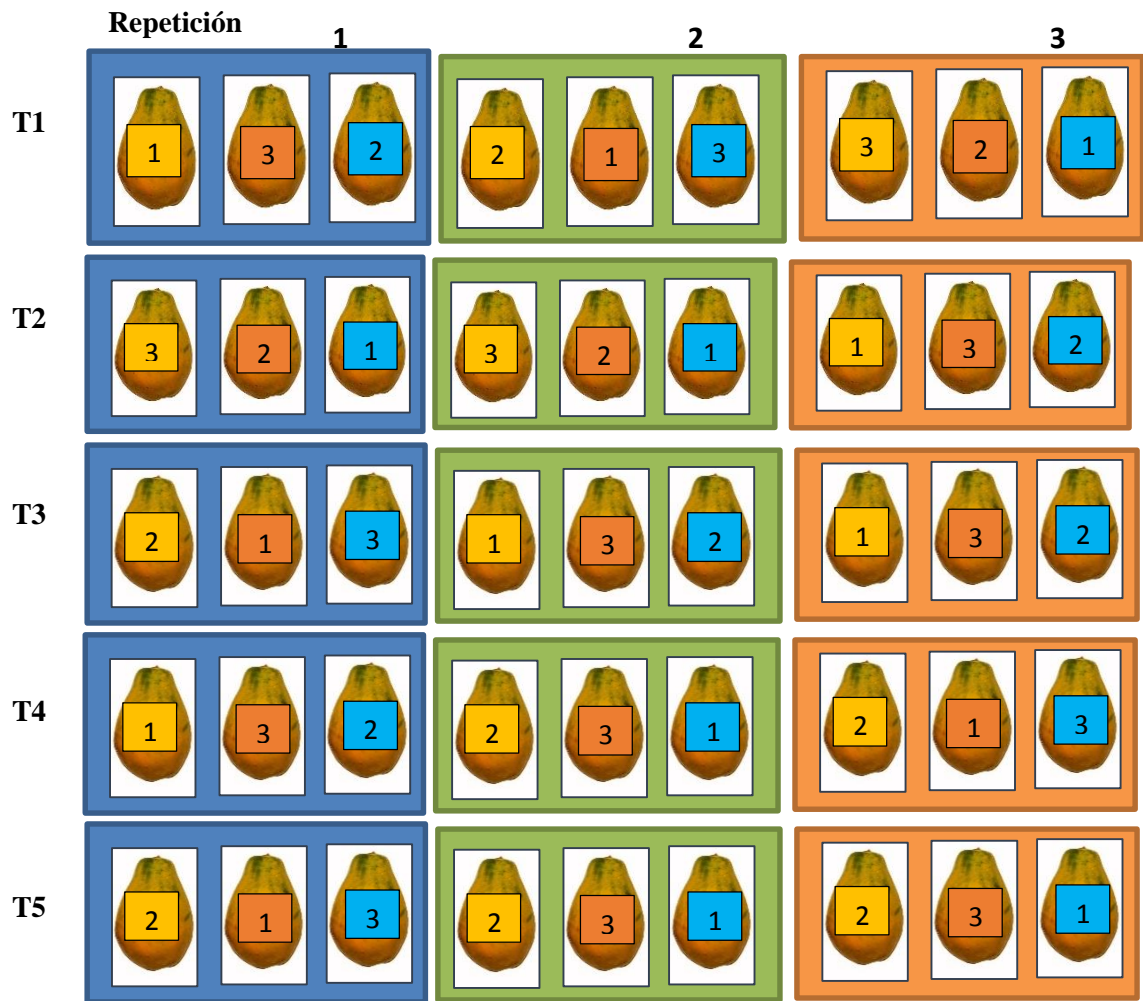


Figura 5. Esquematación de los tratamientos, repeticiones y análisis realizados en Papaya (*Carica papaya*)

Elaborado por: Vicky Solórzano

Análisis realizados en papaya (*Carica papaya*)

ENSAYOS	MICROBIOLÓGICO	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO
DÍA DEL MUESTREO	0,5,10,15	0,5,10,15
ENSAYOS	Mohos y levaduras	Peso, color externo, textura, acidez, sólidos solubles e índice de maduración
OBSERVACIONES	Dilución 10 ⁻³	Para pérdida de peso y color, se utilizaron las mismas muestras
# DE MUESTRA POR TRATAMIENTO Y ENSAYO	3	3

T1: Sin Recubrimiento (Testigo);
T2: Cera comercial (Control);
T3: Recubrimiento con látex 33%;
T4: Recubrimiento con látex 66%;
T5: Recubrimiento con látex 100%

3.3.6. Descripción de los ensayos físicos, químicos y microbiológicos empleados

➤ **Pérdida de Peso**

Se utilizaron 9 unidades por cada tratamiento. Se pesaron los días 0, 5, 10 y 15 utilizando una balanza electrónica (Adventurer Pro AV213, USA). Los resultados se expresaron en porcentaje de pérdida de peso, utilizando la siguiente ecuación.

$$\text{Pérdida de Peso(\%)} = \frac{(P_f - P_o)}{P_o} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

Po: Peso inicial (g)

Pf: Peso final (g)

➤ **Textura**

Se realizó esta evaluación utilizando un penetrómetro para determinar la resistencia que presenta la fruta a la penetración. Se realizó por triplicado los días 0, 5, 10 y 15 y los resultados se expresaron en Kg-f.

➤ **Diferencia de color**

Para la realización de esta determinación se utilizó el colorímetro (DR Lange Spectro Color, Japón). Se realizaron dos medidas por triplicado en el mismo punto para todos los tratamientos en los días 0, 5, 10, 15 y se obtuvo los valores L*. Este valor permite definir la luminosidad: valores de 0 representan al color negro y valores de 100 al color blanco. Otros valores son: a* indica que si el color es rojo tiene valores positivos y si es color verde presenta valores negativos y b* el cual representa amarillo si el valor es positivo y azul si el valor es negativo.

Se determinó la diferencia entre dos colores, este fue comparado con el inicial (día 0) y el final de cada periodo utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (4)$$

Donde:

$\Delta L = L_{\text{final}} - L_{\text{inicial}}$

$\Delta a = a_{\text{final}} - a_{\text{inicial}}$

$\Delta b = b_{\text{final}} - b_{\text{inicial}}$

Para realizar la interpretación de los valores obtenidos se utilizó la **tabla 5**:

Tabla 5. Interpretación de diferencia de color ΔE

Valores ΔE	Calidad
0-1	Excelente, diferencia invisible.
1-2	Buena, diferencia solo visible para un ojo entrenado
3-4	Normal, diferencia media visible para un ojo no entrenado
5	Suficiente, diferencia obvia
Superior a 5	Mala, diferencia muy evidente

Fuente: Mokrzycki (2011)

➤ **Sólidos solubles**

Para la realización del análisis de sólidos solubles, se utilizó un refractómetro (Atago NAR-1T, USA), según lo establecido en la Norma INEN 380:1985. Se colocó unas gotas de papaya en el prisma del refractómetro, el mismo que previamente debía estar calibrado con agua destilada y se observó el resultado, se expresó en °Brix. El análisis se realizó por triplicado en los días establecidos.

➤ **Acidez**

El método utilizado para determinar acidez fue AOAC (2000) 939.05. Se realizó la titulación con hidróxido de sodio (NaOH al 0.01) previa preparación de la muestra, la misma se trituró, se pesó y se homogenizó. Se tomó 1mL de muestra y se añadió en 9mL de agua destilada, se añadieron 3 gotas de fenolftaleína hasta que se produjera el viraje color rosado y se mantenga durante un minuto. El análisis se realizó por triplicado en los días 0, 5, 10 y 15. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%A = \frac{V_1 * N * 0.064 * 100}{V_2} \quad (2)$$

Donde:

V_1 = Volumen de NaOH utilizado

N_{NaOH} = Normalidad del hidróxido de Sodio

0.064 = Mili equivalente del ácido cítrico

V_2 = Volumen utilizado de muestra.

➤ **Índice de maduración**

El análisis se realizó, con la relación del valor de sólidos solubles y acidez.

$$IM = \frac{^{\circ}Brix}{\% \text{ ácido cítrico}} \quad (3)$$

Donde:

IM: índice de maduración

➤ **Análisis microbiológico (aerobios totales, coliformes totales, mohos y levaduras)**

Se utilizó la técnica establecida según el método AOAC 989.11 (2005). Se utilizaron placas petrifilm TM para determinar aerobios mesófilos, coliformes totales, mohos y levaduras.

Para la preparación de la muestra se utilizó 1mL de la muestra y se colocó en 9mL de agua destilada estéril procediendo con la dilución seriadas. Se sembró colocando 1mL de la dilución sobre la placa, se presionó 10 segundos y se incubó de acuerdo a lo establecido en la normativa **(Tabla 6)**.

Tabla 6. Condiciones para la incubación de aerobios mesófilos y coliformes totales, mohos y Levaduras

Microorganismos	Temperatura	Tiempo de incubación
Aerobios mesófilos	37°C	24 horas
Coliformes totales	37°C	24-36 horas
Mohos y levaduras	35-37°C	3-5 días

Elaborado por: Solórzano Vicky

Para determinar los resultados se utilizó la guía de interpretación 3MTM Petri film TM®.

➤ **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS versión 22.0, donde los datos fueron procesados a través de la técnica estadística Análisis de Varianza de un factor (ANOVA). La prueba de comparación múltiple de medias se realizó utilizando el Test de Tukey ($P < 0.05$), el cual ayudó a determinar si existieron diferencias significativas entre los tratamientos.

Se realizó gráficos de barras para el análisis de los parámetros al día 15 del experimento.

