



Elaboración de recubrimiento comestible a base de pectina extraída de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) aplicado a banano (*Musa paradisiaca*) bajo condiciones de laboratorio.

Ruth Maritza Muñoz Benavides

Juan Pablo Pérez Pineda

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Vicerrectoría Regional Orinoquía

Sede Villavicencio (Meta)

Programa Ingeniería Agroecológica

octubre de 2023

Elaboración de recubrimiento comestible a base de pectina extraída de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) aplicado a banano (*Musa paradisiaca*) bajo condiciones de laboratorio.

Ruth Maritza Muñoz Benavides

Juan Pablo Pérez Pineda

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero en Agroecología

Asesor(a)

Fabian Rojas Sánchez
Ing. en Agroecología
Esp. Planeación Ambiental
MSc. Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Regional Orinoquia

Sede Villavicencio (Meta)

Programa Ingeniería Agroecológica

octubre de 2023

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a todas las personas que han sido parte de nuestro camino universitario y nos han brindado su apoyo y motivación. A nuestras familias, por su amor incondicional y su constante aliento para alcanzar nuestras metas. A nuestros amigos y colegas, por el compañerismo y las largas temporadas de estudio y aprendizaje que hicimos juntos y nos formó como un apoyo del que siempre pudimos contar. A nuestros estimados profesores, asesores y miembros del campus universitario, quienes nos permitieron compartir sus conocimientos y enseñanzas que nos han guiado hacia este logro. También dedicamos este trabajo a todos aquellos que, a pesar de no estar físicamente presentes, siguen siendo una inspiración para nosotros, gracias a todos ustedes este trabajo ha sido posible de realizarlo.

Agradecimientos

Agradecimiento especial a nuestras familias por el apoyo incondicional recibido, a los docentes y demás personas que hicieron parte de este proceso.

Contenido

Lista de tablas	8
Lista de figuras.....	8
Abstract.....	11
Introducción	12
CAPÍTULO I	13
1 Problema	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.1.1 Pregunta de investigación	14
1.2 Justificación	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
CAPÍTULO II	16
2 Marco conceptual.....	16
2.1 Maracuyá amarillo	16
2.1.1 Cultivo de maracuyá	16
2.1.2 Clasificación taxonómica del maracuyá.....	17
2.1.3 Manejo de plagas y enfermedades del maracuyá	17
2.1.4 Mercado del maracuyá.....	18
2.2 Banano (<i>Musa paradisiaca</i>).....	18
2.2.1 Clasificación taxonómica banano	18
2.2.2 Cultivo de banano Cavendish	19
2.2.3 Manejo de plagas y enfermedades del banano.....	20
2.2.4 Manejo poscosecha de banano	21
2.2.5 mercado del banano	21
2.3 Recubrimientos comestibles	25
2.3.1 Clases de recubrimientos	26
2.4 Pectinas	27
2.5 Marco Político	29

2.5.1 Ley 9 de 1979	29
2.52 Ley 1990 de 2019	30
CAPÍTULO III.....	31
3 Metodología	31
3.1 Diseño experimental	31
3.1.1 Unidad muestral	31
3.2 Materiales y reactivos	31
3.3 Equipos de laboratorio	32
3.4 Materia prima.....	32
3.5 Preparación de la materia prima.....	33
3.6 Extracción de pectina	34
3.6.1 Proceso de extracción de pectina	35
3.6.2 Hidrólisis ácida	36
3.7 Elaboración de los tratamientos (recubrimientos).....	37
3.7.1 Preparación de los tratamientos	37
3.7.2 Aplicación de los tratamientos	38
3.8 Análisis estadístico.....	38
CAPÍTULO IV.....	40
4. Resultados	40
4.1 Tratamientos	41
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
Referencias.....	48

Lista de tablas

Tabla 1.....	17
Tabla 2.....	19
Tabla 3.....	36
Tabla 4.....	39
Tabla 5.....	42
Tabla 6.....	43

Lista de figuras

Figura 1.....	33
Figura 2.....	33
Figura 3.....	33
Figura 4.....	33
Figura 5.....	34

