



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL
ECUADOR
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL**

**EFFECTO PROTECTOR DE LA PECTINA CÍTRICA Y ALMIDÓN
DE YUCA COMO BIOPOLÍMERO APLICADO EN BANANO
(*Musa acuminata*) PARA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES
POSTCOSECHA**

ING. GÉNESIS DEL ROCÍO BUCARAM LARA

**GUAYAQUIL, ECUADOR
2022**

SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Director **CERTIFICO QUE:** he revisado el Trabajo de Titulación, denominada: **EFFECTO PROTECTOR DE LA PECTINA CÍTRICA Y ALMIDÓN DE YUCA COMO BIOPOLÍMERO APLICADO EN BANANO (*Musa acuminata*) PARA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES POSTCOSECHA**, el mismo que ha sido elaborado y presentado por la estudiante, **Ing. Génesis del Rocío Bucaram Lara**; quien cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador para este tipo de estudios.

Atentamente,

Ing. Joaquín Teodoro Morán Bajaña PhD.
Director de Tesis

Guayaquil, 24 de mayo de 2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
SISTEMA DE POSTGRADO UNIVERSIDAD AGRARIA
DEL ECUADOR

**EFFECTO PROTECTOR DE LA PECTINA CÍTRICA Y ALMIDÓN DE YUCA
COMO BIOPOLÍMERO APLICADO EN BANANO (*Musa acuminata*) PARA
PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES POSTCOSECHA**

ING. GÉNESIS DEL ROCÍO BUCARAM LARA

TRABAJO DE TITULACIÓN

**APROBADA Y PRESENTADA AL CONSEJO DE POSTGRADO
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

MAGÍSTER EN SANIDAD VEGETAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Carrera Maridueña Mariela PhD.
PRESIDENTE

Blgo. Martínez Valenzuela Gustavo PhD.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Navarrete Alexandra MSc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ing. Moran Bajaña Joaquín PhD.
EXAMINADOR SUPLENTE

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta nueva etapa de mi vida, agradezco a Dios por brindarme la valentía y sabiduría para poder enfrentar este nuevo reto profesional. Sin su bendición esto no hubiera sido posible.

Un sincero y respetuoso agradecimiento a mi padre Dr. Jacobo Bucaram Ortiz, quien es mi más grande ejemplo de esfuerzo y dedicación. Gracias por confiar en mi capacidad académica y permitirme subir este peldaño tan significativo para mi vida profesional. Es tan gratificante para mí poder contar con su presencia y apoyo incondicional.

De igual manera quiero agradecer a mi hermana Lcda. Beatriz Bucaram Leverone de Amador por ser parte fundamental para lograr alcanzar esta meta. Su cariño, preocupación y entrega hacia mí se quedarán guardados en mi corazón.

Agradezco a mi tutor de tesis, Dr. Joaquín Teodoro Morán Bajaña, por guiarme de forma acuciosa y persistente durante el proceso de titulación, y sobre todo por compartir sus conocimientos sin restricción, permitiendo enriquecer nuestra mente de ciencia.

Durante el periodo de clases, conocí personas que al poco tiempo se convirtieron en grandes amigos. Me llena de orgullo haber pertenecido a un grupo tan selecto de profesionales sin etiqueta, que mostraron su parte más humana ante todos.

DEDICATORIA

Durante el trayecto de mi vida he aprendido muchas cosas, sobre todo a valorar cada instante y cada persona que ha formado parte en cualquier momento de ella. Este proyecto de titulación va dedicado a Dios principalmente, quien ha sido mi fortaleza en todo momento.

A mi padre, por ser una pieza fundamental, le dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a su ayuda absoluta.

A mis hijas Camila y Javiera, quienes son mi mayor motivación para salir adelante ante cualquier adversidad. Por Uds. doy absolutamente todo, les dedico esta nueva meta cumplida con el amor más grande que una madre puede brindar.

A mi esposo Javier Jurado, por su paciencia y colaboración durante todo el proceso. Este título es de ambos, mi amor hacia ti por siempre.

A mi Abuelito Rafael Lara, a mi hermana Stephanie Fajardo y a mi tía Diana Lara y demás familiares por llenarme de amor, fortaleza y apoyo desde siempre. Han sido mi sostén en épocas de declive, les dedico mi empeño y corazón.

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad, derecho de la investigación, resultados, conclusiones y recomendaciones que aparecen en el presente Trabajo de Titulación corresponden exclusivamente al Autor/a y los derechos académicos otorgados a la Universidad Agraria del Ecuador.

Ing. Génesis del Rocío Bucaram Lara

0940367345

RESUMEN

Se ha expresado que la pectina cítrica junto con el almidón de yuca puede funcionar como recubierta de protección de alimentos. Se planteó una investigación cuyo objetivo fue: Evaluar el efecto protector de la pectina cítrica y almidón de yuca como biopolímero aplicado en banano para prevención de enfermedades postcosecha. Mediante un diseño completamente al azar DCA integrado por cuatro tratamientos: 50 % pectina-50 % almidón, 25 % pectina-75 % almidón, 75 % pectina-25 % almidón y un testigo sin biorrecubierta y cuatro repeticiones. Se realizó el anova y la comparación de medias mediante el test de Duncan ($p_{0.05}$). Los tratamientos no presentaron crecimiento de mohos y levaduras antes y después de recubrir la fruta. Los grados brix en los frutos de banano no presentaron significancia estadística en los días 1 y 2. Al final del experimento en el día 29 el T3 alcanzó los 21.93° brix, superando a los demás excepto al testigo que se deterioró. El pH del biorrecubrimiento presentó significancia entre los tratamientos con valor de 2.66 el que fue superior a los demás. La densidad del biorrecubrimiento para todos los tratamientos fue estadísticamente similar. No se presentó contaminación por mohos y levaduras. Se concluyó que los bananos recubiertos tienen un tiempo de vida de anaquel de 29 días. Se acepta la hipótesis: Al menos uno de los biopolímeros elaborados a partir de pectina cítrica en combinación con distintas concentraciones de almidón de yuca, presenta un adecuado efecto protector.

Palabras claves: *biorrecubierta, grados brix, levaduras, mohos, pH*

SUMMARY

It has been expressed that citrus pectin together with cassava starch can function as a food protection coating. An investigation was proposed whose objective was: To evaluate the protective effect of citrus pectin and cassava starch as a biopolymer applied in bananas to prevent post-harvest diseases. Through a completely randomized DCA design composed of four treatments: 50% pectin-50% starch, 25% pectin-75% starch, 75% pectin-25% starch and a control without biocoating and four repetitions. The anova and comparison of means were performed using Duncan's test ($p < 0.05$). The treatments did not present growth of molds and yeasts before and after covering the fruit. The brix degrees in the banana fruits did not present statistical significance on days 1 and 2. At the end of the experiment on day 29, T3 reached 21.93° brix, surpassing the others except the control that deteriorated. The pH of the biocoating presented significance between the treatments with a value of 2.66, which was higher than the others. Biocoat density for all treatments was statistically similar. There was no contamination by molds and yeasts. It was concluded that the coated bananas have a shelf life of 29 days. The hypothesis is accepted: At least one of the biopolymers made from citrus pectin in combination with different concentrations of cassava starch, has an adequate protective effect. Keywords: biocoat, brix degrees, yeasts, molds, pH

Keywords: *biocoat, ° brix, yeasts, molds, pH*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	14
Caracterización del Tema.	14
Planteamiento de la Situación Problemática.	15
Justificación e Importancia del Estudio.	15
Delimitación del Problema.....	16
Formulación del Problema.	16
Objetivos.	16
Objetivo General:	16
Objetivos Específicos:	16
Hipótesis o Idea a Defender.....	17
Aporte Teórico o Conceptual.....	17
Aplicación Práctica.....	17
CAPÍTULO 1	18
MARCO TEÓRICO	18
1.1. Estado del Arte	18
1.2. Bases Científicas y Teóricas de la Temática.....	22
1.2.1 Biopolímeros	22
1.2.2 Tipos de biopolímeros	22
1.2.3 Biodegradación	23
1.2.4 Pectina	23
1.2.4.1 Tipos	24
1.2.4.2 Fuente	24
1.2.4.3. Función	25
1.2.4.4. Composición	25
1.2.5. Almidón	25
1.2.5.1. Tipos	25
1.2.5.2. Fuente.....	26
1.2.5.3. Usos.....	26
1.2.5.4. Composición.....	26
1.2.6. Glicerina	27
1.2.6.2. <i>Tipos</i>	27
1.2.6.3. <i>Fuente</i>	27

1.2.6.4. <i>Función</i>	27
1.2.6.5. <i>Composición</i>	28
1.2.7. Propiedades químicas de los polisacáridos empleados	28
1.2.8. Pudrición de corona.....	28
1.3. Fundamentación Legal.	29
CAPÍTULO 2.....	31
ASPECTOS METODOLÓGICOS	31
2.1. Métodos.....	31
2.1.1. Modalidad y Tipo de Investigación.....	31
2.2. Variables.	31
2.2.1. Variable Independiente.....	31
2.2.2. Variables Dependientes.	31
2.3. Técnicas de Recolección de Datos.....	31
2.4. Estadística Descriptiva e Inferencial.	33
2.5. Diseño Experimental.....	33
RESULTADOS	35
DISCUSIÓN.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFÍA CITADA.....	43
APÉNDICE	49
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1. Distribución por tamaño de hectáreas de banano en el Ecuador.....	59
Anexo N° 2. Exportaciones de banano por año (2017).....	59
Anexo N° 3. Distribución por tamaño de hectáreas de banano en el Ecuador.....	59

ÍNDICE DE APÉNDICES

Gráfico 1. ° Brix de los bananos tratados	57
Gráfico 2. Densidad de los recubrimientos.....	57
Gráfico 3. pH de los recubrimientos	58
Gráfico 4. Recepción de la fruta	60
Gráfico 5. Elaboración del recubrimiento.....	60
Gráfico 6. Recubrimientos (T1, T2, T3)	61
Gráfico 7. Bananos recubiertos	61
Gráfico 8. Bananos recubiertos - día 7	62
Gráfico 9. Bananos recubiertos - día 14.....	62
<i>Gráfico 10. Bananos recubiertos - Día 29</i>	63
Gráfico 11. Preparación de muestras para análisis microbiológico.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquema del análisis de varianza	33
Tabla 2. Formulación de los tratamientos.....	34
Tabla 3. Resultados de análisis microbiológico (mohos y levaduras)	35
Tabla 4. Resultados de análisis de ° Brix de los bananos biorrecubiertos con pectina cítrica y almidón de yuca.....	36
Tabla 5. Resultados de análisis de pH del biorrecubrimiento de pectina cítrica y almidón de yuca.....	37
Tabla 6. Resultados de análisis de densidad del biorrecubrimiento	37
Tabla 7. Resultados de análisis de análisis microbiológico para determinación de vida útil.....	38
Tabla 8. Análisis de varianza de ° Brix - Día 1	49
Tabla 9. Análisis de varianza de ° Brix - Día 3	50
Tabla 10. Análisis de varianza de ° Brix - Día 7	51
Tabla 11. Análisis de varianza de ° Brix - Día 14.....	52
Tabla 12. Análisis de varianza de ° Brix - Día 22.....	53
Tabla 13. Análisis de varianza de ° Brix - Día 29.....	54
Tabla 14. Análisis de varianza de pH del biorrecubrimiento	55
Tabla 15. Análisis de varianza de densidad del recubrimiento	56

INTRODUCCIÓN

La utilización de recubrimientos comestibles, elaborados a base de productos orgánicos ha sido una nueva alternativa ecológica que ha frenado el empleo de polímeros sintéticos, evitando el deterioro ambiental, por lo cual se ha promovido desde hace algunos años el uso de estas tecnologías modernas que están en constante investigación (Vásquez y Briones et al, 2014).