3.4. Recursos humanos y materiales

La presente investigación se realizó con recursos económicos propios y talento humano de la Universidad Estatal Amazónica y del Instituto de Nacional de Investigación Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

3.4.1. Recursos humanos

- Director de Tesis-Dra. Dunia Chávez: Se encargó de la revisión del proyecto, supervisó los resultados y discusión.
- Co-Director - Dr. Yasiel Arteaga: Participó como apoyo en la revisión de la metodología aplicada y que esta sea la adecuada para la elaboración del proyecto.
- Asesoramiento Externo- Ing. Elena Villacrés: Trabajó como apoyo en la supervisión de

la realización de los análisis en el Laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP.

3.4.2. Recursos materiales

Materia prima

- Látex de Sande
- Papayas en grado de maduración 40-60%

Equipos

- Balanza eléctrica
- Refractómetro
- Peachímetro
- Colorímetro
- Cámara de flujo laminar
- Autoclave
- Estufa

Materiales

- Vaso de precipitación
- Equipo de titulación
- Bandejas de poliéster
- Cajas Petri
- Buretra
- Espátula
- Piceta
- Gradilla
- Tubos de ensayo
- Varilla de agitación
- Termómetro
- Cuchillo
- Cernidor

- Papel toalla

Reactivos

- Hidróxido de sodio al 0.01%
- Fenolftaleína
- Hipoclorito de sodio al 10%

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Recubrimiento comestible

En la **tabla 7** se muestran los resultados obtenidos en el análisis físico y microbiológico realizado al látex de Sande puro, el mismo que presentó un pH de 4.86 el cual no afecta al alimento. Además, presentó solubilidad con el agua por lo que se forma un recubrimiento homogéneo.

Tabla 7. Resultados del análisis físico y microbiológico del látex de Sande.

Análisis Físico y microbiológico	Resultados
Apariencia	Líquido
Color	Blanco lechoso
Olor	Característico
pH	4.86
Solubilidad	Soluble
Aerobios mesófilos (UFC/mL)	$4 \cdot 10^{-4}$
Coliformes totales (UFC/mL)	$2 \cdot 10^{-3}$
Mohos y Levaduras (UFC/mL)	No hubo crecimiento

Elaborado por: Vicky Solórzano

En cuanto al análisis microbiológico se evidenció la presencia de microorganismos. Esto se debe a la falta de tecnificación de extracción del látex de Sande que provoca la aparición de microorganismos. Es por ello que, para la aplicación del látex al fruto, fue necesario la aplicación de radiación ultravioleta con la finalidad de evitar el aumento de carga bacteriana.

4.1.1. Citotoxicidad del látex

La cantidad de *Artemia salina* usada en cada caja Petri fue de 10 unidades por tres repeticiones utilizando un total de 30 unidades para cada concentración evaluada, además de su control

positivo, todos fueron evaluados en un tiempo de 24 horas. En la **tabla 8** se indica la cantidad de larvas de *Artemia salina*, vivas y muertas luego de las 24 horas por cada concentración realizada.

Tabla 8. Conteo de larvas vivas y muertas de *Artemia salina* a diferentes concentraciones

Concentración de látex	Repeticiones	Total de larvas	Número de larvas vivas	Número de larvas muertas
0	3	30	30	0
33.3%	3	30	24	6
66.66%	3	30	22	8
100%	3	30	17	13

Elaborado por: Vicky Solórzano

En la tabla anterior se evidencia que con la concentración de control no hubo muerte de ninguna larva; a una concentración de 33.3% se evidencia la muerte de 6 larvas; en la concentración de 66.66% se muestran 8 larvas muertas, mientras que utilizando el 100% de látex se evidencia la muerte de 13 larvas. Sin embargo, no se puede obtener el valor de la concentración letal media CL_{50} , debido que al exponerse al 100% de concentración del látex solo se alcanza una mortalidad del 43.3%, por lo que no presenta toxicidad, resultado que concuerda con el estudio realizado por Rivera (2012), quien menciona que el látex de Sande no presenta ningún riesgo. No obstante, al disponer dentro de su estructura metabolitos secundarios como alcaloides, estos presentan una alta toxicidad, por lo cual se recomienda no utilizarlo fraccionadamente sino el látex completo. Al no ser considerada citotóxica se valida con el uso ancestral que se da en el medio ya que este se toma de manera directa.

4.2. Evaluación de parámetros físicos de la papaya (*Carica papaya*)

4.2.1. Textura

En la **tabla 9** se muestran los resultados obtenidos para el día 0 del experimento, como punto de partida donde se determinaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos como son: textura, acidez, sólidos totales, índice de madurez, mohos y levaduras.

Tabla 9. Resultados del análisis físico-químico y microbiológico del día 0

Tratamiento	Días	Textura	Acidez	Sólidos totales	Ind. Madurez	Mohos y levaduras
		(Kg-f)	(% ácido cítrico)	Brix°	(Brix/%ac. Cítrico)	(UFC)
T1	0	27,200	0,186	7,833	42,240	1,63*10-3

Elaborado por: Vicky Solórzano

En la **tabla 10** se indican los resultados obtenidos del Análisis de Varianza simple (ANOVA) al quinto día del experimento, el cual muestra que si existen diferencias significativas en los valores promedios de textura con respecto a los tratamientos evaluados ya que su significación Sig.=0,000 < 0,05, considerando un 5% de error y un 95% de confiabilidad.

Tabla 10. Resultados de ANOVA obtenidos al día 5

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1588.943	4	397.236	102.363	.000
Intra-grupos	38.807	10	3.881		
Total	1627.749	14			

Conjuntamente con ello, la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey señaló cuáles tratamientos difirieron entre sí significativamente. En la **tabla 11** se observa que los mismos se dividieron en 3 grupos, ubicando al tratamiento T1 en el primer grupo, el segundo grupo formado por los tratamientos T3 y T4 y finalmente el tercero agrupó los tratamientos T5 y T2.

Tabla 11. Resultados HSD de Tukey al día 5

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
1	3	14.1667		
3	3		29.5333	
4	3		31.1667	
5	3			41.1667
2	3			43.0000
Sig.		1.000	.843	.783

En la tabla anterior se aprecia que al día 5 del experimento el tratamiento T1 mostró menor valor promedio de textura expresado en kg-f; mientras que los mejores tratamientos fueron T2 y T5, con los resultados promedios de textura más elevados. Además, la textura es un indicador que determina la maduración del producto, esta se constituye en una excelente variable ya que permite determinar su grado de ablandamiento, característica importante a la hora de comercializarla (Ciro et al., 2007). Con los resultados obtenidos se determina que cualquiera de estos dos tratamientos (T2 y T5) puede ser seleccionado ya que no difieren significativamente entre sí y proporcionaron los mayores valores promedio de textura, lo cual indica que tendrá menor ablandamiento y por ende mejor calidad.

Al día 10 del experimento se observó que se mantienen las diferencias significativas entre los tratamientos comparando los valores promedios de textura (**tabla 12**) y se evidenció con la prueba de Tukey la formación de 4 grupos de tratamientos de acuerdo a dichos valores promedios (**tabla 13**). Se destaca que el valor promedio de textura siguió disminuyendo para todos los tratamientos, más aún en el tratamiento T1, el mismo que se utilizó sin recubrimiento, sin embargo, los tratamientos T2 y T5 continuaron siendo los de mejores resultados ya que mostraron menor pérdida de textura.

Tabla 12. Resultados de ANOVA obtenidos al día 10

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1640.139	4	410.035	32.910	.000
Intra-grupos	124.594	10	12.459		
Total	1764.733	14			

Tabla 13. Resultados de HSD de Tukey al día 10

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05			
		1	2	3	4
1	3	6.5700			
3	3		19.4600		
4	3			25.3500	
5	3				33.8333
2	3				35.1267
Sig.		1.000	.313	.086	.990

En el día 15 del experimento se mantuvo las diferencias significativas entre los tratamientos considerados (**tabla 14**) ya su significación $\text{Sig.}=0.000<0.05$ con un 95% de confiabilidad. De acuerdo a la **tabla 15**, se evidenció que los tratamientos se dividieron en 4 grupos, en donde se observa la disminución de pérdida de firmeza en todos los tratamientos.

Tabla 14. Resultados de ANOVA obtenidos al día 15

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1640.139	4	410.035	32.910	.000
Intra-grupos	124.594	10	12.459		
Total	1764.733	14			

Tabla 15. Resultados de HSD de Tukey al día 15

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05			
		1	2	3	4
1	3	5.6667			
3	3		14.6667		
4	3			20.3333	
5	3				27.7667
2	3				28.7000
Sig.		1.000	.313	.086	.990

El tratamiento T1 sigue siendo el que presentó menor valor de textura mientras que los tratamientos T2 y T5 son los que presentaron mayor valor de firmeza (**figura 6**). El valor de textura se observa que disminuye en menor cantidad en los productos que se encuentran con recubrimiento comestible, resultado que concuerda con los criterios de Bessa et al. (2015) los cuales establecieron que los recubrimientos forman una barrera alrededor de la fruta y por ello no permiten el ingreso de oxígeno (O_2) y la salida del dióxido de carbono (CO_2), reduciendo así la actividad enzimática.