Figura 6.....	35
Figura 7.....	36
Figura 8.....	36
Figura 9.....	40
Figura 10.....	41
Figura 11.....	44
Figura 12.....	44
Figura 13.....	44

Resumen

El presente proyecto de grado consiste en la elaboración de recubrimientos a base de pectina, donde la implementación de este polisacárido Galacturónico, el cual se encuentra en grandes cantidades en diferentes clases de frutos; donde el maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) con porcentaje aproximado del 45%. El cual requiere ser extraído mediante un proceso de hidrólisis acida, usando un catalizador de ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) para poder extraerlo de manera eficiente. Junto con la entremezcla de diferentes compuestos de baja toxicidad al consumo permiten la elaboración de un recubrimiento que requiere una evaluación de tratamiento basado en la cantidad suministrada de pectina para su creación. La mezcla y la pectina fueron implementadas en el recubrimiento de una fruta climatérica como el banano de la variedad *Cavendish*. El ensayo se realizó en tres diferentes tratamientos bajo unas condiciones ambiente de laboratorio controlado de 26°C y una humedad relativa del 25%

Palabras clave: Pectina, Extracción, Ácidos, Fruto Climatérico, Recubrimientos.

Abstract

This Research consists of the preparation of pectin-based coatings, where the implementation of this Galacturonic polysaccharide, which is found in large quantities in different kinds of fruits; where the yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) with an approximate percentage of 45%. Which requires being extracted through an acid hydrolysis process, using the citric acid catalyst ($C_6H_8O_7$) to be able to extract it efficiently. Together with the intermixing of different compounds with low toxicity for consumption, it is possible to create a coating that requires a treatment evaluation based on the amount of pectin supplied for its creation. Which was implemented in the coating of a climacteric fruit such as the Cavendish variety banana in three different treatments at ambient conditions of 26°C and a relative humidity of 25%.

Keywords: Pectin, Extraction, Acids, Climacteric, Coatings

Introducción

La implementación de diferentes compuestos para aletargar la vida útil de un producto de consumo primario, es una de las prácticas con más aplicaciones realizadas en diferentes campos de producción alimentaria; los cuales requieren que mantengan sus propiedades organolépticas de manera óptima, recurriendo a la aplicación de recubrimientos o películas que cubren estos productos y permiten que la liberación de etileno por la respiración celular de estos insumos vegetales sea en menor cantidad; así evitando la pérdida de humedad en de proceso de almacenaje y comercialización de estos frutos.

Los recubrimientos pueden ser elaborados con diferentes clases de insumos químicos orgánicos e inorgánicos, un claro ejemplo de esto es la elaboración de recubrimiento a base de almidón de yuca en muestras de banano con el fin de prevenir la pérdida de humedad, la aparición de agentes fúngicos y la proliferación de microorganismos oportunistas dentro de estas clases de cultivos en proceso de postcosecha. (Londoño y Preciado, 2022).

No obstante, la implementación de otro insumo como la pectina, el cual actúa como compuesto adherente, que al ser entremezclado con la solución viscosa obtenida por parte del almidón yuca logra obtener un compuesto de alta densidad, el cual busca determinar su eficacia al momento de ser aplicado como recubrimiento en un producto climatérico, como el banano de la variedad *Cavendish*, resguardado en un anaquel bajo una temperatura promedio de 26°C y una humedad relativa del 25%.

CAPÍTULO I

1 Problema

1.1 Planteamiento del problema

El maracuyá amarillo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) es una fruta denominada exótica y posee una alta demanda de tipo exportación. Durante el 2021 Colombia tuvo un incremento de 38,87% en exportación de este fruto que equivale a UD \$2'083.978 respecto al año anterior gracias a la reapertura económica luego de la pandemia del Covid-19, en contraste con un 2020 cargado de crisis económicas por la pandemia (Treid, J. 2022). El consumo puede darse desde la exportación del fruto entero, la extracción de la pulpa en la industria alimentaria para consumir en diferentes bebidas o para ser usada en la elaboración de postres, jaleas, mermeladas o dulces untables, hasta la extracción aceite de sus semillas para la industria cosmética, teniendo en cuenta que el fruto se compone de un 50% cáscara, 35% de jugo o pulpa y 15% de semillas (Guidi, A., & Arandia Q, 2010).