De acuerdo a diversos ensayos en el que se han empleado diferentes formulaciones para la elaboración de recubrimientos de fácil degradación elaborados a partir de materia orgánica tales como lípidos y almidón, se ha demostrado el impacto positivo sobre el medio ambiente, el cual ha logrado la disminución potencial del uso plásticos convencionales (Bengtsson et al., 2003).

El sector bananero ha sido parte fundamental de la historia social y económica del país. Gracias a las cifras favorables relacionadas a la exportación de banano se han fortalecido las bases del desarrollo del capitalismo en el país. Luego del boom petrolero, la perspectiva ecuatoriana ante los clientes internacionales mejoró y permitió un crecimiento estable en los años posteriores (El Comercio, 2016). Las alteraciones que sufre el banano luego de ser cosechado están relacionadas intrínsecamente a las etapas de su desarrollo fisiológico. Asimismo, existe una variación en el tiempo en el que el banano cumple su maduración de acuerdo al tiempo de la cosecha, donde existe cambios en las características organolépticas y fisicoquímicas debido a la presencia de microbios que producen enfermedades en la poscosecha (Cayón et al., 2000).

La podredumbre de la corona es una de las principales poscosecha del banano, causada por un complejo de hongos de alrededor 32 especies. Se caracteriza por generar reblandecimiento y necrosis a los tejidos de la corona. Los hongos más comunes aislados de este complejo son *Verticillium theobromae*, *Nigrospora shaerica*, *Cladosporium spp.*, *Acremonium spp.*, *penicillum spp*, *Aspergillus spp.*, y algunas especies de *Fusarium*. La propagación de la enfermedad es aleatoria, puede presentarse en diferentes cajas de banano de exportación (Hurtado, 2016).

Caracterización del Tema.

De acuerdo con los estudios de las enfermedades poscosecha que pueden

presentarse en banano, se realizó un estudio de carácter investigativo experimental para determinar si existe la disminución de podredumbre de la corona y cicatriz del pedúnculo por parte de las distintas formulaciones de recubrimiento a aplicar, los cuales tienen como finalidad impedir la proliferación de microorganismos patógenos en los sustratos (bananos).

Planteamiento de la Situación Problemática.

El tiempo aproximado para la degradación de productos plásticos es de 500 años, por lo que erradicarlos necesita un proceso complicado a un alto costo. Por ello se ha identificado a la sobreproducción de productos poliméricos como el principal contribuyente al deterioro ambiental (Valero et al., 2013).

Investigaciones realizadas para lograr la adecuada conservación del planeta mediante la elaboración de recubiertos comestibles a partir de varios tipos de desechos provenientes de la agroindustria, indican que pueden ser utilizados para preservar la calidad de los productos alimenticios ya sean frescos o procesados, para alargar el tiempo de vida de anaquel.

Entre enero y febrero del 2022 la exportación de banano fue predominante, en relación a la caída de los meses posteriores ocasionado por el conflicto entre Rusia y Ucrania, a donde llegaba el 25 % de la fruta de origen ecuatoriano, la cual era desechada y no tenía un adecuado tratamiento poscosecha (Primicias, 2022).

En el Ecuador la productividad de banano no puede ser aprovechada en su totalidad, debido a las distintas enfermedades poscosechas tales como la pudrición de la corona y la cicatriz del pedúnculo, ocasionadas por la presencia de diversas cepas fúngicas, las cuales originan una disminución de la producción total en el sector bananero. (Ordóñez, 2005).

Justificación e Importancia del Estudio.

El empleo de pectina cítrica para la formulación de recubiertos comestibles, es considerada una nueva propuesta en la agroindustria para la conservación de características fisicoquímicas y organolépticas de frutas y vegetales, a los polímeros elaborados comúnmente con almidón de yuca, maíz o papa, puede ser direccionado a incentivar consumo de coberturas de degradación rápida (Alarcón,

2014).

La pectina cítrica aporta propiedades elásticas y gelificantes, confiriendo la textura adecuada para recubrir las frutas fácilmente. Recientes estudios orientados a la producción de cubiertas de fácil degradación, indican que las mismas van a tener un tiempo de degradación corto por acción de diferentes agentes (Rubio et al, 2012).

Se considera a los biopolímeros como cubiertas de toxicidad baja que permiten un mayor tiempo de vida útil, mejor calidad, conservación de características organolépticas y disminución de proliferación de patógenos de los alimentos que se desean recubrir, permitiendo un mayor aprovechamiento de la producción de la fruta generando aumento de ganancias económicas (Guerreros, 2017).

Delimitación del Problema.

El ensayo fue realizado en los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador campus Guayaquil. El estudio tuvo una duración de 5 meses desde septiembre hasta febrero del 2022.

Formulación del Problema.

¿Cuál sería la influencia de la pectina cítrica junto con el almidón de yuca como recubierta de protección del fruto de banano?

Objetivos.

Objetivo General:

Evaluar el efecto protector de la pectina cítrica y almidón de yuca como biopolímero aplicado en banano (*Musa acuminata*) para prevención de enfermedades poscosecha.

Objetivos Específicos:

Evaluar la incidencia de mohos y levaduras en los bananos tratados.

Identificar el tratamiento que otorga la mejor acción protectora por medio de análisis fisicoquímicos

Establecer la vida útil del tratamiento con mejor efecto protector en base a la normativa ecuatoriana en la sección pertinente

Hipótesis o Idea a Defender.

Al menos uno de los biopolímeros elaborados a partir de pectina cítrica en combinación con distintas concentraciones de almidón de yuca, presenta un adecuado efecto protector.

Aporte Teórico o Conceptual.

La investigación permitió desarrollar conceptos relacionados con el uso de la pectina cítrica y el almidón de yuca como recubierta protectora del fruto de banano brindándole la capacidad de tener mayor duración como fruta inhibiendo o retardando la presencia y desarrollo de microorganismos patógenos y enfermedades respectivamente.

Aplicación Práctica.

Una vez concluida la investigación se demostró que la pectina cítrica y el almidón presentan condiciones funcionales de protección del fruto de banano, pudiendo servir para evitar la presencia y desarrollo de enfermedades poscosecha.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Estado del Arte

Bello-Lara *et al* (2016), realizaron una investigación enfocada en reducir la pérdida de frutos luego de la cosecha mediante el empleo de cubiertas comestibles utilizando materias primas poco comunes tales como mucílago y pectina de nopalitos con quitosano. En el que determinaron el efecto que ejercen los biopolímeros en concentraciones de 0.5, 1 y 1.5 % respectivamente aplicados por la técnica de inmersión en aguacate 'Hass'. Luego de la inmersión procedieron a almacenar los frutos de aguacate por un lapso de 10 días a 6 ± 2 °C y posteriormente 10 días a 22 ± 2 °C, con la finalidad de crear condiciones similares a las de exportación. Las variables evaluadas durante el proceso de investigación estuvieron relacionadas a la pérdida de masa (%), firmeza (kgf), ° Brix y color. De acuerdo a los resultados obtenidos, reportaron que los aguacates 'Hass' tratados con la biopelícula mostraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) en relación a la pérdida de peso, con la biopelícula conformado por 6.61 % de mucílago y 5.78 % pectina; firmeza con recubrimiento de pectina a 1.5 % (3.04 kgf); color y SST en pectina 8.0 y 8.05 ° Brix (1 y 1.5 %, respectivamente). El tiempo de vida útil de los aguacates tratados fue de 20 días.

Solano-Doblado, Alamilla-Beltrán y Jiménez-Martínez (2018) realizaron una síntesis investigativa de diferentes estudios relacionados al desarrollo de recubrimientos comestibles que pueden ser empleados en el sector hortícola del país y evaluaron el efecto de las cubiertas en productos frescos y con mínimo procesamiento.

Ortega y Aparicio (2020), elaboraron recubrimientos a partir de lípidos, proteínas y carbohidratos complejos. Por medio del cual, indican que el quitosano es obtenido mediante un proceso de desacetilación a partir de la quitina. La quitina es uno de los polímeros que se encuentran en gran magnitud en la naturaleza, después de la celulosa. Debido a la composición química del quitosano, su biodegradación es más acelerada y tiene la propiedad de formar películas. Gracias a sus características es aplicado en alimentos potencialmente perecederos como frutas, verduras, carnes, etcétera. De acuerdo a la investigación, han determinado que este tipo de productos confiere un carácter polifuncional, antimicrobiano,

antioxidante e, incluso, mejoran su calidad organoléptica y nutricional.

Moles (2020), optimizó la técnica de extracción de FPSE para la determinación de compuestos no volátiles presentes en la migración de biopolímeros basados en ácido poliláctico. Durante la investigación se evaluó la migración de los compuestos no volátiles procedentes de una mezcla de PLA-poliéster en productos alimenticios y zumos de frutas. De acuerdo a lo expuesto por (Moles, 2020):

“Los ensayos realizados mostraron que los compuestos que migraban en el simulante y en el zumo eran similares, siendo los oligómeros cíclicos procedentes del poliéster de naturaleza no renovable los que presentaban una mayor concentración. Se observó también migración de oligómeros provenientes del PLA, tanto con estructura cíclica $[LA]_n$, siendo LA, el ácido láctico; como con estructura lineal $HO-[LA]_n-H$, debidos a la hidrólisis del polímero en contacto con simulantes acuosos. Este hecho refleja la eficacia de los simulantes para recrear la migración de los compuestos químicos del material de envase al alimento”.

Artega y Guerra (2020), obtuvo un biopolímero a partir de alginato de calcio que sirvió como recubrimiento para banano con la finalidad de alargar el tiempo de vida útil. Se realizó la caracterización fisicoquímica del material obtenido, además se evaluó el efecto ocasionado por la adición de un agente lipofílico, y la influencia del uso del recubrimiento biopolímero en las características organolépticas del banano. Durante el desarrollo de la metodología se determinó que la adición del aceite esencial de árbol de té no supuso una variación significativa en las características y propiedades de la película, solo le añadió un olor fuerte típico del aceite. Por lo que, a partir de los resultados preliminares se establecen como parámetros de formación de las películas trabajar con: soluciones de alginato al 2 % P/V con adición de glicerina al 1,25%P/V y solución de cloruro de calcio al 2,5 % P/V. El alginato de sodio en solución con cloruro de calcio es considerado como excelente materia prima para la producción de películas comestibles, gracias a la disposición uniforme de la solución que se realiza con una metodología sencilla de forma rápida que garantiza el efecto protector en la fruta.