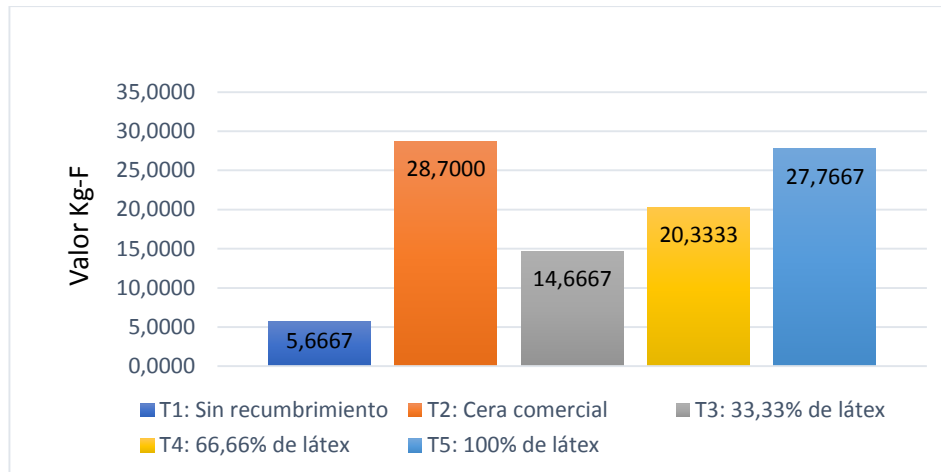


Figura 6. Resultados de Textura al día 15
Elaborado por: Vicky Solórzano

Por otra parte, Sánchez et al. (2018) señalaron que el ablandamiento se atribuye principalmente a la degradación de la pared celular, principalmente de las pectinas.

4.2.2. Pérdida de peso

Con respecto a la pérdida de peso se observó que existen diferencias significativas entre los valores promedios de pérdida de peso respecto a los tratamientos considerados (**tabla 16**), ya que el ANOVA mostró una significación $\text{Sig.}=0.000 < 0.05$ con un 95% de confiabilidad.

Tabla 16. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	236.755	4	59.189	987.577	.000
Intra-grupos	.599	10	.060		
Total	237.354	14			

En la **tabla 17** se puede evidenciar que al día 5 todos los tratamientos presentaron pérdida de peso, sin embargo, el que presenta un mayor porcentaje es el tratamiento T1, el cual es el fruto sin recubrimiento comestible, mientras que los tratamientos que presentaron recubrimiento comestible mostraron similares resultados promedios de pérdida de peso (tratamientos T2, T3, T4 y T5), por lo que únicamente se presentaron dos grupos. El tratamiento T5 referido al 100%

de látex de Sande mostró mejor resultado ya que tuvo menor pérdida de peso el fruto, sin embargo, no difiere significativamente de los tratamientos T2, T3 y T4.

Tabla 17. Resultados de HSD de Tukey al día 5

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
5	3	1.0867	
2	3	1.5200	
4	3	1.5367	
3	3	1.7000	
1	3		11.3800
Sig.		.071	1.000

En el día 10 del experimento, se mantienen las diferencias significativas entre los tratamientos (**tabla 18**) y el porcentaje de pérdida de peso continúa aumentando, como se evidencia en la **tabla 19**. En este día la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey mostró que los tratamientos se dividieron en 4 grupos siendo el de mayor porcentaje de pérdida de peso el tratamiento T1, mientras que los tratamientos T2 y T5 fueron los que presentaron menor porcentaje de pérdida de peso.

Tabla 18. Resultados de ANOVA obtenidos al día 10

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	387.092	4	96.773	611.713	.000
Intra-grupos	1.582	10	.158		
Total	388.674	14			

Tabla 19. Resultados de HSD de Tukey al día 10

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05			
		1	2	3	4
5	3	2.4033			
2	3	3.2500	3.2500		
4	3		3.8433		
3	3			4.3633	
1	3				16.0600
Sig.		.142	.411	.528	1.000

La pérdida de peso se produce por la salida del agua y se presentan diferencias significativas entre los tratamientos (**tabla 20**). Al día 15 la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey mostró que los tratamientos se dividieron en 4 grupos (**tabla 21**).

Tabla 20. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	639.062	4	159.765	1057.629	.000
Intra-grupos	1.511	10	.151		
Total	640.572	14			

Tabla 21. Resultados de HSD de Tukey al día 15

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05			
		1	2	3	4
5	3	3.6300			
2	3		4.7767		
4	3		5.5533		
3	3			6.4833	
1	3				21.2600
Sig.		1.000	.180	.087	1.000

Mediante la **figura 7** se observó que en el tratamiento T1, el cual es el que no presenta recubrimiento comestible, su valor de pérdida es elevado del 21.26% mientras que los tratamientos T2 y T5 presentaron valores promedios de porcentaje de pérdida de 4.77% y 3.66%, respectivamente. Almeida (2011) señaló que una pérdida por encima del 5% es un determinante para considerar el deterioro de la papaya.

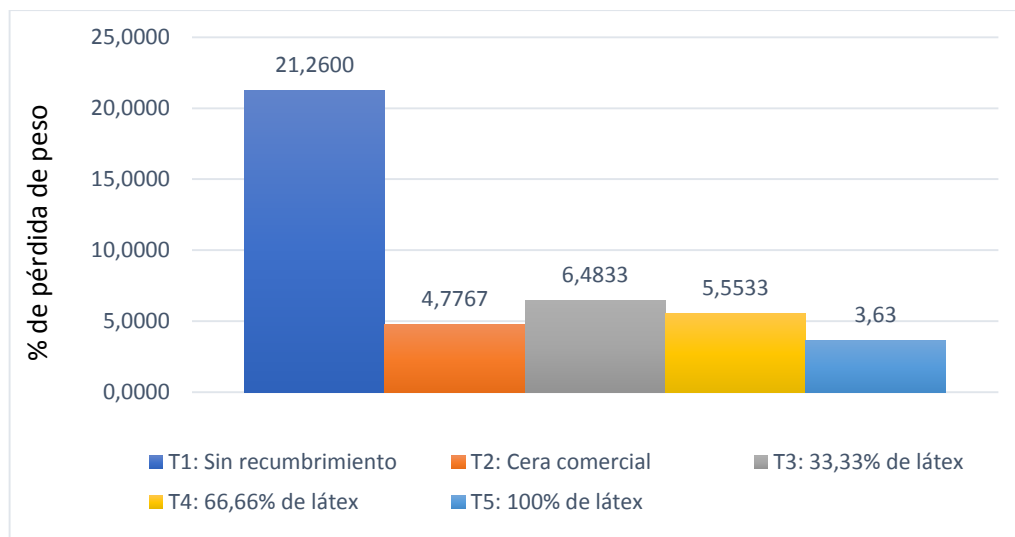


Figura 7. Resultado de pérdida de peso al día 15
Elaborado por: Vicky Solórzano

Los resultados obtenidos son similares a los de Barrera et al, (2012), los cuales presentaron diferencias significativas en la pérdida de peso en las papayas con recubrimiento a base de propóleo y sin recubrimiento.

Por otro lado, la principal causa de que se produzca pérdida de peso en los frutos es la disminución de agua, la misma que es causada por los procesos de transpiración y respiración del fruto, debido a que la papaya es un fruto climatérico por lo tanto su respiración y producción de etileno aumenta (Barrera et al., 2012).

4.2.3. Color interno y externo

Uno de los parámetros que se puede utilizar para determinar la diferencia de color es ΔE debido a que indica la magnitud de la diferencia total del color utilizando los tres parámetros (L^* , a^* y b^*). Se observa el día 5 una diferencia con respecto al día 0. En las **tablas 22 y 23** para color externo e interno respectivamente, se detectaron diferencias significativas en los valores promedios del parámetro estudiado con respecto a los tratamientos dado que se obtuvo una significancia de $0,000 < 0,05$, con una confiabilidad del 95%.

Tabla 22. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de color externo ΔE

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	215.201	4	53.800	249.854	.000
Intra-grupos	2.153	10	.215		
Total	217.354	14			

Tabla 23. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de color interno ΔE

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	42.903	4	10.726	17.064	.000
Intra-grupos	6.286	10	.629		
Total	49.189	14			

La prueba de Tukey realizada para la comparación múltiple de medias (**tabla 24**) indicó que los tratamientos se dividieron para color interno en 2 grupos: el primer grupo formado por los tratamientos T2, T3, T4 y T5 y el segundo integrado solamente con el tratamiento T1 donde su variación de color fue muy evidente. Para el color interno se formaron 3 grupos: el primero agrupó los tratamientos T2, T4 y T5, el segundo con el tratamiento T3 y finalmente en el 3er grupo el tratamiento T1 (**tabla 25**).

Tabla 23. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de color externo

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
5	3	1.8967	
4	3	2.7000	
3	3	2.9300	
2	3	3.0000	
1	3		12.0500
Sig.		.090	1.000

Tabla 24. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de color interno

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
5	3	1.1167		
2	3	1.5633		
4	3	2.1667		
3	3		3.8100	
1	3			5.7233
Sig.		.517	.157	.084

En el día 10 los resultados de la tabla ANOVA obtenidos tanto para el color interno como el externo, muestran diferencias significativas ya que se obtuvo una significancia de $0,000 < 0,05$, tal como se muestra en las **tablas 26 y 27**.

Tabla 25. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de color externo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	370.284	4	92.571	261.983	.000
Intra-grupos	3.533	10	.353		
Total	373.817	14			

Tabla 26. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de color interno

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	150.978	4	37.745	90.584	.000
Intra-grupos	4.167	10	.417		
Total	155.145	14			

Tabla 27. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de color externo

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	3	2.9633		
4	3	3.1767		
5	3	3.3367		
3	3		4.6133	
1	3			15.8600
Sig.		.934	.083	1.000

Tabla 28. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de color interno

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	3	1.9633		
4	3	2.1633		
5	3	2.2000		
3	3		4.7200	
1	3			10.2767
Sig.		.990	1.000	1.000

En la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey se observa que los tratamientos se han separado en 3 grupos tanto para color externo como interno; donde el tratamiento T1 sin recubrimiento sigue aumentando la diferencia de color en comparación con el día 0. Este análisis indica que el producto se encuentra en proceso de maduración (**tablas 28 y 29**).