Dentro del 50% que compone la cáscara existe un alto contenido de pectina almacenada en el mesocarpio. La pectina es un polisacárido, según Escudero y González (2006) los polisacáridos “son todos los polímeros de carbohidratos que contienen al menos veinte residuos de monosacáridos”, pudiendo ser clasificados en celulosa, β -glucanos, hemicelulosas, pectinas y análogos, gomas y mucílagos (p 63). Estos hacen parte de los principales componentes utilizados en la elaboración de Recubrimientos Comestibles (RC) y Películas Comestibles (PC) junto con proteínas y lípidos que mezclados entre sí pueden dar como resultado un RC de mayor composición (Ramos et al, 2018).

Los RC y PC mejoran la calidad sensorial, nutricional y le dan un valor agregado al regular la transferencia de O₂, CO₂, humedad y otros compuestos organolépticos al alimento

(Fernández et al, 2015), constituyendo así una herramienta útil en el manejo postcosecha de alimentos perecederos como lo son las frutas y hortalizas. Es así como los residuos resultantes del consumo del maracuyá, especialmente el albedo posee un alto potencial para la elaboración de RC no obstante estos no son aprovechados siendo desechados y limitando probables beneficios económicos y ambientales.

1.1.1 Pregunta de investigación

¿ Se puede aprovechar la pectina del albedo de maracuyá para elaborar recubrimientos en el manejo postcosecha de banano y así reducir el desperdicio de este recurso??

1.2 Justificación

Los residuos de maracuyá como la cáscara y las semillas contienen una cantidad significativa de pectina que puede ser extraída y utilizada en diversas aplicaciones (Barbosa et al, 2018). La extracción de pectina a partir de estos residuos no solo permite aprovechar un subproducto de la industria, sino que también contribuye a reducir la generación de desechos y promover la sostenibilidad en la cadena de producción de alimentos.

Los recubrimientos comestibles a base de pectina se han utilizado de manera exitosa en el manejo postcosecha de diversas frutas, incluido el banano. Estos recubrimientos proporcionan una barrera protectora que ayuda a retardar la pérdida de humedad, la deshidratación y el deterioro del producto, prolongando así su vida útil. Además, los recubrimientos comestibles a base de pectina pueden mejorar la apariencia y la calidad sensorial del banano, lo que resulta beneficioso tanto para los productores como para los consumidores.

Es así como el aprovechamiento de residuos de maracuyá para la extracción de pectina y su posterior uso en la elaboración de recubrimientos comestibles para el manejo poscosecha de banano se justifica por la importancia de la pectina en la industria alimentaria, el potencial de los residuos de maracuyá como fuente de pectina y los beneficios de los recubrimientos comestibles a base de pectina en la prolongación de la vida útil y la mejora de la calidad del banano.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un recubrimiento a base de pectina extraída a partir de residuos de maracuyá por el método de hidrólisis ácida para el manejo poscosecha de banana (*Musa paradisiaca*) bajo condiciones del laboratorio en la Granja Agroecológica Minuto de Dios -Villavicencio.

1.3.2 Objetivos específicos

- Extraer la pectina de los residuos de maracuyá aplicando el método de hidrólisis ácida usando ácido cítrico.
- Elaboración del recubrimiento en distintas concentraciones de pectina extraída.
- Evaluar la eficiencia cuantitativa y cualitativa del recubrimiento con factor único estadístico la pérdida de peso y los cambios observados en poscosecha de banana (*Musa paradisiaca*).