Alarcón y Arroyo (2016), obtuvieron biopolímeros a partir del almidón de papa modificado con ácido acético al 5 %, constituido por 61,76% de amilosa y 38,28% de amilopectina. La caracterización del recubrimiento indica que el almidón modificado tiene una mejor propiedad mecánica. De igual manera, elaboraron películas similares adicionando goma xanthan y quitosano en diferentes formulaciones con la finalidad de mejorar las elasticidad y textura del bioplástico. Mediante pruebas de elongación y tracción realizadas obtuvieron valores del 33%

y 8,47 N, respectivamente, las espectroscopias de infrarrojo y Uv-Vis realizadas a los biopolímeros muestran picos característicos de celulosa y una buena transmitancia del 87%, confirmando el efecto positivo de las materias primas empleadas.

Arrieta *et al.* (2018), desarrollaron distintas mezclas de recubrimientos a base de almidón con sorbitol o glicerina (plastificantes), los cuales fueron analizados para determinar el porcentaje de absorción que tienen los recubrimientos mediante análisis gravimétricos. Elaboraron una cubierta de característica absorbente, y estable a los factores ambientales empleando diferentes porcentajes de almidón, sorbitol, gliceraldehído y glicerina. El porcentaje de amilosa y amilopectina obtenido en la caracterización del almidón de yuca fue de 20.28 % y 79.72 % respectivamente, considerados altamente satisfactorios, siendo similares a los valores que se reportan en diferentes bibliografías. El empleo de plastificantes en la elaboración de biopelículas le confieren propiedades absorbentes e influyen en las propiedades mecánicas. De acuerdo a sus resultados, indican que el sorbitol y la glicerina actuaron como agentes humectantes con agua, obteniendo una cubierta más resistente en condiciones de almacenamiento y manipulación, evitando el rompimiento o agrietamiento de la misma. De acuerdo al porcentaje de plastificantes empleados, se consideró factor influyente en la determinación del porcentaje de absorción de humedad, resultando con mayor absorción de humedad la película con 5 g de glicerol con (48.66 %, muestra 9S), contradictoriamente la película con 5 g de sorbitol (34.63 %, muestra 9G).

Blanco *et al.* (2017), realizaron películas amigables con el medio ambiente, con la finalidad de disminuir la contaminación de distintos hábitats. Los polímeros fueron elaborados a base de almidón de yuca modificado y pectina, obteniendo como resultado películas lisas, flexibles de bajo peso y de textura plástico transparente; concluyendo que dicho proceso empleado es viable y factible en cuanto a mejorar las propiedades de las biopelículas termoplástica con características ideales para ser utilizadas como cubiertas de alimentos.

Jávaga *et al.* (2019), evaluaron recubrimientos a base de alcohol polivinílico y almidón de papa con adición de carvacrol emulsionado para obtener mejores propiedades antifúngicas. Emplearon análisis para determinar la densidad superficial de los sólidos, disminución de peso, efectividad antifúngica y evolución de la fruta. De acuerdo a los resultados obtenidos indicaron que las cubiertas

activas con carvacrol no aportaron un efecto eficaz sobre las propiedades mecánicas ni sobre la fisiología metabólica de la manzana de la fruta, lo que pudo estar relacionado a la baja viscosidad y por ende densidad superficial baja. Mientras tanto, indicaron que la aplicación de los recubrimientos fue altamente efectiva contra el crecimiento de *Botrytis cinérea* en las formulaciones con mayor contenido en carvacrol.

Cornejo *et al.*, (2020), desarrollaron una alternativa sostenible enfocada en la elaboración de cubiertas plásticas para recubrir alimentos, aprovechando cultivos como papa y yuca con alto porcentaje de almidón, modificándolos para obtener almidón con características termoplásticas y moldeable. La finalidad de la investigación fue disminuir el consumo de plásticos derivados del petróleo que generan altas emisiones de gases tóxicos y daños a la biodiversidad.

Guerreros (2017), emplearon almidón de papa, maíz y quitosano en la elaboración de una película biodegradable que otorgue mayor tiempo de vida útil del aguacate., su investigación fue realizada en el área experimental de Fisiología postcosecha de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Agustín. Luego de los análisis realizados a la cubierta a base de almidón de papa y maíz determinaron que dichas materias primas permiten a alargar la vida de anaquel de los alimentos manteniendo la calidad. Las películas elaboradas con almidón de maíz aportaron mejores características.

Ramos-García, Romero-Bastida y Bautista-Baños (2018), en su trabajo de investigación que detalla sobre las propiedades de los recubrimientos comestibles sobre la conservación de frutas y hortalizas frescas, define que el empleo de almidones modificados en el recubrimiento de frutas, disminuyen en gran porcentaje la tasa de respiración, lo que brinda un mayor tiempo de vida útil y mejor conservación de sus propiedades nutricionales y de las características organolépticas.

Por otro lado, Anaya-Esparza *et al.* (2020) sumergió diferentes frutas en varias concentraciones de quitosano, en el cual obtuvo como resultado aparición tardía del pico climatérico en plátano principalmente, y una disminución considerable de la tasa de respiración.

Trela (2022), recubrió tres especies diferentes de frutas (quinoto, mora y carambola) con películas de almidones acetilados, con la finalidad de analizar el comportamiento durante un determinado tiempo de conservación a temperaturas

de refrigeración. Se consideró satisfactorio el empleo de las películas en quinoto y carambola, ya que se mantuvo el porcentaje de sólidos solubles durante un lapso de tiempo, sin embargo, en las moras recubiertas la aplicación no fue favorable.

Rosero y Villa (2021), recubrieron alimentos de IV y V gama con una película a base de maíz y banano, reportando ausencia de bacterias en fresas y uvas, evidenciando la efectividad de su película comestible.

Uscocovich (2021), en su película de quitosano en diferentes proporciones aplicado en banano, indica que el T3 y T4 presentan menor cantidad de crecimiento de mohos y levaduras, demostrando la incidencia del porcentaje de quitosano sobre la presencia de mohos y levaduras.

1.2. Bases Científicas y Teóricas de la Temática.

1.2.1 Biopolímeros

Los biopolímeros se pueden dividir en 2 grandes grupos, los que están constituidos por recursos renovables y a su vez son degradables que cumplen con las especificaciones de las normas reconocidas científicamente para biodegradabilidad y compostables de plásticos y productos plásticos. El segundo grupo de biopolímeros no están elaborados en su totalidad con materias primas renovables, ya que su biodegradación está basada en la descomposición de la estructura química (Valero-Valdivieso, Ortegón y Uscategui, 2013).

Las paredes protectoras o bioplástico constituidos a partir de biopolímeros como proteínas, polisacáridos o grasas, tienen potenciales beneficios como protección y conservación de los alimentos durante el almacenado.

En la actualidad se conocen cuatro fuentes de biopolímeros naturales entre ellos destacan: los de origen animal (colágeno), origen marino (quitina/quitosano), origen agrícola (lípidos y grasas e hidrocoloides: proteínas y polisacáridos) y origen microbiano (ácido poliláctico y polihidroxialcanoato) (Agro Waste et al, 2015).

1.2.2 Tipos de biopolímeros

Los biopolímeros pueden ser clasificados en dos tipos, los que se originan de organismos vivos, y los que son originados por síntesis de recursos renovables (Tang *et al*, 2012).

Biopolímeros originados de organismos vivos:

- origen proteico como queratina, colágeno, gluten de maíz, gluten de trigo, proteínas de leche, entre otros.
- Polisacáridos, entre estos se encuentran derivados de la celulosa, quitosano, alginatos, pectinas, entre otros.
- De origen lipídico los cuales pueden ser ceras, monoglicéridos, ácidos grasos.
- Biopolímeros sintetizados de un recurso renovable:
- Ácido poliláctico (PLA): de origen agrícola, con alto contenido de almidón.
- Polihidroxialcanoatos (PHA): es un poliéster que procede como subproducto del metabolismo de las bacterias (Cruz-Morfin, 2013).

1.2.3 Biodegradación

La descomposición de materiales orgánicos (biopolímeros) ocasionada por varios factores ambientales o por acción de microorganismos, se denomina biodegradación. Como resultado la degradación del plástico orgánico se obtienen diminutas partículas ocasionadas por la ruptura de enlaces en la cadena principal. La degradación de un plástico es compleja debido a la baja solubilidad en agua y al tamaño de los polímeros, por lo que resulta complejo que los microorganismos encargados del deterioro no puedan ser capaces de transportar a sus células el material polimérico que permitan efectuar los procesos bioquímicos, por lo que excretan enzimas que despolimerizan el material fuera de las células. Mediante el proceso de desintegración de los polímeros se obtiene como resultado: agua, CO₂, metano (biodegradación anaerobia) y materia orgánica (Valero-Valdivieso *et al*, 2013).

1.2.4 Pectina

La pectina es un carbohidrato complejo de origen natural, también denominada polímero, extraída de plantas terrestres. Su estructura es parecida al almidón y la celulosa. Se descubrió durante el siglo XVIII. Tiene la capacidad de formar geles en la solución donde se agregue. La pectina está ubicada en espacios intercelulares de los tejidos de origen vegetal, encontrándose principalmente en frutos cítricos y en manzanas. La cadena de este polímero se encuentra unida por enlaces beta en medio de unidades ácido D-galacturónico, unido mediante enlaces

glucosídicos, donde los grupos carboxilos que se encuentran esterificados se los denomina grupos metoxilos. La pectina tiene alto peso molecular (Ambrogio, Piovano, Guntero, Ferreti, Mancini y Kneeteman, 2019).

El porcentaje de pectina en la fruta está relacionada directamente al grado de madurez, la cual puede ser comercializada en polvo o en estado líquido. Debido a sus propiedades se lo clasifica con un agente gelificante (Serrat-Díaz, De la Fé-Isaac, De la Fé-Isaac, Montero-Cabrales, 2018).

1.2.4.1 Tipos

De acuerdo a la esterificación de los grupos carboxilos (metoxilo) se pueden distinguir dos tipos de pectinas, los que presentan baja presencia de ácidos poligalacturónicos, y otro donde las moléculas de ácido poligalacturónico no se encuentran esterificados (Moreno, Gutiérrez, Gutiérrez y Sánchez, 2020).

Los dos tipos de pectina presentan comportamientos diferentes por los que se las denomina como:

- Pectinas de bajo índice de metoxilo (PBM): Sus grupos metoxilos están menos del 50 % esterificados con metanol, forman geles en productos con bajo porcentaje de azúcares.