En el día 15 los resultados de la tabla ANOVA fueron similares a los obtenidos los días 5 y 10 del experimento, tanto en el color interno como el externo; señalando diferencias significativas ($0,000 < 0,05$) en los valores promedios de color interno y externo con respecto a los tratamientos (**Tablas 30 y 31**).

Tabla 29. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de color externo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	743.434	4	185.859	517.107	.000
Intra-grupos	3.594	10	.359		
Total	747.028	14			

Tabla 30. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de color interno

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	377.447	4	94.362	898.398	.000
Intra-grupos	1.050	10	.105		
Total	378.497	14			

Tabla 31. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de color externo

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05			
		1	2	3	4
2	3	6.6933			
5	3	7.4000			
4	3		8.4667		
3	3			9.5467	
1	3				25.4600
Sig.		.616	.262	.252	1.000

Analizando la Prueba de Tukey (**tablas 32 y 33**) realizada en el día 15 del color externo e interno se evidencia que los tratamientos se dividieron en cuatro grupos; en todos los tratamientos los valores de cambio son visibles con respecto al día 0.

Tabla 32. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de color interno

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05			
		1	2	3	4
2	3	8.5633			
4	3		9.5333		
5	3		9.8233		
3	3			10.4667	
1	3				22.0433
Sig.		1.000	.805	.184	1.000

En la **figura 8 y 9** se observa que presenta la mayor diferencia el tratamiento T1 sin recubrimiento tanto en el color interno como el externo, mientras que los que presentaron menor diferencia de color fueron los tratamientos T2 y T5 para el color externo, y el tratamiento T2 para el color interno.

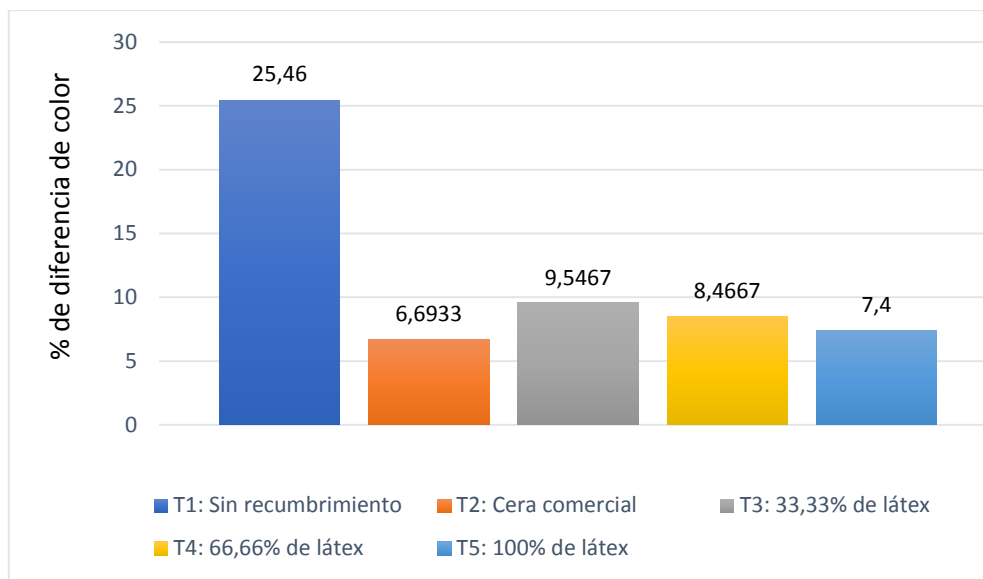


Figura 8. Resultados al día 15 de color externo
Elaborado por: Vicky Solórzano

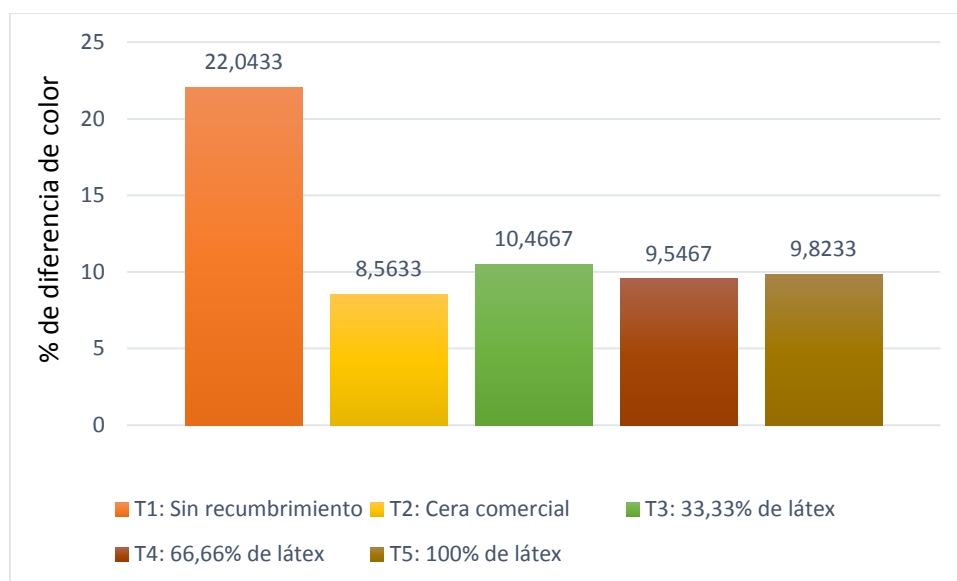


Figura 9. Resultados al día 15 de color interno
Elaborado por: Vicky Solórzano

El color es uno de los parámetros más utilizados para la determinación de la calidad de la papaya. Los cambios de color presentados, según Barrera (2012), se deben a los cambios de pigmentación, en los cuales la clorofila disminuye y aumentan los carotenoides. Es por ello que se da el cambio de color de verde a amarillo-anaranjado, el cual indica el proceso de maduración.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Almeida (2011), donde se evidenciaron los cambios de color presentados y el mayor cambio se detectó en el tratamiento sin recubrimiento. Es por ello que el uso del recubrimiento retrasa o disminuye el proceso de maduración.

4.3. Evaluación de parámetros químicos

4.3.1. Acidez titulable

Para la acidez titulable, en el día 5 según lo indicado en la tabla de ANOVA (**tabla 34**) se obtuvo un valor de significancia Sig.= 0,001 mientras que en las **tablas 36 y 38**, del día 10 y 15 respectivamente, se obtuvo una significancia del $0,0000 < 0,05$, lo cual se evidencia en los tres días las diferencias significativas de los valores promedios de acidez con respecto a los tratamientos evaluados.

Tabla 33. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de acidez

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.003	4	.001	11.500	.001
Intra-grupos	.001	10	.000		
Total	.003	14			

Con respecto a los valores de acidez obtenidos en el día 5, utilizando la Prueba de Comparación Múltiple de Tukey, se observó la formación de 2 grupos de tratamientos estos son: grupo 1 integrado solamente por el tratamiento T1 grupo 2 formado por los tratamientos T2, T3, T4 y T5 los cuales presentaron comportamientos similares en los valores promedios de acidez, según se observa en la **tabla 35**.

Tabla 34. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de acidez

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
1	3	.1500	
4	3		.1700
3	3		.1767
2	3		.1867
5	3		.1867
Sig.		.061	.136

Mientras que en el día 10 según lo observado en la **tabla 37** se indica que para la prueba de Tukey se formaron 3 grupos, donde el primer grupo sigue siendo el tratamiento T1, el segundo grupo formado por los tratamientos T3 y T4, mientras que en el tercer grupo encontramos los tratamientos T2 y T5.

Tabla 35. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de acidez

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.005	4	.001	14.731	.000
Intra-grupos	.001	10	.000		
Total	.006	14			

Tabla 36. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de acidez

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
1	3	.1267		
3	3		.1433	
4	3		.1633	
2	3			.1633
5	3			.1800
Sig.		.257	.137	.257

En el día 15 de experimentación el comportamiento fue similar al presentado en el día 10, con la obtención de tres grupos de tratamientos similares entre sí (**tabla 39**).

Tabla 37. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de acidez

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.008	4	.002	25.917	.000
Intra-grupos	.001	10	.000		
Total	.009	14			

Tabla 38. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de acidez

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
1	3	.1033		
3	3		.1300	
4	3		.1500	
2	3			.1633
5	3			.1667
Sig.		1.000	.117	.227

Los valores de acidez indicados en el ácido cítrico, en el transcurso de los días, fueron disminuyendo, lo cual refleja la tendencia propia de la maduración. Sin embargo, se puede evidenciar mediante la **figura 10** que los tratamientos T2 y T5 presentaron los valores promedios más altos de acidez mientras que el valor más bajo se obtuvo con el tratamiento T1.