Pectinas de alto índice de metoxilo (PAM): se indica que más del 50 % de sus grupos carboxilos presentan esterificación junto al metanol. Estas a su vez se clasifican en pectinas de carácter gelificantes lento y rápido. Las pectinas de gelificación rápida pueden tardar en gelificar menos de 5 minutos y su esterificación con el metanol es del 68 y 75 %, mientras que las de gelificación lenta tardan más de 5 minutos en formar geles, debido a que su grado de esterificación con el metanol es del 60 y 68 %. Las pectinas de alto metoxilo pueden formar geles en productos que contienen más del 55 % de azucares con un porcentaje de pectina del 0,3 al 0,5 % (Anaya, Ortega-Quintana, Vélez-Hernández y Pérez-Sierra, 2018).

1.2.4.2 Fuente

Las sustancias pécticas son de alta importancia y se encuentran en gran cantidad. Mientras los frutos no hayan alcanzado la maduración fisiológica se podrá obtener mayor de pectina, principalmente en los frutos de tejidos suaves, como en la cáscara de naranja, limón, toronja, lima, peras, manzanas, entre otros. (Ambrogio *et al.*, 2019).

El porcentaje de pectina extraído de la cáscara de frutos cítricos es del 20-35 %, pulpa de manzana (10-15 %), remolacha (10-20 %) (Chasquibol *et al.*, 2008).

1.2.4.3. Función

Gracias al porcentaje de metoxilos de la pectina obtiene la propiedad de formar geles acuosos en soluciones y ciertos productos procesados, siendo considerada una fuente de fibra dietética y como un ingrediente funcional. Debido a su característica gelificante es considerada en la industria para mejorar la textura de mermeladas, jaleas, entre otros. Además, es utilizado como espesante, estabilizante y emulsificante en la elaboración de ciertos productos lácteos, salsas y mayonesas, aportando viscosidad (Chaparro *et al*, 2015).

Este polímero en la actualidad es utilizado para aportar mejores propiedades mecánicas a cubiertas comestibles de alimentos gracias a las propiedades gelificantes, elásticas y antimicrobianas que presenta (Alarcón y Arroyo, 2016).

1.2.4.4. Composición

Las pectinas son polisacáridos complejos, constituida por ácido galacturónico (ramnogalacturonano I (RGI) y homogalacturonano (HG)), los cuales son los componentes de la cadena principal de la pectina (Almagro, 2015).

Aproximadamente la es 65 % de la estructura de la pectina es de homogalacturonano, siendo el constituyente mayoritario (Serrat-Díaz *et al*, 2018)

Las moléculas de ácido galacturónico se encuentran unidas mediante enlaces glucosídicos α -D-(1,4), donde los grupos carboxílicos se encuentran esterificados con metilos (Anaya *et al*, 2018).

1.2.5. Almidón

El almidón es un producto que es utilizado en diferentes campos de la agroindustria, debido a que aporta diferentes propiedades al momento de ser empleado, incidiendo en la consistencia y textura de los alimentos. Por otro lado, los diferentes tipos de almidón también son considerados para la fabricación de gomas, papel y cubiertas degradables (Villarreal, Gómez, Vera y Torres, 2018).

1.2.5.1. Tipos

Según diversos factores intrínsecos del proceso que ha sido utilizado para su preparación o de las características que éste presente, se los ha clasificado como:

- Almidón rápidamente digerible: estos almidones tienen la capacidad de ser digeridos con facilidad y están presente en alimentos que contienen fécula cocida, como la papa y el pan.
- Almidón lentamente digerible: es denominado almidón crudo, debido a que presenta una estructura cristalina. Se digieren lentamente y se encuentran presente en cereales.
- Almidón resistente: denominado como fibra dietética y es resistente a la hidrólisis (Salazar-Acosta, 2018).

Almidón de yuca: el almidón de yuca está conformado por un gran contenido de amilosa, presentando una composición diferente a los que son obtenidos de cereales o de otros tubérculos como la papa que presentan mayor contenido de amilopectina. Son utilizados para aportar en la consistencia, viscosidad, estabilidad a variaciones de pH y temperatura, dispersión, gelificación de algunos alimentos (Alcocer, Ocaña, Balcázar y González, 2018).

1.2.5.2. Fuente

Los cereales, tubérculos, frutas, diferentes raíces, gran cantidad de leguminosas. El peso seco de alguno de ellos puede llegar a estar representado del 60 al 70 % por almidón (Martínez, Peña, Gómez, Vargas y Velezmoro, 2019).

1.2.5.3. Usos

El almidón cumple un papel de gran relevancia en la textura de diferentes productos elaborados, permitiendo que sea más aceptable y confiere una mejor palatabilidad. En la industria es utilizado en el desarrollo de caramelos, chicles, estabilizador, emulsificante, espesante, agente coloidal, aglutinante, elaboración de películas comestibles, etc. (Ramos-García *et al.*, 2018).

1.2.5.4. Composición

La estructura del almidón está representada por una mezcla de amilopectina y amilosa, que tienen características iguales. La estructura de la amilosa es lineal, mientras que la estructura de la amilopectina es ramificada.

La amilopectina es el principal constituyente de la mayoría de los almidones,

conformado por α -D-glucosa. Las ramificaciones de la amilopectina contienen 20 a 30 unidades glucosídicas

La amilosa presenta algunas ramificaciones que no interfieren en la conducta hidrodinámica de la molécula (Arbizu, 2021).

De acuerdo a la fuente de donde se extrae el almidón el tamaño de los gránulos varía. Siendo más grandes los que provienen de raíces y tubérculos de forma esféricos a diferencia de los obtenidos de cereales que son más pequeños (Martínez *et al.*, 2019).

1.2.6. Glicerina

La glicerina es un polialcohol, también denominado 1,2,3-trihidroxiopropano o glicerol, que presenta en su estructura una cadena policarbonada de tres átomos de carbono y tres grupos hidroxilos (Betancourt, 2016).

La glicerina es un compuesto higroscópico, soluble en alcoholes y agua, es altamente flexible, capaz de formar enlaces de hidrógeno intra e intermoleculares (Lafuente *et al.*, 2017).

1.2.6.2. Tipos

Se pueden encontrar comercialmente tres tipos de glicerina de acuerdo a su grado de pureza.

- Glicerina grado técnico: adecuada para aplicaciones de tipo industrial.
- Glicerina cruda: producto del proceso de transesterificación en la producción de biodiesel.
- Glicerina refinada: usada para cosméticos, farmacéuticos y alimentos. (Posada-Duque *et al.*, 2010).

1.2.6.3. Fuente

Actualmente la producción de glicerol en un 70 % se lo obtiene como subproducto en la formación de biodiesel. Se encuentra formando parte de aceites, grasas animales y vegetales (Lafuente, 2017)

1.2.6.4. Función

Sirve como humectante, disolvente, emoliente, lubricante. Se lo utiliza en la

fabricación de productos destinados al aseo personal como pastas de dientes, jabones, enjuagues bucales. Es considerada como sustancia segura para el consumo de los humanos desde el año de 1959 (Lafuente, 2017).

1.2.6.5. Composición

El glicerol no cuenta con ningún carbono asimétrico, ni presenta estereoisometría, pasa a ser el carbono 2 un carbono asimétrico si se esterifican los grupos oxidrilos de los carbonos 1 y carbono 3 con sustituyentes diferentes, por lo que se denomina una molécula proquiral (Lafuente, 2017).

1.2.7. Propiedades químicas de los polisacáridos empleados

El almidón presenta características termoplásticas, siendo muy resistente a altas temperaturas. El almidón que contenga mayor cantidad de amilosa, lo hace más estable y flexible.

La pectina tiene altas propiedades plastificantes al igual que el almidón, debido a sus características químicas. La pectina es un polisacárido aniónico conformado por b-1,4-D- ácido galacturónico residual, la misma puede ser de dos tipos ya sea de bajo metoxilo (LMP) o alto metoxilo (HMP). La pectina de alto metoxilo, es conocida como un plastificante de alta calidad, la misma que al ser combinada con almidón que tenga en su composición molecular un alto contenido de amilosa, brindan a los bioplásticos una mayor flexibilidad y estabilidad, haciéndola estable a temperaturas por encima de los 180°C. Otros estudios indican la mezcla de pectina con glicerol, para la formación de películas biodegradables. Debido a que la pectina es un compuesto altamente soluble, es utilizado para la elaboración de diferentes sistemas médicos, así como también es considerada para el procesamiento de bolsas plásticas, con buena estabilidad. (Villada *et al*, 2007).

1.2.8. Pudrición de corona

Los síntomas de la pudrición de la corona del banano se manifiestan en la poscosecha. Esta enfermedad, causada por patógenos acarreados desde las plantaciones, en restos florales, brácteas y en el banano en sí, es considerada el principal problema sanitario en la poscosecha de esta fruta en todo el mundo.

Estos patógenos, llamados de heridas, poseen escasa capacidad parasitaria

ya que necesitan de una vía de entrada, como las heridas y daños en la piel de los frutos y en la corona de las manos para iniciar el ataque.

Entre estos agentes se destacan los géneros *Colletotrichum spp.*, *Fusarium spp.*, *Geotrichum spp.*, *Gliocladium spp.*, *Penicillium spp.*, *Alternaria alternata*, *Cladosporium spp.*

La enfermedad se inicia con un reblandecimiento de los tejidos superficiales en los restos del raquis y en la corona. El daño puede avanzar hasta afectar a los pedicelos e incluso a los dedos individuales, y en casos más graves, la pudrición penetra profundamente en los dedos, que pueden llegar a desprenderse de la corona y alcanzar la pulpa perdiéndose la totalidad del fruto (Scribano y Garcete, 2016).

1.3. Fundamentación Legal.

Según el acuerdo N°019 del Ministerio del Ambiente, se establece:

Que, el artículo 14 de la constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados;

Que, el numeral 2 del artículo 278 de la Constitución de la República del Ecuador, señala que para la consecución del buen vivir, a las personas y a las colectividades, y sus diversas formas organizativas les corresponde, producir, intercambiar y consumir bienes y servicios con responsabilidad social y ambiental;

Que, el inciso tercero del artículo 408 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que el Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad;

Que, el objetivo 7, 8 y 11 del Buen Vivir, Plan Nacional para el 2013-2014, incluye expresas políticas, metas, estrategias alineadas con el Consumo y Producción Sustentable, al garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable;

Que, el literal c) del artículo 4 del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, señala como uno de sus fines principales: el fomentar la producción nacional, comercio y consumo sustentable de bienes y servicios, con responsabilidad social y ambiental, así como su comercialización y uso de tecnologías ambientalmente limpias de energías alternativas;

Que, el artículo 232 del Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, establece, que se entenderán como procesos productivos eficientes el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto; adoptadas para reducir los efectos negativos y los daños en la salud de los seres humanos y del medio

ambiente. Estas medidas comprenderán aquellas cuyo diseño e implementación permitan mejorar la producción, considerando el ciclo de vida de los productos así como el uso sustentable de los recursos naturales;

Que, el numeral 2.14 de la Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos de Sólidos no Peligrosos del Libro VI Anexo 6 del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental, establece los criterios para el manejo de los desechos sólidos no peligrosos, desde su generación hasta su disposición final, en dicha Norma los plásticos son considerados como desechos sólidos de barrido de calles.