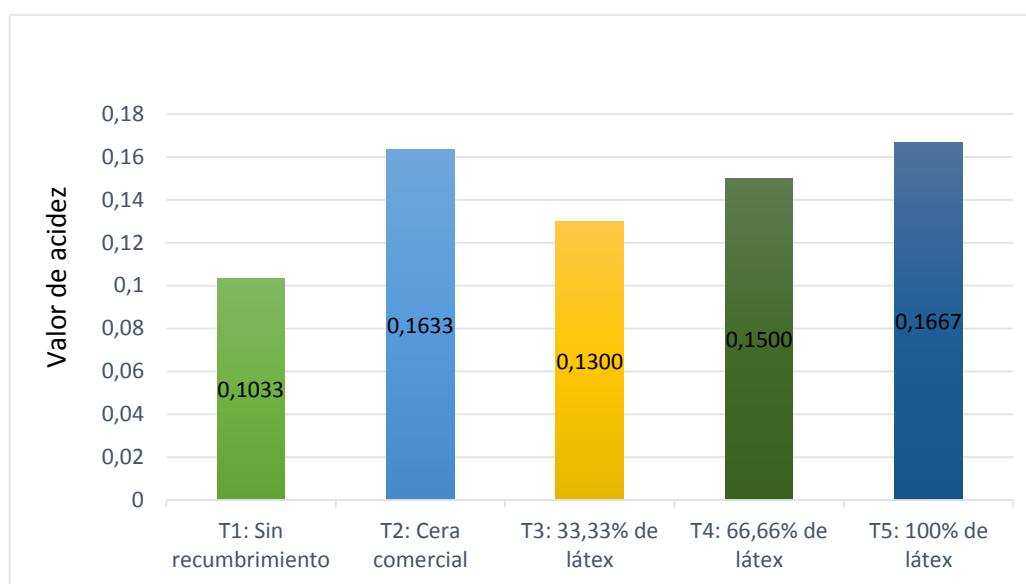


Figura 10. Resultados al día 15 de acidez

Elaborado por: Vicky Solórzano

Los resultados obtenidos se compararon con el estudio realizado por Mercado (2014) en el fruto de papaya utilizando ceras comestibles. En ese estudio se obtuvo porcentajes de 0.18% a 0.1% de acidez, considerando que la papaya no dispone de carbohidratos, por lo que se utilizan los ácidos grasos para la respiración y para la síntesis de nuevos productos durante la etapa de maduración (Almeida, 2011).

4.3.2. Sólidos solubles

En las **tablas 40 y 42** se observan los resultados del ANOVA en los que se muestran diferencias significativas entre los tratamientos con un valor Sig.= 0,0000 < 0,05. Por tanto existen diferencias entre los valores promedios de sólidos solubles con respecto a los tratamientos, considerando un 5% de error y 95% de confiabilidad.

Tabla 39. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de sólidos solubles

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	16.233	4	4.058	20.292	.000
Intra-grupos	2.000	10	.200		
Total	18.233	14			

En la **tabla 41** se observan los resultados promedios de sólidos solubles expresados en °Brix, los cuales presentaron una variación con respecto al día cero. Al realizar la comparación de múltiple de Tukey se visualizó la formación de 3 grupos en los cuales está el que presentó el mayor valor promedio de sólidos solubles con el tratamiento T1; mientras que el que segundo grupo quedó conformado por el tratamiento T3 y el grupo que mostró los valores promedios más bajos con el uso de los tratamientos T2, T4 y T5.

Tabla 40. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de sólidos solubles

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	3	7.5000		
5	3	7.6667		
4	3	8.0000		
3	3		8.8333	
1	3			10.3333
Sig.		.658	.058	1.000

En el día 10 según lo indica la **tabla 43**, se mantiene un comportamiento similar con la conformación de 3 grupos. El valor de sólidos solubles va aumentando conforme va pasando el tiempo, sin embargo, con el tratamiento T1 se observa que aumenta el valor promedio de sólidos solubles, con respecto a los demás tratamientos.

Tabla 41. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de sólidos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	18.217	4	4.554	21.415	.000
Intra-grupos	2.127	10	.213		
Total	20.344	14			

Tabla 42. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de sólidos solubles

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	3	8.1667		
4	3	8.3333		
5	3	8.3333		
3	3		9.5000	
1	3			11.0667
Sig.		.991	.067	1.000

En el día 15 el comportamiento fue similar a los días 5 y 10 manteniéndose la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos (**tabla 44**). Se formaron tres grupos (**tabla 45**). A diferencia del ácido soluble este valor tiende a aumentar; estos resultados concuerdan con los obtenidos por Miranda *et al.*, (2014), quienes determinaron el efecto de dos recubrimientos aplicados a la papaya (*Carica papaya*) utilizando uno comercial y otro a base de almidón de yuca, donde se observó el aumento de este valor siendo el de menor valor promedio el obtenido con el recubrimiento comercial.

Tabla 43. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de sólidos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	19.451	4	4.863	39.912	.000
Intra-grupos	1.218	10	.122		
Total	20.669	14			

Tabla 44. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de sólidos solubles

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	3	8.8333		
5	3	9.1667		
4	3	9.2500		
3	3		9.9000	
1	3			12.0000
Sig.		.606	.149	1.000

Además de acuerdo a la norma INEN 2013, se establece que el número de sólidos solubles apto para el consumo es de 8,00. El tratamiento T2 obtuvo un valor de 8.83 y valores similares se obtuvo con los tratamientos T5 (9.16) y T4 (9.22). El que presentó el mayor valor de sólidos solubles (12,00) fue con el tratamiento T1 sin recubrimiento que se evidencia en la **figura 11**.

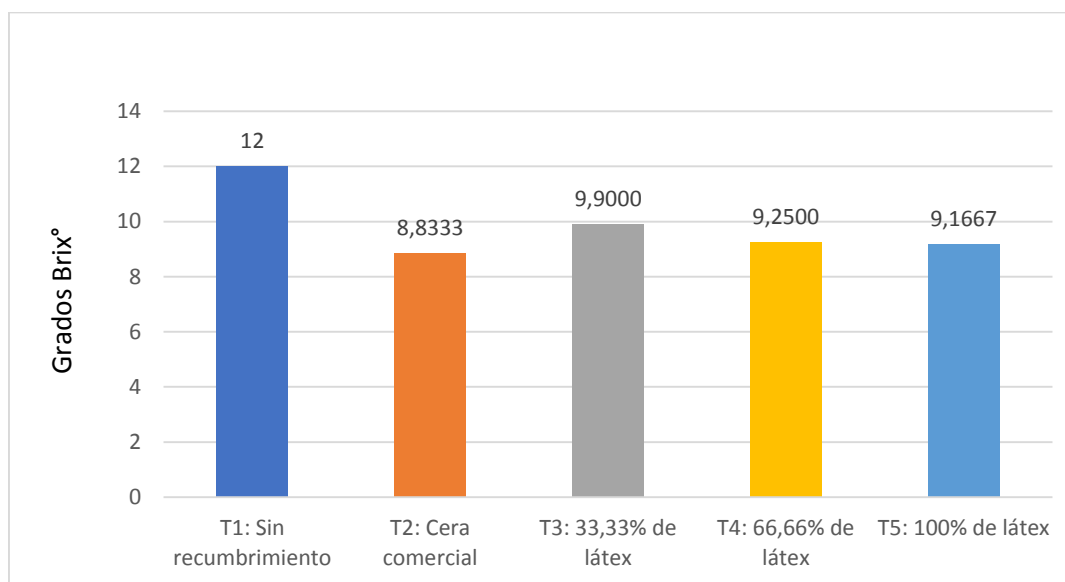


Figura 11. Resultados al día 15 de sólidos solubles
Elaborado por: Vicky Solórzano

El aumento de sólidos solubles según lo establecen Sánchez *et al.*, (2018), es debido a la degradación de azúcares simples. En su estudio se evidenció que las frutas, con recubrimiento, disminuyen la senescencia de la fruta, lo que concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación.

4.3.3. Índice de maduración

Se evidencia en las **tablas 46, 48 y 50**, los resultados del ANOVA para los días 5, 10 y 15 del experimento, respectivamente. En todas se observa una significancia $0,0000 < 0,05$, por lo que se determina que sí existen diferencias significativas en los valores promedios de índice de maduración con respecto a los tratamientos, se presenta el 5% de error y el 95% de confiabilidad.

Tabla 45. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de índice de maduración

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1625.527	4	406.382	29.830	.000
Intra-grupos	136.232	10	13.623		
Total	1761.759	14			

En la **tabla 47** se evidencian los valores promedios obtenidos del índice de maduración, mediante la prueba de Tukey, en el cual se observa que los tratamientos se dividieron en 3 grupos: un primer grupo formado por los tratamientos T2, T4 y T5; el segundo grupo integrado por el tratamiento T3 y el tercer grupo sólo el tratamiento T1. El valor promedio de índice de maduración se encuentra relacionado con los valores promedios de acidez y sólidos solubles, obteniéndose comportamientos similares a los mostrados con los parámetros anteriormente analizados. Para el día 5 se obtuvo mayor valor promedio con el tratamiento T1, mientras que los tratamientos T2, T4 y T5 son los que tienen menores valores, respectivamente.

Tabla 46. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de índice de

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	3	40.4733		
5	3	41.7867		
4	3	47.4833		
3	3		50.5500	
1	3			69.4167
Sig.		.214	.090	1.000

Tabla 47. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de índice de maduración

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3375.190	4	843.798	28.202	.000
Intra-grupos	299.193	10	29.919		
Total	3674.383	14			

En el día 10 (**tabla 49**) según lo establecido por la prueba de Tukey se mantiene el mismo comportamiento que el obtenido en el día 5; el valor de índice de madurez sigue aumentando.

Según Domene (2014), este valor es un parámetro importante ya que ayuda a precisar la calidad de la fruta, dado que determina el estado del fruto, valorando si está apto para la cosecha del mismo.

Tabla 48. Resultados de HSD de Tukey al día 10 del índice de maduración

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	3	46.0333		
5	3	50.7067		
4	3	50.7733		
3	3		66.4933	
1	3			86.7667
Sig.		.822	1.000	1.000

En el día 15 según lo indicado en la **tabla 51**, se mantiene el mismo comportamiento; el valor del índice de maduración sigue aumentando debido a que se encuentra en la etapa de maduración del producto.

Tabla 49. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de índice de maduración

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	9004.079	4	2251.020	76.694	.000
Intra-grupos	293.506	10	29.351		
Total	9297.585	14			

Tabla 50. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de índice de maduración

TRATA M	N	Subconjunto para alfa = .05		
		1	2	3
2	3	55.1400		
5	3	56.4700		
4	3	59.3033		
3	3		74.9000	
1	3			120.0967
Sig.		.874	1.000	1.000

Se evidencia que el tratamiento T2 presentó un menor valor promedio de maduración, el cual es el control. Sin embargo, dentro de este mismo grupo se encuentran también los tratamientos T4 y T5 que fueron considerados con el látex a concentraciones altas como son el 66.6% y el 100% respectivamente (**figura 12**).

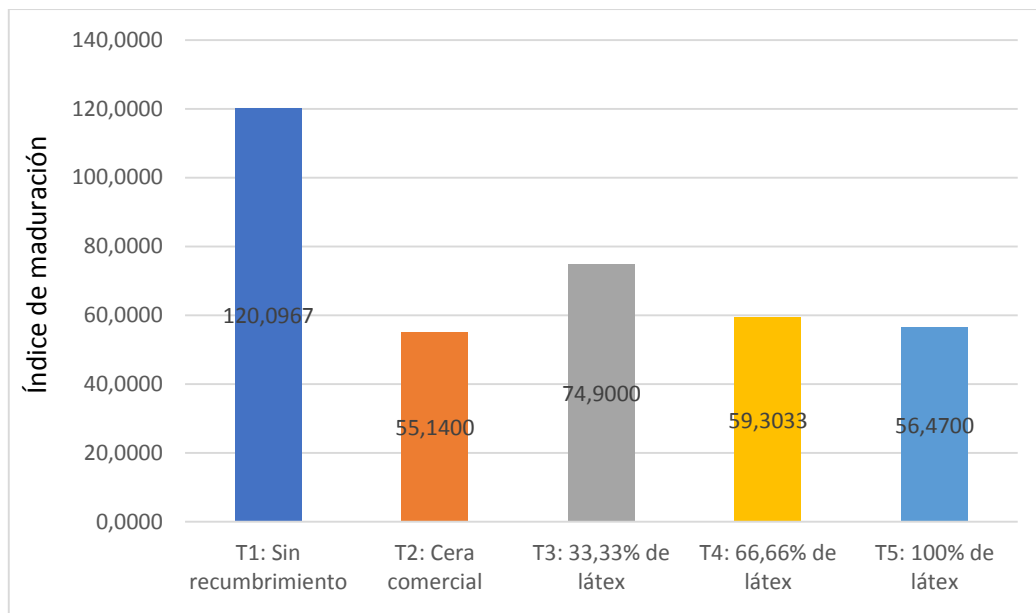


Figura 12. Resultados al día 15 de índice de maduración

Elaborado por: Vicky Solórzano

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Serrano *et al.* (2006), quienes utilizaron el Aloe Vera como recubrimiento para las cerezas, en el cual el índice de maduración fue menor en los frutos que contenía recubrimiento, debido a que retardan la tasa de respiración. Es por

ello que se afirma que el uso de recubrimientos comestibles retarda el proceso de maduración, lo que representa una gran ventaja ya que permite extender la vida útil de la papaya.

4.4. Evaluación microbiológica

4.4.1. Mohos y levaduras

Al realizar el análisis de las tablas ANOVA (**tablas 52, 54 y 56**), se observó que se mantiene la existencia de diferencias significativas entre los valores promedios del análisis microbiológico de mohos y levaduras con respecto a los tratamientos analizados y en los días analizados (días 5, 10 y 15). Para los tres días se obtuvo una buena significación $\text{Sig.}=0.000<0.05$ con un 95% de confiabilidad.

Tabla 51. Resultados del ANOVA obtenidos al día 5 de evaluación de mohos y levaduras

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	106666666.667	4	26666666.667	100.000	.000
Intra-grupos	2666666.667	10	266666.667		
Total	109333333.333	14			

El análisis de comparación múltiple de medias a través de la prueba de Tukey que se muestra en la **tabla 53**, señaló que los tratamientos se dividieron en 2 grupos: un primer grupo formado por los tratamientos T2, T3, T4 y T5 y un segundo grupo solamente integrado por el tratamiento T1. Esto significa que al día 5 de experimentación se evidenció la presencia de crecimiento microbiano en el tratamiento T1, el cual no tenía recubrimiento. Se realizó únicamente el análisis de mohos y levaduras, debido a que son los primeros microorganismos que afectan a la papaya. Los mejores tratamientos fueron T2, T3, T4 y T5 en los cuales no hubo presencia de microorganismos.

Tabla 52. Resultados de HSD de Tukey al día 5 de evaluación de mohos y levaduras

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
2	3	.00	
3	3	.00	
4	3	.00	
5	3	.00	
1	3		6666.67
Sig.		1.000	1.000

En el día 10 de experimentación el comportamiento fue similar, con la división de los tratamientos en 2 grupos. El tratamiento T1 continuó con el aumento de la carga microbiana, mientras que en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 no hubo crecimiento microbiano (**tabla 55**).

Tabla 53. Resultados del ANOVA obtenidos al día 10 de evaluación de mohos y levaduras

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	426666666.667	4	106666666.667	123.077	.000
Intra-grupos	8666666.667	10	866666.667		
Total	435333333.333	14			

Tabla 54. Resultados de HSD de Tukey al día 10 de evaluación de mohos y levaduras

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
2	3	.00	
3	3	.00	
4	3	.00	
5	3	.00	
1	3		13333.33
Sig.		1.000	1.000

En el día 15, tal como lo demuestra la **tabla 57**, el tratamiento T1 aumentó la carga microbiana, datos que concuerda con los análisis anteriores evaluados, debido a que este tratamiento no presentaba ningún recubrimiento porque se vuelve vulnerable al ataque de microorganismo, por lo que su textura disminuye volviéndose blando, mientras que los frutos recubiertos retardan la maduración y disminuye la actividad de agua, haciéndose menos susceptible al ataque de microorganismos.

Tabla 55. Resultados del ANOVA obtenidos al día 15 de evaluación de mohos y levaduras

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	516266666.667	4	129066666.667	101.895	.000
Intra-grupos	126666666.667	10	12666666.667		
Total	528933333.333	14			

Tabla 56. Resultados de HSD de Tukey al día 15 de evaluación de mohos y levaduras

TRATAM	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
2	3	.00	
3	3	.00	
4	3	.00	
5	3	.00	
1	3		14666.67
Sig.		1.000	1.000

En los tratamientos T3, T4 y T5 no existió crecimiento de hongos y levaduras (**figura 13**), esto puede atribuirse al látex de Sande, dado que se demuestra que el látex posee en su estructura, alcaloides y terpenos a quienes se les otorgan efectos anti fúngicos (Rivera, 2012).

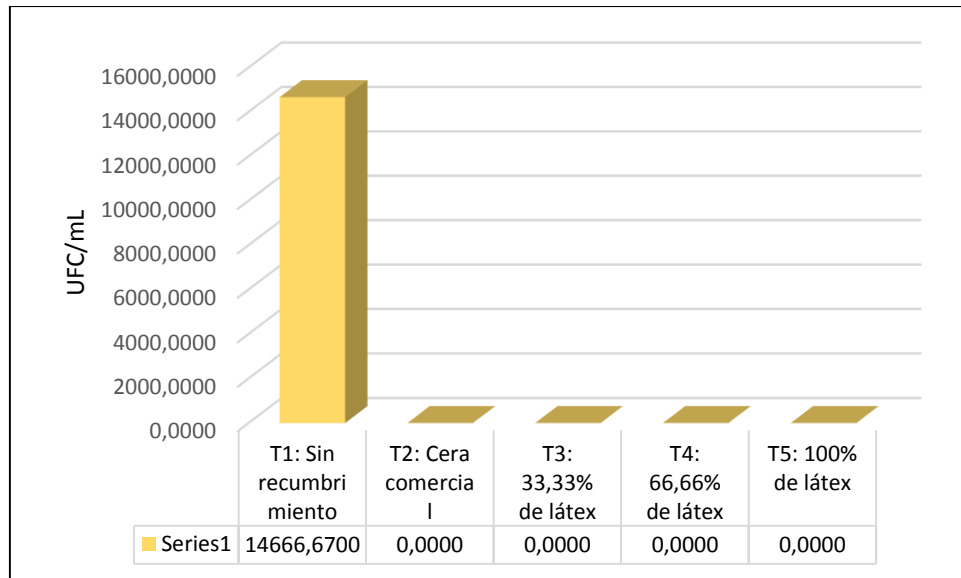


Figura 13. Resultados al día 15 de evaluación de mohos y levaduras
Elaborado por: Vicky Solórzano

De acuerdo a los resultados obtenidos se evidencia que el látex de Sande logró disminuir el proceso de maduración de la papaya, además de reducir considerablemente los daños causados por los patógenos, por lo cual puede ser considerada como una alternativa para extender la vida útil de la papaya.

CONCLUSIONES

- Del análisis citotóxico realizado se evidenció que el látex es inocuo, ya que no presenta riesgo de muerte celular; mientras que en el análisis microbiológico realizado al látex de Sande se mostró que no presenta mohos y levaduras. En cuanto a aerobios mesófilos se determinó que se encontraron en un rango aceptable y el recuento de coliformes totales estuvo fuera del rango.
- Con base a los resultados del análisis físico-químico y microbiológico de la papaya (*Carica papaya*), utilizando látex de Sande se obtuvo resultados positivos, presentando un retraso en la maduración de las papayas; al presentar al día 15 una mayor firmeza, menor pérdida de peso, mayor acidez, menor sólidos solubles e índice de maduración tanto en los tratamientos utilizados T4 (al 66.66% de látex) y T5 (al 100% de látex). El recubrimiento logró inhibir el crecimiento de mohos y levaduras.
- De acuerdo a las evaluaciones aplicadas a la papaya se determinó que el mejor tratamiento del látex de Sande fue al 100%, ya que el mismo se mostró como el mejor tratamiento en todos los análisis realizados.