Que, el literal c del numeral 4.4.5 de la Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición Final de Desechos Sólidos no Peligrosos del Libro VI Anexo 6 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, identifica a plásticos limpios como desechos reciclables.

Que, el artículo 163 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, dispone que los desechos peligrosos deben ser envasados, almacenados, y etiquetados, como es el caso de plásticos en contacto o que hayan contenido productos considerados como peligrosos.

En el uso de las atribuciones conferidas por el Artículo 154 numeral 1 de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el Artículo 17 del Estatuto de Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva.

Según el acuerdo N°019 del Ministerio del Ambiente, acuerda: EXPEDIR LAS POLÍTICAS GENERALES PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE PLÁSTICOS EN EL ECUADOR

Art. 1.- El presente acuerdo Ministerial tiene como objeto introducir cambios fundamentales en la forma de consumir de las ecuatorianas y los ecuatorianos y en las formas de producción del sector plástico del país, mediante el fomento de: producción más limpia, eficiencia energética, responsabilidad social; bajo el principio de prevención y responsabilidad extendida.

Instar en sus diferentes etapas de producción y consumo, a la reducción de los residuos, al incremento en la producción de materiales con la reutilización de residuos y el reciclaje de materiales que no dañen el ambiente o que al menos reduzcan su incidencia y permanencia en el entorno natural.

Art. 2.- Las siguientes políticas generales para la producción, consumo, acondicionamiento y tratamiento de plásticos, serán de aplicación nacional para todos los integrantes de la cadena de producción y consumo de plásticos, así como para aquellos encargados de su tratamiento o disposición final bajo consideraciones técnicas.

Según el acuerdo N°019 del Ministerio del Ambiente, TITULO II: DE LA PRODUCCION DE PRODUCTOS PLÁSTICOS

Art. 4.- Se debe fomentar a nivel nacional la investigación, transferencia de tecnología y desarrollo de bioplásticos y plásticos degradables, así como la conformación de laboratorios certificados para verificar que los materiales (polímeros) y aditivos impulsores de la degradación, no afecten al ambiente, por lo que, las entidades de educación superior, institutos de investigación en ciencia y tecnología, y organismos públicos y privados, pueden invertir en este tipo de estudios y proyectos para producción de bioplásticos y plásticos degradables en el Ecuador (MAE, 2014. p, 1-9).

-

CAPÍTULO 2

ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1. Métodos.

El método empleado para obtener la información fue de tipo teórico porque incluyó un análisis de las publicaciones ya existentes sobre el tema propuesto, así como se matizó con el componente inductivo-deductivo, por otra parte, se recurrió al método científico con los componentes empírico-experimental, así como hipotético-deductivo para el planteamiento del experimento.

2.1.1. Modalidad y Tipo de Investigación.

De acuerdo a la característica de este estudio, la modalidad fue básicamente cuantitativa con datos originados en un ensayo de laboratorio, de allí que se definió como de tipo experimental. Además, obtuvo una primera fase de tipo exploratoria que permitió ajustar las concentraciones de los biopolímeros utilizados en el experimento.

2.2. Variables.

2.2.1. Variable Independiente.

La variable independiente o factor de estudio de este ensayo estuvo representada por un biopolímero a base de pectina cítrica y almidón de yuca.

2.2.2. Variables Dependientes.

Propiedades físico-químicas del biopolímero (pH, acidez)

Incidencia de los patógenos en los bananos tratados

Calidad microbiana (pre y post)

Tiempo de vida útil y la evolución del banano con la cubierta biopolimérica

2.3. Técnicas de Recolección de Datos.

Propiedades fisicoquímicas del biopolímero

- **pH:** esta variable se midió en las tres formulaciones del biopolímero a base de pectina cítrica y almidón de yuca antes de recubrir los bananos, mediante la técnica descrita en la norma INEN ISO 1842:2013:

o Equipos

- pH-metro, con una escala graduada en 0.05 unidades de pH o

preferentemente menor.

- Procedimiento

Productos espesos o semi espesos y productos de los cuales es difícil separar el líquido (por ejemplo jarabes, mermeladas, purés, jaleas, etc.). Mezclar una parte de la muestra de laboratorio y molerla, si es necesario, en un mezclador o mortero, si el producto obtenido todavía es muy espeso, añadir una masa equivalente de agua destilada y si es necesario, mezclar bien con un mezclador o mortero.,

- **Densidad:** esta variable también se valoró en las formulaciones de biopolímero propuestas en la tabla 1. En este caso, se empleó la técnica basada en la diferencia de volumen/peso.

- Equipos

Vaso de precipitación, de capacidad de 250ml

Balanza analítica

Calidad microbiana (pre y post)

El análisis para determinar la calidad microbiana se realizó en base a la norma NTE INEN 1 529-10:98 (Métodos de análisis para control microbiológico), con modificaciones a los 5, 10, 15 y 20 días de evaluación.

Esta norma indica el método para cuantificar el número de unidades propagadoras de mohos y levaduras en un gramo o centímetro cúbico de muestra.

Se basa en el cultivo de las unidades propagadoras de mohos y levaduras a una temperatura entre 25 °C y 28 °C, utilizando placas 3M Petrifilm rápida para recuento de mohos y levaduras.

- Materiales y métodos de cultivo

La vidriería debe resistir esterilizaciones repetidas y todo el material debe estar perfectamente limpio y estéril.

- Placas 3M Petrifilm Rápida para recuento de mohos y levaduras.
- Pipetas serológicas de boca ancha de 1; 5 y 10 cm³ graduadas en 1/10 de unidad.

- Preparación de la muestra

Preparar la muestra según su naturaleza, utilizando uno de los procedimientos indicados en la NTE INEN 1 529-1

- Procedimiento

Realizar el procedimiento indicado en la Norma NTE INEN 1 529-10:98

- Tiempo de vida útil

El análisis de determinación de tiempo de vida útil se realizará mediante análisis fisicoquímicos (° Brix, acidez y pH), empleando las técnicas descritas anteriormente. La evaluación de este parámetro será a los 0, 5, 10, 15 y 20 días.

2.4. Estadística Descriptiva e Inferencial.

Para el análisis de los datos experimentales se empleó el ANOVA como herramienta y se utilizó el Software Infostat (versión estudiantil) para procesar los resultados con una significancia del 5 % ($p < 0.05$). La comparación de medias se realizó mediante el test de Duncan. El modelo de ANOVA que se aplicó, siguiendo el diseño experimental propuesto y considerando cuatro repeticiones, se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Esquema del análisis de varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total (tr-1)	15
Tratamientos (t-1)	3
Error experimental t(r-1)	12

Elaborado por: La Autora, 2022

2.5. Diseño Experimental.

El experimento se desarrolló, considerando la modalidad de las variables de respuesta, bajo un diseño completamente al azar DCA integrado por cuatro tratamientos (tabla 2) y cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo representada por un clúster de banano, formado por 5 a 7 bananos, los que recibieron el recubrimiento biodegradable. El experimento tuvo una duración de 5 meses, los bananos se mantuvieron a temperatura ambiente comprendida entre 24 y 30 ° C aproximadamente.

Tabla 2. Formulación de los tratamientos

Formulación	Niveles			
	M 1	M 2	M 3	Testigo
% Pectina cítrica	50,00	75,00	25,00	0 %
% Almidón de yuca	50,00	25,00	75,00	0 %

Elaborado por: La Autora, 2022

RESULTADOS

Los tratamientos no presentaron crecimiento de mohos y levaduras antes y después de recubrir la fruta, tal como se observa en la tabla 3 y 4 a continuación.

Tabla 3. Resultados de análisis microbiológico antes de la cobertura (mohos y levaduras)

No.	Tratamientos	Unidades	Resultados
1	50 % pectina, 50 % almidón)	UFC/g	<10
2	(25 % pectina, 75 % almidón)	UFC/g	<10
3	(75 % pectina, 25 % almidón)	UFC/g	<10
4	Testigo	UFC/g	<10

Elaborado por: La Autora, 2022

Tabla 4. Resultados de análisis microbiológico después de la cobertura (mohos y levaduras)

No.	Tratamientos	Unidades	Resultados
1	50 % pectina, 50 % almidón)	UFC/g	<10
2	(25 % pectina, 75 % almidón)	UFC/g	<10
3	(75 % pectina, 25 % almidón)	UFC/g	<10
4	Testigo	UFC/g	<10

Elaborado por: La Autora, 2022

Identificar el tratamiento que otorga la mejor acción protectora por medio de análisis fisicoquímicos

Los resultados del análisis de los grados brix (° Brix) que se presentan en la tabla 5, realizados a los frutos de banano recubiertos como al testigo (sin recubierta) presentaron significancia estadística. Este análisis se lo realizó desde el primer día con la biopelícula y luego al tercero, séptimo, décimo cuarto, vigésimo segundo y vigésimo noveno día.

El valor de los ° Brix no presentó significancia en el día 1, no obstante, el T3 (3.83) superó numéricamente a los demás tratamientos.

En el día 3, se pudo observar significancia entre los tratamientos, donde el

testigo (7.45) superó ampliamente a los demás, mientras que el menor valor fue para T2 (3.93).

A los 7 días el testigo incrementó su valor de azúcares ubicándose en 17.28 destacándose de los demás tratamientos que a su vez fueron iguales entre sí.

A los 14 días el compartimiento fue similar a favor del testigo, quien llegó al máximo de concentración de azúcares con 22.98 ° Brix, seguido por el T3 con 6.45, el T1 con 6.23 y el T2 con 6.03.

A los 22 días el testigo (T4) disminuyó su concentración a 17.73 ° Brix, seguido del T3 con 13.90, T1 con 13.75 y T2 con 13.28 ° Brix.

En el día 29 el T3 alcanzó los 21.93 ° Brix, mientras que el T2 presentó el menor valor con 20.15 ° Brix, curiosamente el tratamiento testigo se deterioró y no se pudo analizar.

El coeficiente de variación calculado para el día 1 fue de 7.23 %, el CV del día 3 fue de 6.57 %, mientras que el día 7 presentó un CV de 5.84 %, el día 14 obtuvo un CV de 6.46 %, el día 22 fue de 6.75 % y 5.52 % el día 29.

Tabla 5. Resultados de análisis de ° Brix de los bananos biorrecubiertos con pectina cítrica y almidón de yuca

No.	Tratamientos	Medias de °Brix					
		Día 1	Día 3	Día 7	Día 14	Día 22	Día 29
1	(50 % pectina, 50 % almidón)	3.60a	4.35bc	5.35b	6.23b	13.75b	21.53a
2	(25 % pectina, 75 % almidón)	3.68a	3.93c	5.28b	5.90b	13.28b	20.15a
3	(75 % pectina, 25 % almidón)	3.83a	4.75b	5.38b	6.45b	13.90b	21.93a
4	Testigo	3.73a	7.45a	17.28a	22.98a	17.73a	-
	CV (%)	7.23	6.57	5.84	6.46	6.75	5.52

Elaborado por: La Autora, 2022

Los resultados del análisis de pH del biorrecubrimiento de pectina cítrica y

almidón de yuca (tabla 6) exhibieron significancia ($p > 0.05$) entre los tratamientos según la prueba de Duncan a favor del T2 con un valor de 2.66 quien fue superior a los demás tratamientos. El coeficiente de variación de esta variable fue de 5.05 %.