RECOMENDACIONES

- Para evitar o reducir posibles contaminaciones en el látex de Sande, se recomienda utilizar envases estériles al momento de la extracción.
- Cuantificar la tasa de respiración de la Papaya (*Carica papaya*), debido que a través de este método se puede determinar la actividad metabólica, por lo que constituye un excelente indicador para determinar la vida útil.
- Realizar el análisis sensorial con panelistas entrenados ya que se obtienen resultados de aceptabilidad por parte del consumidor.
- Elaborar una formulación del recubrimiento aplicando otro tipo de agentes que permitan mejorar el recubrimiento.

BIBLIOGRAFIA

1. Acosta, K., Jiménez, A., Vinueza D., Abdo S. (2017). Evaluación in vitro de las actividades antibacteriana y antidermatófica del extracto alcaloidal del látex de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier. *Perfiles*. 18(2).), pp. 82-89. Ecuador. http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9372/1/per_n18_v2_09.pdf
2. Albertini, S. L. (2016). Effects of chemical treatments on fresh-cut papaya. *Food Chemistry*, 190, 1182-1189. doi:10.1016/j.foodchem.2015.06.038
3. Almeida, A.A., Pimentel, J.R., Souza, D.S., Oliveira, T.V., y Oliveira, M.D. (2011). Estudio de preservación de la papaya (*Carica papaya L.*) asociada a la aplicación de películas comestibles. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2 (1): 049-060. <http://oaji.net/articles/2017/4924-1495326952.pdf>
4. A.O.A.C. (2000). Official methods of Analysis. 16 th Edition. *Association of official Analytical Chemists*. Washington D.C; USA.
5. A.O.A.C. (2005). Official methods of Analysis. 16 th Edition. *Association of official Analytical Chemists*. Washington D.C; USA.
6. Ayala, L., Valenzuela, C., Bohorquez, Y. (2012). Efecto de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio y iones de calcio sobre la calidad de mora de castilla (*Rubus glaucus benth*). *Vitae*. 19(1), pp. S129-s131. Universidad de Antioquia Medellín, Colombia.
7. Barrera, E., Gil, J., Restrepo, M., Mosquera, K., Durang, D. (2015). A coating of chitosan and propolis extract for the postharvest treatment of papaya (*Carica papaya L. cv. Hawaiiiana*). *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, Volumen 68, Número 2, p. 7667-7678, 2015. ISSN electrónico 2248-7026. ISSN impreso 0304-2847. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n2.50982>

8. Barrera L, García L. (2018). Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium sp.* aislado de papaya (*Carica papaya*). *Revista Científica UDO Agrícola* ; 8:33-41
9. Bastidas, J. V. V., Zambrano, M. D., Abasolo-Pacheco, F., Saltos, L. G. P., Saltos, B. R. P., & Menéndez, M. C. M. (2017). Uso de ceras naturales como medio de conservación de banano (musa acuminata). *Biotecnia*, XIX(1). <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/362>
10. Bautista S., González R., Ramos, M. (2018). Propiedades físicas de las películas de quitosán con aceite esencial de limón y su impacto en la vida útil de los tomates (*Lycopersicon esculentum L.*) *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol. 17, No. 1 (2018) 1-11. Mexico. <http://www.rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1>
11. Bessa, R., L.H. Oliveira., D.A. Arraes., E.S. Batista., D.H. Nogueira., M.S. Silva., P.H. Ramos y A.R. Loiola. (2015). Filmes de amido e de amido/zeólita aplicados no recobrimento e conservação de goiaba (*Psidium guajava*). *Rev. Virtual Quím.* 7:2190-2201.
12. Castaño, N., Cárdenas, D., & Otavo, E. (2007). Ecología, aprovechamiento y manejo sostenible de nueve especies de plantas del departamento del Amazonas, generadoras de productos maderables y no maderables. Instituto Amazónico de Investigaciones científicas (SINCHI).
13. Ciro, H., O. Buitrago and S. Pérez. (2007). Estudio preliminar de la resistencia mecánica y a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. 60:3785-3796
14. Chiesa.A. (2010). Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la Lechuga. 29(69), 28-32. Obtenido de Avances en Horticultura

15. Dehghani, S., Hosseini, S.V., Regenstein, J.M. (2017). Edible films and coatings in seafood preservation: A review. *Food Chemistry* doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.034>
16. Domene, M., y Segura, M. (2014). Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. *Cajamar* (Vol. 005). pp.2-10. Adalucía-España. <https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/005-calidad-interna-1410512030.pdf>
17. Dussán-Sarria, Saúl, Ramírez-Yela, Jorge I, & Hleap-Zapata, Jose I. (2017). Conservation of Fresh-Cut Mango using an Edible Coating based on Avocado Oil. *Información tecnológica*, 28(3), 67-74. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000300008>.
18. Falguera, V., Quintero, P., Jiménez, A., Muñoz, A., Ibarz, A. (2011). Edible films and coatings: Structures, active function and trends in their use. *Trends in Food Science & Technology*. 22:292-303
19. Fernández., Daybelis; Bautista., Silvia; Fernández., Dayvis; Ocampo., Arturo; García., Annia, y Falcón., Alejandro. (2015). Eatable films and coverings: a favorable alternative in the postharvest conservation of fruits and vegetables. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57. Recuperado en 29 de abril de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000300008&lng=es&tlng=en.
20. Fernández, M., Echeverría, N., Mosquera, A., y Paz, P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134-141. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)134-141](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)134-141)

21. Gaibor, D. (2013). Determinación de la actividad gastroprotectora de savia de Sande (*Brosimum utile*) en ratas (*Rattus norvegicus*) con lesiones gástricas inducidas. Riobamba: Tesis Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
22. García, M. (2010). Guía técnica del cultivo de la papaya. El Salvador. pp.5-36
23. García, M., Espinoza, V., López, M., Basurto, R., García, Y., Lavayen, E. (2017). Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (*Pyrus communis L. cv. "Bosc"*) .*La Técnica*, ISSN 1390-6895, ISSN-e 2477-8982, N°. Extra 2 (Edición Especial 2017), 2017, págs. 42-53 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6230436>
24. Guédez, C., Cañizalez, L., Avendaño, L., Scorza, J., Castillo, C., Olivar, R., Méndez, Y., y Sánchez, L. (2014). Actividad antifúngica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis L.*) sobre hongos postcosecha en frutos de lechosa (*Carica papaya L.*). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 34(2), 81-87. Recuperado en 01 de mayo de 2019, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562014000200007&lng=es&tlng=es.
25. Instituto Ecuatoriano de Normalización (1986). NTE INEN 0389: Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ión hidrógeno (pH), Pub. L. No. NTE INEN 0389. Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.
26. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). NTE INEN 2788: Norma para la papaya (CODEX STAN 183-1993, MOD), Pub. L. No. NTE INEN 2788 Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.
27. Instituto Ecuatoriano de Normalización (2013). NTE INEN-ISO 2173: Productos vegetales y frutas - determinación de sólidos solubles - método refractométrico (*IDT*), Pub. L. No. NTE INEN-ISO 2173 Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.

28. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). NTE INEN-ISO 750: Productos vegetales y de frutas - determinación de la acidez titulable (IDT), Pub. L. No. NTE INEN-ISO 750 Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.
29. Jian Ju, Yunfei Xie, Yahui Guo, Yuliang Cheng, He Qian & Weirong Yao (2018). Application of edible coating with essential oil in food preservation, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, DOI: [10.1080/10408398.2018.1456402](https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1456402).
30. Juárez, R., Isela E. (2013). Carica papaya: una planta con efecto terapéutico. *Horizonte Sanitario*, 12 (2), pp. 35-36 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Villahermosa, México <http://www.redalyc.org/pdf/4578/457845144004.pdf>
31. Khairul, E., Stanley, R., Netzel, M., & Fanning, K. (2015). Phytochemicals of papaya and its traditional health and culinary uses—a review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, pp. 201-211
32. Kester, J. J y Fennema, O.R. (1986). Edible films and coatings: a review, *Food Technol.*, 40(12), 47
33. López, D., Cuatin, L., Andrade, J., Osorio, O. (2016). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Acta Agronómica* [en línea] 2016, 65 [Fecha de consulta: 02 de abril del 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169945826003>> ISSN 0120-2812
34. Martínez, M., Balois R., Alia, I., Cortes, M., Palomino, Y., y López, G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(spe19), 4075-4087. <https://dx.doi.org/10.29312/remexca.v0i19.674>
35. Mercado, J., Guzmán, I., García, J., Salinas, Rosa., Báez, R. Efecto del recubrimiento con ceras comestibles en frutos de papaya (*Carica papaya L.*) sobre su calidad durante

- el almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 15, núm. 1, 2014, pp. 31-40. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, S.C.Hermosillo, México
36. Miranda, A., Alvis, A., Arrazola, G. (2014). Efectos de dos recubrimientos sobre la calidad de la papaya (*Carica papaya*) variedad tainung. *Temas Agrarios*. 19. 7. 10.21897/rta.v19i1.721.
37. Mokrzycki, Wojciech y Tatol, Maciej. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*. 20. 383-411
38. Muñoz, Ana et al. Conservación de uchuva (*Physalis peruviana*) mediante la aplicación de un recubrimiento a base de quitosano y áloe vera, utilizando el método de aspersión. *Informador Técnico*, [S.l.], v. 81, n. 1, p. 86-94, jun. 2017. ISSN 2256-5035. doi:<https://doi.org/10.23850/22565035.722>.
39. Oliveir, J.G. y Vitória, A.P. (2011) Papaya: caracterización nutricional y farmacológica, y pérdida de calidad debido a trastornos fisiológicos. Una visión general. *Food Res Int* 44 (5): 1306–1313. *Food Research International* <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.035>
40. Pavón - Vargas, D., y Valencia - Chamorro, S. (2016). Efecto de recubrimientos comestibles compuestos a base de goma tara en la calidad poscosecha de frutilla (*Fragaria ananassa*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17 (1), 65-70.
41. Petit-Jiménez, D., Terán, y., Rojas, B., Salinas-Hernández, R., García-Robles, J., Báez-Sañudo, R. (2010). Efecto de las ceras comestibles sobre la calidad en frutos de papaya. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. [Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81315093006>> ISSN 1665-0204.

42. Pino Pérez, O., y Jorge Lazo, F. (2010). Ensayo de Artemia: útil herramienta de trabajo para ecotoxicólogos y químicos de productos naturales. *Revista de Protección Vegetal*, 25(1), 34-43. Recuperado en 05 de marzo de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522010000100008&lng=es&tlng=es.
43. PROECUADOR. (2015). Estudio introductorio de la papaya al mercado de Estados Unidos. https://issuu.com/jocpepejose/docs/papaya_usa_introductorio_pro_ecuad
44. Ramírez, Q., Jhon, D., Aristizábal, T., Iván, D., Restrepo F. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. *Vitae*, 20(3), 172-183. Retrieved may 01, 2019, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042013000300003&lng=en&tlng=es.
45. Ramos, G., Margarita L; Romero, C.; Bautista.,S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 19(1). Asociación Iberoamericana de Tecnología .Postcosecha, S.C., México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81355612003>.
46. Rashid, M., Grout, B., Continella, A., & Mahmud, T. (2015). Low-dose gamma irradiation following hot water immersion of papaya (*Carica papaya linn.*) fruits provides additional control of postharvest fungal infection to extend shelf life. *Radiation Physics and Chemistry*, 110, pp. 77-81.
47. Rivera-Parada L. (2013). Caracterización fitoquímica, farmacéutica y alimenticia de Papa culebrera india (*Dracontium spruceanum* (Schott) G.H.Zhu, Araceae) y Sande (*Brosimum utile* (Kunth) Oken, Moraceae) del Jardín Botánico de Plantas Medicinales del CEA de CORPOAMAZONIA, Mocoa, Putumayo. Corporación para el Desarrollo

Sostenible del Sur de la Amazonia CORPOAMAZONIA. Obtenido de:
<http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Investigaciones/Caracterizacion.pdf>

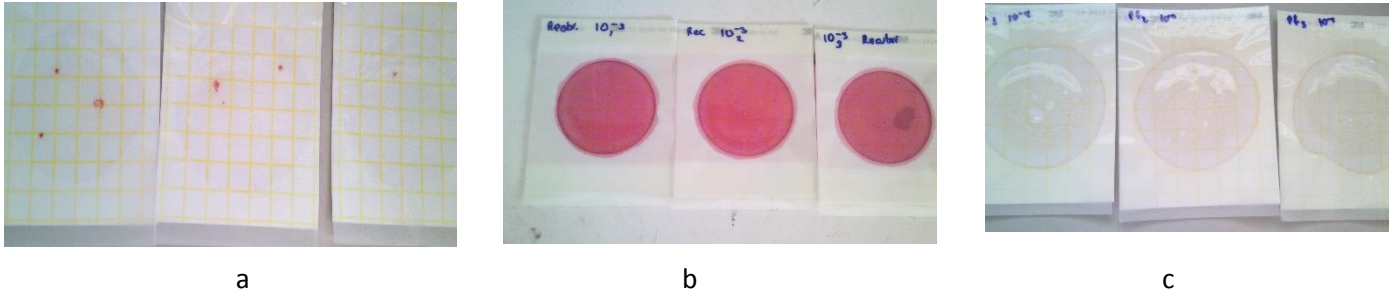
48. Sánchez, M.A., Aguilar, E., Camacho, I.L., Vega, M.O., Calderón, A. (2018). Efecto de recubrimientos comestibles elaborados con almidones extrudidos sobre cambios de calidad y respiración en papaya (*Carica papaya L.*) mínimamente procesada. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* Vol. 3. 258-263.
<http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/3/44.pdf>
49. Saduño B y Baez M. (2011). La Calidad Poscosecha de la Papaya Mexicana. El manejo integral del cultivo de papaya en México, un acercamiento innovador. Proyecto Interinstitucional SAGARPA-2011-163213. México. Obtenido de:
http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/29_articulosdivulgacion/5497.pdf
50. Sandoval, K., Ávila, D., Hernández, T. (2017). Estudio del mercado de papaya mexicana: un análisis de su competitividad (2001-2015). *Suma de Negocios*. 8(18), pp.131-139.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215910X17300241>
51. Serrano, M., J.M. Valverde, F. Guillén, S. Castillo, D. Martínez-Romero y D. Valero. 2006. Use of Aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes. *J. Agric. Food Chem.* 54: 3882-3886.
http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh195/42_45.pdf
52. Soliva, C. y Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelflife of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology* 14(2), 341-353.
[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(03\)00054-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(03)00054-2)
53. Trejo, A., Ramos, A., Pérez, C. (2007). Efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de gelatina sobre la calidad de fresa (*Fragaria Vesca L.*) almacenada en refrigeración. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y

Agroexportaciones. Cartagena, España: Grupo Postrecolección y Refrigeración UPCT; p. 978-984.

54. Torrenegra A, Miladys, León M, Glicerio, Matiz M, German, Pájaro C, Nerlis, & Sastoque G, Judith. (2016). Evaluación de un biorecubrimiento comestible a base de almidón de ñame modificado. *Revista chilena de nutrición*, 43(3), 284-289. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000300008>
55. Villamón, D., Sapper, M., Giné-Bordonaba, J., Chiralt, A., Palou, L., Teixidó, N., Torres, R., Pérez-Gago, M.B. (2018). Selección de recubrimientos comestibles para extender la vida útil de manzana y pera. *Frutas y hortalizas: Innovación en pre- y postcosecha* (pp. 130-132). Badajoz, España. <http://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/6128/Villam%C3%B3n%20et%20al%20Badajoz%202018.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

ANEXOS

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



Fotografía 1. Cajas Petrifilm. a) Mesófilos aerobios; b) Coliformes totales; c) Mohos y levaduras.



Fotografía 2. a) Peachímetro, b) Larvas de *Artemia Salina*

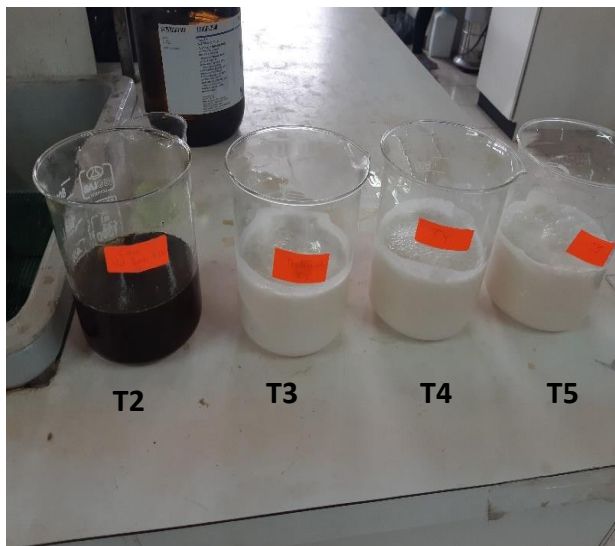


a



b

Fotografía 3. Frutos de Papaya (*Carica papaya*) lavados y desinfectados



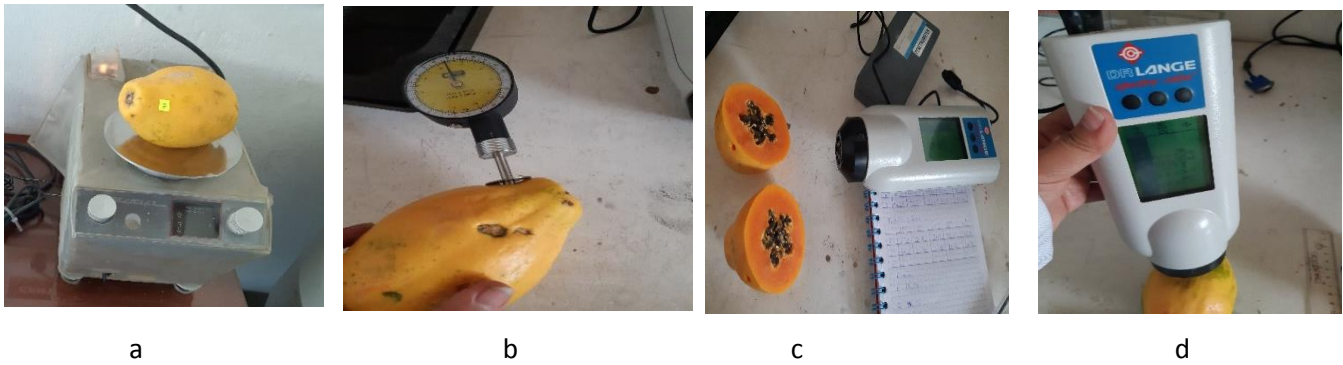
a



b

Fotografía 4. a) Tratamientos utilizados de recubrimientos T2: Cera comercial; T3: Látex de Sande a concentración del 33.3%; T4: Látex de Sande a concentración del 66.6%; Látex de Sande a concentración del 100%.

b) Papayas recubiertas con látex de Sande al 66.6%



Fotografía 5. a) Balanza; b) Texturometro; c) y d) Colorímetro



Fotografía 6. a) Refractómetro; b) Equipo de Titulación



a



b

Fotografía 7. a) Diluciones de las muestras de papaya
b) Siembra en las cajas petrifilm para mohos y levaduras



Fotografía 8. Papayas al día 5



Fotografía 9. Papayas al día 10



Fotografía 10. Papaya al día 15