Tabla 6. Resultados de análisis de pH del biorrecubrimiento de pectina cítrica y almidón de yuca

No.	Tratamientos	\bar{X} pH
1	50 % pectina, 50 % almidón)	2.47 ab
2	(25 % pectina, 75 % almidón)	2.66 a
3	(75 % pectina, 25 % almidón)	2.43 b
	CV (%)	5.05

Elaborado por: La Autora, 2022

Los resultados del análisis de densidad del biorrecubrimiento se muestran en la tabla 7 y en ella se puede apreciar que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales entre sí. Sin embargo, el T2 (1.207) fue numéricamente el mayor mientras que el T3 (1.204) presentó la menor densidad. El coeficiente de variación calculado fue de 19 %.

Tabla 7. Resultados de análisis de densidad del biorrecubrimiento

No.	Tratamientos	\bar{X} g/cm ³
1	50 % pectina, 50 % almidón)	1.205 a
2	(25 % pectina, 75 % almidón)	1.207 a
3	(75 % pectina, 25 % almidón)	1.204 a
	CV (%)	19

Elaborado por: La Autora, 2022

El análisis de vida útil se realizó a todos los tratamientos y consistió en determinar la presencia de mohos y levaduras, encontrándose ausencia de estos microorganismos por lo cual la lectura expresada de estos resultados es de <10 UFC/g (tabla 8).

Tabla 8. Resultados de análisis de análisis microbiológico para determinación de vida útil.

Parámetros	Frecuencia del análisis en días expresado en UFC/g			
	0 días	10 días	20 días	30 días
<i>Coliformes Totales</i>	<10 /*	<10	<10	<10
<i>Hongos</i>	<10	<10	<10	<10
<i>Levaduras</i>	<10	<10	<10	<10

/* Análisis basado en la Norma NTE INEN 1 529-10:98

Elaborado por: La Autora, 2022

DISCUSIÓN

La ausencia de mohos y levaduras en los análisis microbiológicos realizados a los tratamientos donde se evaluó la eficacia del recubierto comestible se debió probablemente a las condiciones higiénicas con que se trabajó tanto en la elaboración de la biopelícula como en su capacidad misma de inhibir los microorganismos contaminantes, muchos de ellos presentes en el ambiente. Esta capacidad de inhibición se puede atribuir a la acción de la pectina cítrica la cual por su constitución química no permite el crecimiento ni proliferación de microbios.

De acuerdo con Vélez (2020) reporta que en una película con gelatina y ácido cítrico presentó crecimientos semanales de microorganismos en fresas de 3,52 UFC, lo cual indica que esta recubierta no es eficiente en relación a la inhibición de microbios. Rosero y Villa (2021), recubrieron alimentos de IV y V gama con una película a base de maíz y banano, reportando ausencia de bacterias en fresas y uvas, evidenciando la efectividad de su película comestible. No obstante, en los resultados expuestos por Uscocovich (2021), en su película de quitosano en diferentes proporciones aplicado en banano, indica que el T3 y T4 presentan menor cantidad de crecimiento de mohos y levaduras, demostrando la incidencia del porcentaje de quitosano sobre la presencia de mohos y levaduras.

El porcentaje de ° Brix de los bananos tratados fue inferior a diferencia del tratamiento testigo que no fue recubierto con la biopelícula, lo cual puede estar relacionado a la influencia positiva que tiene la mezcla de pectina cítrica y almidón de yuca en relación a la reducción de la tasa de respiración de la fruta, creando una atmosfera controlada que aumenta el tiempo de maduración. Resultando como mejor tratamiento el T2 (25 % pectina cítrica, 75 % almidón de yuca)

Según lo expuesto por Ramos-García, Romero-Bastida y Bautista-Baños (2018), en su trabajo de investigación que detalla sobre las propiedades de los recubrimientos comestibles sobre la conservación de frutas y hortalizas frescas, define que el empleo de almidones modificados en el recubrimiento de frutas, disminuyen en gran porcentaje la tasa de respiración, lo que brinda un mayor tiempo de vida útil y mejor conservación de sus propiedades nutricionales y de las características organolépticas. Por otro lado Anaya-Esparza *et al* (2020) sumergió diferentes frutas en varias concentraciones de quitosano, en el cual obtuvo como resultado aparición tardía del pico climatérico en plátano principalmente, y una

disminución considerable de la tasa de respiración. Trela (2022), recubrió tres especies diferentes de frutas (quinoto, mora y carambola) con películas de almidones acetilados, con la finalidad de analizar el comportamiento durante un determinado tiempo de conservación a temperaturas de refrigeración. Se consideró satisfactorio el empleo de las películas en quinoto y carambola, ya que se mantuvo el porcentaje de sólidos solubles durante un lapso de tiempo, sin embargo, en las moras recubiertas la aplicación no fue favorable.

El T3 resultó ser el tratamiento con menor pH, lo cual puede estar influenciado por el porcentaje de pectina empleado para la elaboración del recubrimiento, y se pudiera pensar que se pudiera pensar que ejercería algún efecto sensorial y microbiano de importancia en términos de producción industrial impidiendo la proliferación de microorganismos, tanto en la corona como en la pulpa de la fruta.

Palma (2022), reportó que no existen diferencias significativas en las diferentes formulaciones de su recubrimiento comestible antimicrobiano a base de mucilago de nopal, pectina y aceite esencial de naranja, demostrando que esta propiedad fisicoquímica varía de acuerdo al tipo de materia prima que se utiliza para la elaboración de los biorrecubrimiento. Contrariamente, Arredondo (2018), encontró un pH promedio de 8.4 en la caracterización de una nanoemulsión antimicrobiana de almidón y cera de abeja para su uso como recubrimiento comestible.

El análisis de tiempo de vida útil de los bananos tratados, realizados mediante análisis microbiológicos a la corona del banano y a la pulpa, determinó que no existió presencia de microorganismos patógenos en los tratamientos evaluados, indicando que no existen diferencias significativas entre ellos, por lo que se denomina al recubrimiento de pectina cítrica con almidón de yuca como un potencial agente inhibidor de enfermedades poscosecha, permitiendo un tiempo de vida útil del banano de 29 días aproximadamente.

En la investigación de Aguilar-Durán (2020) denominada alargamiento de vida de anaquel de frutas mediante biopelículas se indica que dichas cubiertas de carácter comestible, aumentan el tiempo de vida útil de los alimentos recubiertos, previniendo el crecimiento de agentes patógenos, gracias a los aditivos que se emplean para la fabricación de dichas películas. Sin embargo, Abanto (2018), en su publicación referente a la aplicación de recubrimientos a base de quitosano y cera de abeja en arándanos, concluye que estos presentan un tiempo de vida útil

de 13 días en refrigeración, mientras que a temperatura ambiente los arándanos solo alcanzan una vida de anaquel de 9 días. Vélez (2015) reportó crecimientos semanales de microorganismos en un trabajo para evaluar un recubrimiento a base de gelatina y ácido cítrico en la vida de fresas señalando que el tratamiento con menor crecimiento bacteriano presentó log 3,52 UFC.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados, se detallan las siguientes conclusiones:

Los análisis microbiológicos realizados a los tratamientos planteados determinaron la ausencia de unidades formadoras de colonias (UFC) mohos y levaduras en los bananos tratados, evidenciando la inocuidad con la que fue realizado el proceso.

Según los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos no se observaron diferencias significativas entre los bananos recubiertos, sin embargo, se considera al T2 como el tratamiento que confiere las mejores propiedades fisicoquímicas, tanto al banano como al recubrimiento, debido a que impidió el aumento acelerado de los sólidos solubles durante los días de evaluación, así como también es que presentó menor pH, mientras que en los análisis de densidad no se observaron diferencias significativas en los tratamientos. Cabe recalcar que el tratamiento testigo si presentó diferencias significativas con las demás formulaciones.

En virtud de las pruebas microbiológicas y fisicoquímicas (°Brix) realizados a los tratamientos durante un lapso de tiempo, se determinó que los bananos recubiertos tienen un tiempo de vida de anaquel de 29 días, mientras que el testigo comenzó senescencia a los 14 días de evaluación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda evaluar la incidencia de mohos y levaduras en bananos con recubierta a base de los biopolímeros probados de manera inducida, es decir infectar a los bananos recubiertos con microorganismos contaminantes *in vitro*, para medir la eficiencia del recubrimiento referente a la inhibición de los mismos.

Analizar otras concentraciones de los recubrimientos, y otras mezclas de polímeros en otros tipos de frutas, considerando los costos de elaboración.

Establecer la vida útil de otros tipos de frutas, indicando el índice de madurez.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Abanto Aguilar, M. G. (2018). *Aplicación de dos recubrimientos comestibles quitosano y cera de abeja, para determinar el mejor efecto en la prolongación de la vida útil del arándano (Vaccinium corymbosum L.)*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Agro Waste, Agrupal y Centro Tecnológico de la Conserva y Administración. (2015). *Biopolímeros*. Recuperado de: <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/BIOPOLIMEROS.pdf>
- Aguilar-Duran, J. A., García León, I. y Quiroz Velásquez, J. D. C. (2020). Alargamiento de la vida de anaquel de las frutas por el uso de biopelículas. *Revista Boliviana de Química*, 37(1), 40-45.
- Alarcón, H. y Arroyo, E. (agosto de 2016). Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa. *Revista Sociedad química Perú*. 82(3). 315-323.
- Alcocer, V. O., Ocaña, G. L., Balcazar, C. A. T., & González, L. P. (2018). Almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como coadyuvante en la coagulación floculación de aguas residuales domésticas/Cassava Starch (*Manihot esculenta* Crantz) As a coadjuvant in the coagulation flocculation of domestic wastewater. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 7(13), 18-46.
- Almagro, N. (2015). *Obtención y caracterización de pectinas modificadas mediante tratamientos químicos y físicos* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Ambrogio, V., Piovano, F., Guntero, V. A., Ferreti, C. A., Mancini, P. M., & Kneeteman, M. N. (2019). Obtención de pectinas a partir de un subproducto del procesamiento de cítricos de naranja. XXIV Congreso Nacional de de estudiantes de Ingeniería Química. Recuperado de <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/4836>
- Anaya-Esparza, L. M., Pérez-Larios, A., Ruvalcaba-Gómez, J. M., Sánchez-Burgos, J. A., Romero-Toledo, R., & Montalvo-González, E. (2020). Funcionalización de los recubrimientos a base de quitosano para la conservación postcosecha de frutas y hortalizas. TIP. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 23.

- Arbizú Hernández, D. G. (2021). *Obtención y caracterización física, química y microbiológica del almidón procedente del cotiledón de la semilla del mango (Mangifera indica L.) variedad Tommy Atkins a nivel laboratorio y la evaluación de su uso en diferentes aplicaciones industriales* (Doctoral dissertation), Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Arrieta, A., Durango, L. y Arizal, E. (noviembre de 2018). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz). *Revista espacios*. 39(53). 15.
- Arteaga, J. y Guerra, Y. (2020). *Obtención de un material biopolímero a partir de alginato de sodio como recubrimiento de bananos para su conservación*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Buenaventura. Cartagena, Colombia.
- Bello-Lara, J., Balois-Morales, R., Sumaya-Martínez, M., Juárez-López, P., Jiménez-Ruíz, E., Sanchez-Herrera, L., López-Guzmán, G. y García-Paredes, J. (mayo-agosto del 2016). Biopolímeros de nucílogo, pectina de napolitos y quitosano, como recubrimientos en almacenamiento y vida de anaquel de frutos de aguacate 'Hass'. *Acta agrícola y pecuaria*. 2(2), 43-50
- Betancourt, C., De Mello, R., Castellanos, L. y Silva, C. (2016). Características de la glicerina generada en la producción de biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo. *Scielo*. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37n3/ctr01316.pdf>
- Blanco, J., Caicedo, M., Caro, M., Centeno, J. y Rodríguez, M. (2017). Elaboración de una película plástica biodegradable a partir del almidón de yuca y pectina. *Semillero de investigación*. 4(9). 1-6.
- Boatella, J., Codony, R., López, P. (2004). Química de los alimentos II. Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=swXN8dUFew0C&pg=PA112&dq=composicion+de+la+pectina&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiU-NrAu_XdAhVmplkKHbp1DjIQ6AEIODAD#v=onepage&q=composicion%20de%20la%20pectina&f=true
- Chaparro, S., Márquez, R., Sánchez, J., Vargas, M., Gil, J. (2015). Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(2), 435-

443.

- Chasquibol, N., Arroyo, E. y Morales, J. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3374/337428492010.pdf>
- Cobos, O., Buitrago, G y Ospina, S. (octubre de 2017). Grupo de biopolímeros y biofuncionales: Los biopolímeros, compuestos que mejoran la salud. *Revista colombiana de biotecnología*. 11-13.
- Cornejo, G., Marinero, E., Funes, C., Toruño, P. y Zúñiga-González, C. (2020). Biopolímeros para uso agroindustrial: alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termo plástico biodegradable. *Revista Iberoamericana de bioeconomía y cambio climático*. 6(11). 1359-1387.
- Costenbader, C. (2001). The Big Book of Preserving the Harvest. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=KStO5YbABOMC&pg=PA196&dq=pectina&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi9y52FpfXdAhVE2FMKHea5AoMQ6AEIJjAA#v=onepage&q=pectina&f=false>
- Cruz-Morfin, R., Martínez-Tenorio, Y. y López-Malo, A. (2013). Biopolímeros y su integración con polímeros convencionales como alternativa de empaque de alimentos. *Temas selectos de Ingeniería en Alimentos*. Recuperado de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2014/12/TSIA-72-Cruz-Morfin-et-al-2013.pdf>
- Guerreros, M. (2017). *Quitoxano y almidón como recubrimiento biodegradable para prolongar la vida útil en palta (Persea americana Mill.) Cultivar Fuerte*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Hernandez-Medina, M., Torruco-Uco, J., Chel.Guerrero, L y Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización físicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718-726.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana 1529:10 Control microbiológico de los alimentos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad, 2-5. Recuperado de http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1529-10-1.pdf
- Jávaga, A., Sapper, M., Martín, E. y González, C. (julio de 2019). *Efecto de la*

- aplicación de recubrimientos a base de biopolímeros y carvacrol sobre la calidad de poscosecha de manzanas.* (Tesis posgrado). Universitat politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Lafuente, G. (2017). *Glicerol: Síntesis y Aplicaciones* (Tesis de maestría). Recuperado de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf
- Martínez, P., Peña, F., Gómez, Y., Vargas, G., & Velezmoro, C. (2019). Propiedades fisicoquímicas, funcionales y estructurales de almidones nativos y acetilados obtenidos a partir de la papa (*Solanum tuberosum*) var. 'única'. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 338-351.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y pesca. (2015). Boletín situacional 2015 NARANJA. Recuperado de http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2016/boletin_situacional_naranja%202015.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y Manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo. Recuperado de: <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/guias-ambientales-sector-plc3a1sticos.pdf>
- Ministerio de Comercio Exterior. (2017). Informe sobre el sector bananero ecuatoriano. Recuperado de http://panama.embajada.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/informe_sobre_el_sector_bananero_ecuatoriano_29.05.2017_def..pdf
- Ministerio del Ambiente. (2014). Acuerdo N°19 para EXPEDIR LAS POLÍTICAS GENERALES PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE PLASTICOS EN EL ECUADOR. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/Acuerdo-19.pdf>
- Moles, P. (2020). *Optimización de la técnica de extracción FPSE para la determinación de compuestos no volátiles presentes en la migración de biopolímeros basados en ácido poliláctico (PLA).* (Tesis de pregrado). Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.
- Mora, R. (2022). *Desarrollo de un recubrimiento comestible antimicrobiano a base de mucílago de nopal, pectina de naranja y aceite esencial de naranja.*

- (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México
- Moreno, M., Gutiérrez, J., Gutiérrez, B. y Sánchez, F. (2020). Dextrina y pectina extraídas de desechos de origen vegetal y su uso como aditivo para pegamento. *Revista Boliviana de Química*. 37(2).
- Ortega, C. y Aparicio, X. (octubre de 2020). Quitosano: una alternativa sustentable para el empaque de alimentos. *Revista digital universitaria*. 21 (5)
- Posada-Duque, J., Cardona-Alzate, C., (2010). Análisis de la refinación de glicerina obtenida como coproducto en la producción de biodiesel. *Ingeniería Universidad de Bogotá*. Recuperado de [http://www.javeriana.edu.co/Facultades/ingenieria/revista/lyUVol14N1/Bio diesel.pdf](http://www.javeriana.edu.co/Facultades/ingenieria/revista/lyUVol14N1/Bio%20diesel.pdf)
- Primicias. (febrero del 2022). *2022 se perfila como un año complejo para el sector bananero*. Recuperado de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/exportaciones-banano-ecuador-problemas-precio/>
- Quiroga, C. (2008). Los Almidones resistentes a la salud. *Investigación y Desarrollo*, (8), 131-142.
- Ramos-García, M., Romero-Bastida, C. y Bautista-Baños, S. (2018). Almidón modificado: Propiedades y usos como recubrimientos comestibles para la conservación de frutas y hortalizas frescas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 9(1). *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*. 21(2).
- Rosero, M. y Villa, L. (2021). *Aplicación de biopelículas desarrolladas a partir de mays L. y Musa acuminata en productos de IV y V gama*. Universidad nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Salazar-Acosta, E. (2018). Almidón resistente en la nutrición de animales monogástricos I: concepto, clasificación y fuentes. *Nutrición Animal Tropical*, 12(2), 55-69.
- Scribano, F. R. y Garcete, V. (agosto del 2016). Eficiencia de fungicidas de síntesis y orgánicos sobre la pudrición de corona de fruto de banano *Musa acuminata* Colla en la provincia de Formosa, Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias RIA*. 2(44). 201-206.

- Serrat-Díaz, M., De la Fé-Isaac, A., De la Fé-Isaac, J. y Montero-Cabrales, C. (2018). Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. *Revista Cubana de Química*, 30(3).
- Solano-Doblado, L., Alamilla-Beltrán, L. y Jimenez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados.
- Tang, X., Kumar, P., Alavi, S. y Sande, K. (2012). Recent advances in biopolymers and biopolymer-bases nanocomposites for food packaging materials. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52, 426-442.
- Trela, V. D. (2022). Preservación de frutas tropicales (Quinoto, Mora y Carambola) aplicando recubrimientos comestibles.
- Urango-Anaya, K., Ortega-Quintana, F., Vélez-Hernández y Pérez-Sierra. (2018). Extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando microondas. *Información tecnológica*, 29(1).
- Uscocovich, A. (2021). *Influencia del porcentaje de quitosano en la calidad física y microbiológica del banana en poscosecha Calceta-Ecuador*. Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta, Ecuador.
- Valdés, S. (2006). Hidratos de Carbono. En Quintanar, E. (Ed.). *Química de los alimentos* (pp. 29-117). México: Pearson Educación
- Valero-Valdivieso, M. F., Ortégón, Y. y Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y Perspectivas. *Scielo*, 80 (181), 171-180. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>
- Villada, H., Acosta, H., Velasco, R. (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. *Temas agrarios*, 12(2), 5-13.
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45(3), 271-278.

APÉNDICE

Tabla 9. Análisis de varianza de ° Brix - Día 1

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BRIX	16	0,11	0,00	7,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,11	3	0,04	0,50	0,6921
biopolimero	0,11	3	0,04	0,50	0,6921
Error	0,86	12	0,07		
Total	0,97	15			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0719 gl: 12

biopolimero	Medias	n	E.E.	
T3	3,83	4	0,13	A
T4	3,73	4	0,13	A
T2	3,68	4	0,13	A
T1	3,60	4	0,13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2022

Tabla 10. Análisis de varianza de ° Brix - Día 3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BRIX	16	0,96	0,95	6,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30,35	3	10,12	89,42	<0,0001
biopolimero	30,35	3	10,12	89,42	<0,0001
Error	1,36	12	0,11		
Total	31,70	15			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1131 gl: 12

biopolimero	Medias	n	E.E.	
T4	7,45	4	0,17	A
T3	4,75	4	0,17	B
T1	4,35	4	0,17	B C
T2	3,93	4	0,17	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2022

Tabla 11. Análisis de varianza de ° Brix - Día 7

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BRIX	16	0,99	0,99	5,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	427,83	3	142,61	604,18	<0,0001
biopolimero	427,83	3	142,61	604,18	<0,0001
Error	2,83	12	0,24		
Total	430,66	15			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,2360 gl: 12

biopolimero	Medias	n	E.E.	
T4	17,28	4	0,24	A
T3	5,38	4	0,24	B
T1	5,35	4	0,24	B
T2	5,28	4	0,24	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Elaborado por: La Autora, 2022

Tabla 12. Análisis de varianza de ° Brix - Día 14

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BRIX	16	0,99	0,99	6,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	845,65	3	281,88	625,83	<0,0001
biopolimero	845,65	3	281,88	625,83	<0,0001
Error	5,40	12	0,45		
Total	851,06	15			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,4504 gl: 12

biopolimero	Medias	n	E.E.	
T4	22,98	4	0,34	A
T3	6,45	4	0,34	B
T1	6,23	4	0,34	B
T2	5,90	4	0,34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Elaborado por: La Autora, 2022

Tabla 13. Análisis de varianza de ° Brix - Día 22

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BRIX	16	0,81	0,77	6,75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	50,87	3	16,96	17,30	0,0001
biopolimero	50,87	3	16,96	17,30	0,0001
Error	11,77	12	0,98		
Total	62,64	15			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,9804 gl: 12

biopolimero	Medias	n	E.E.	
T4	17,73	4	0,50	A
T3	13,90	4	0,50	B
T1	13,75	4	0,50	B
T2	13,28	4	0,50	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Elaborado por: La Autora, 2022

Tabla 14. Análisis de varianza de ° Brix - Día 29

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
BRIX	12	0,36	0,22	5,52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,94	2	3,47	2,53	0,1341
biopolimero	6,94	2	3,47	2,53	0,1341
Error	12,33	9	1,37		
Total	19,26	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,3694 gl: 9

biopolimero	Medias	n	E.E.	
T3	21,93	4	0,59	A
T1	21,53	4	0,59	A
T2	20,15	4	0,59	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2022

Tabla 15. Análisis de varianza de pH del biorrecubrimiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	12	0,46	0,34	5,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	2	0,06	3,85	0,0619
biopolimero	0,12	2	0,06	3,85	0,0619
Error	0,15	9	0,02		
Total	0,27	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0162 gl: 9

biopolimero	Medias	n	E.E.	
T3	2,43	4	0,06	A
T1	2,47	4	0,06	A B
T2	2,66	4	0,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: La Autora, 2022

Tabla 16. Análisis de varianza de densidad del recubrimiento

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
densidad	12	0,20	0,02	0,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,3E-05	2	6,3E-06	1,13	0,3647
biopolimero	1,3E-05	2	6,3E-06	1,13	0,3647
Error	5,0E-05	9	5,5E-06		
Total	6,2E-05	11			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0000 gl: 9

biopolimero	Medias	n	E.E.	
T3	1,20	4	1,2E-03	A
T1	1,21	4	1,2E-03	A
T2	1,21	4	1,2E-03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Elaborado por: La Autora, 2022

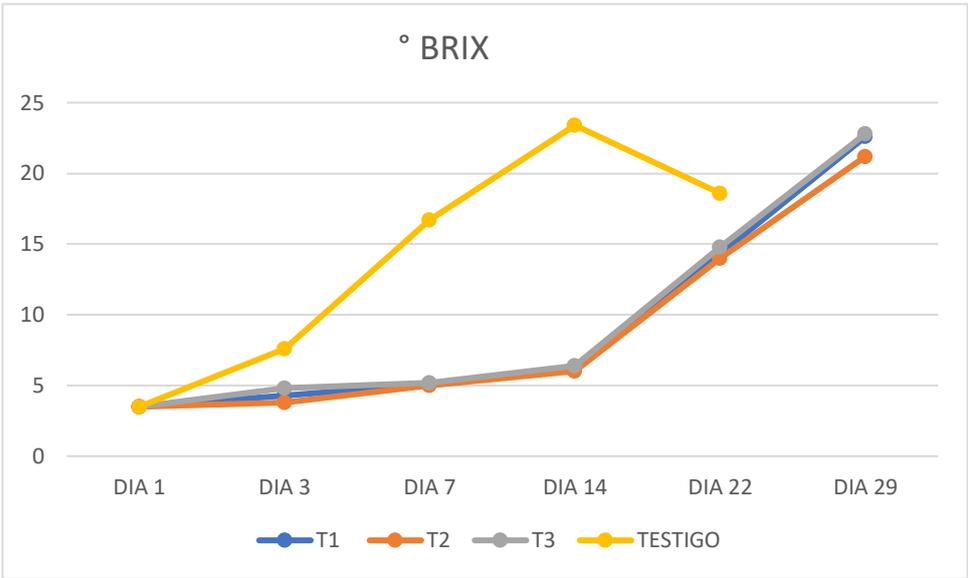


Gráfico 1. ° Brix de los bananos tratados

Elaborado por: La Autora, 2022

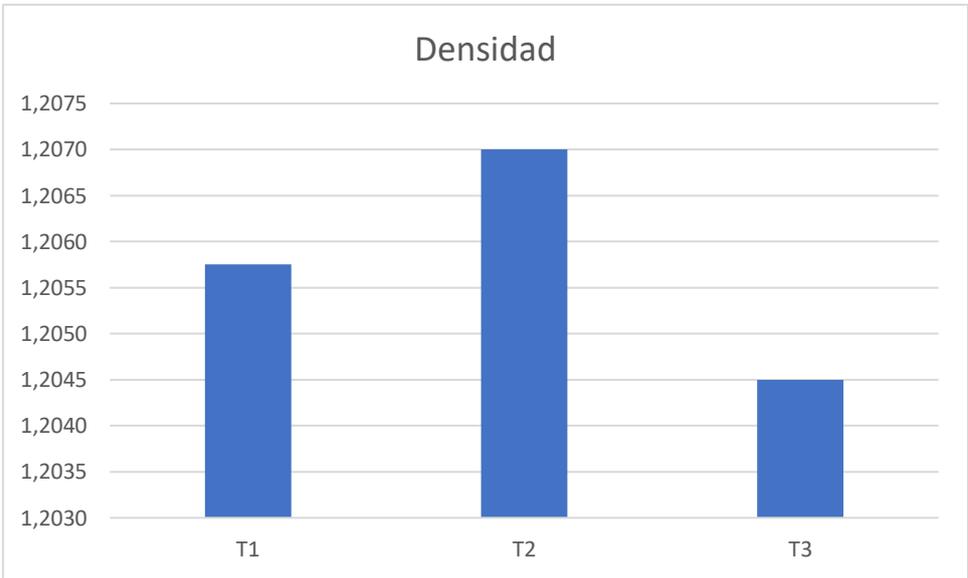


Gráfico 2. Densidad de los recubrimientos

Elaborado por: La Autora, 2022

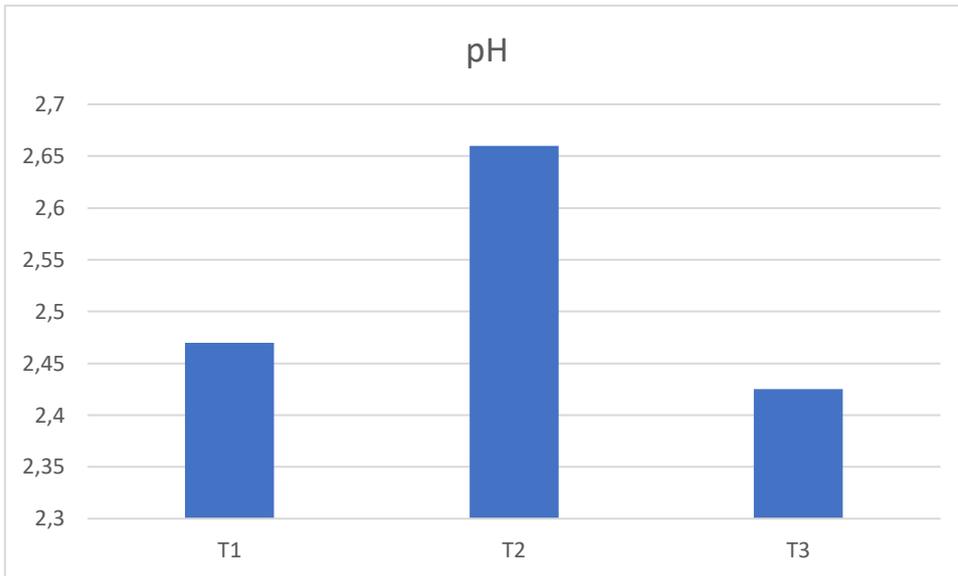


Gráfico 3. pH de los recubrimientos

Elaborado por: La Autora, 2022

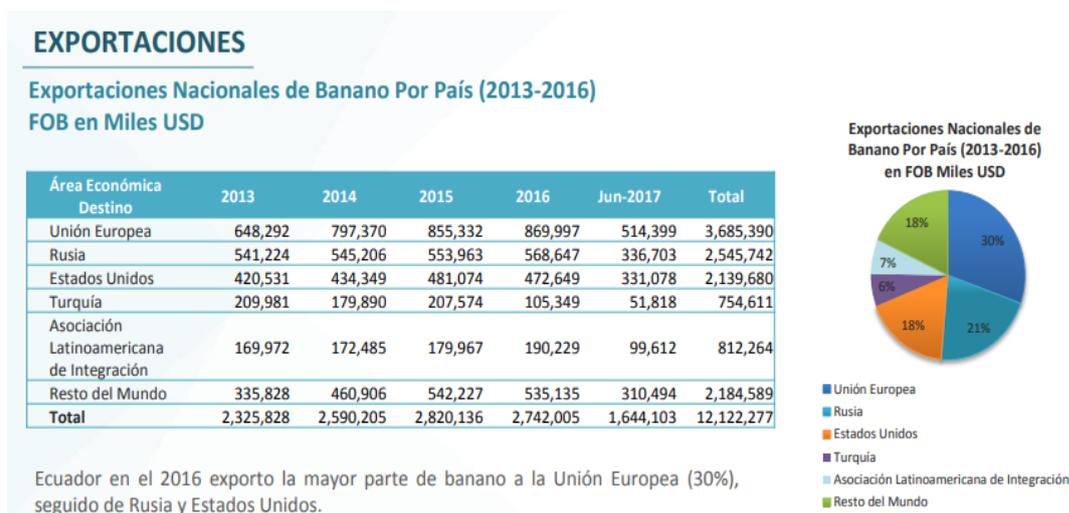
ANEXOS

Distribución por tamaño de hectáreas	Hectáreas sembradas	Nro. Productores
0-30 (pequeños)	35.685	3.480
>30 ≤100 (medianos)	57.486	800
100 o más (grandes)	69.063	193
TOTAL	162.234	4.473

Anexo N° 1. Distribución por tamaño de hectáreas de banano en el Ecuador
Fuente: Ministerio de comercio Exterior, 2017



Anexo N° 2. Exportaciones de banano por año (2017)
Fuente: CFN, 2017



Anexo N° 3. Distribución por tamaño de hectáreas de banano en el Ecuador
Fuente: CFN, 2017



Gráfico 4. Recepción de la fruta
Elaborado por: La Autora, 2022



Gráfico 5. Elaboración del recubrimiento
Elaborado por: La Autora, 2022



Gráfico 6. Recubrimientos (T1, T2, T3)
Elaborado por: La Autora, 2022



Gráfico 7. Bananos recubiertos
Elaborado por: La Autora, 2022



Gráfico 8. Bananos recubiertos - día 7
Elaborado por: La Autora, 2022



Gráfico 9. Bananos recubiertos - día 14
Elaborado por: La Autora, 2022



Gráfico 10. Bananos recubiertos - Día 29
Elaborado por: La Autora, 2022



Gráfico 11. Preparación de muestras para análisis
microbiológico
Elaborado por: La Autora, 2022