CAPÍTULO II

2 Marco conceptual

2.1 Maracuyá amarillo

2.1.1 Cultivo de maracuyá

De acuerdo con Mora (2011), el modelo productivo del maracuyá suele implementarse principalmente mediante el uso de semillas en un sistema de siembra con una densidad de población proporcional de $4 \times 4 \text{ m}^2$. Esto permite albergar a 625 plantas de maracuyá por hectárea productiva utilizando un sistema de tutorado por espaldera o emparrado, que consiste en postes con hileras de alambre que permiten a las plantas enredaderas extenderse y proliferar para la producción de su fruto. Sin embargo, esta no es la única forma de cultivo del maracuyá, ya que también puede parasitar otras especies perennes nativas.

Según Cleves (2009), si se implementa el primer escenario de cultivo del maracuyá, se requiere un plan de fertilización para lograr una cosecha rentable del fruto. En este caso, es necesario aplicar NPK (nitrógeno, fósforo y potasio), siendo el potasio el recurso con mayor carga requerida en este tipo de fertilizante, representando el 40% del recurso demandado.

Respecto a la variedad de maracuyá de nombre científico *Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, se determina que se diferencia de otras variedades por su tono de cáscara de color amarillento. Para su cultivo, se recomiendan suelos francoarenosos con un pH de 4,5 a 5,5, y se sugiere plantarlas a 1300 msnm, según diversas fuentes bibliográficas (Mora, 2011).

2.1.2 Clasificación taxonómica del maracuyá

En la tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica correspondiente al maracuyá de acuerdo con Feuillet y MacDougal (2003).

Tabla 1.

Clasificación taxonómica del maracuyá según Feuillet y MacDougal en 2003

Orden	Malpighiales
Familia	Passifloraceae
Subfamilia	Passifloreae
Tribu	Passifloroideae
Género	<i>Passiflora</i>
Especie	<i>Passiflora edulis</i> Sims
Forma	Flavicarpa
Nombre científico	<i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Degener, 1932

Nota: Tabla basada en el documento “Una nueva clasificación infragenérica de *Passiflora* L. (Passifloraceae)”. Autor Feuillet y MacDougal, 2023.

2.1.3 Manejo de plagas y enfermedades del maracuyá

Según Mora (2011), para el control de plagas en el cultivo del maracuyá, se requiere de sistemas preventivos que ayuden a reducir su presencia. Se recomienda el uso de trampas de monitoreo para determinar las acciones a seguir en caso de encontrar plagas como nematodos (*Meloidogyne sp*) o arañas rojas (*Tetranychus sp*) (Mora, 2011). En otro estudio se destaca que la rotación de cultivos y la selección de variedades resistentes son estrategias clave en el manejo integrado de plagas y enfermedades del maracuyá especialmente en el caso del potyvirus (Carabalí et al, 2018).

Para el control de plagas en el cultivo de maracuyá se recomienda la utilización de enemigos naturales como el ácaro predador *Neoseiulus californicus*, *Utetes anastrephae* Viereck

(parasitoide) Vespidae (parasitoide) (Badii Y Abreu, 2006; Quintero et al, 2012; Núñez, 2023). Dos de las enfermedades más frecuentes en el maracuyá son la fusariosis de la raíz causada por *Fusarium solani* y la antracnosis provocada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Castro, 2023; Martinez y Hernandez, 2020), las cuales se pueden prevenir y controlar con agentes biológicos a base de *Trichoderma sp* y agentes químicos a base de cobre.

2.1.4 Mercado del maracuyá

Para el año 2020, se previó una producción de aproximadamente 615 000 toneladas de maracuyá al año en el territorio nacional (Parra, 2015). Esta producción se distribuye en un área cosechada de 20,500 hectáreas, destacando los departamentos de Meta con un promedio de 40,000 toneladas al año, Huila con 55,000 toneladas y Valle del Cauca con 14,000 toneladas como los principales productores de esta fruta. Investigaciones recientes sugieren que el mercado nacional colombiano de maracuyá tiene un gran potencial de crecimiento y diversificación de productos derivados, lo que podría generar mayores ingresos para los productores (Iñiguez et al, 2022).

Una estimación un poco más baja se realizó para el año 2022 con un aproximado de 600 mil toneladas (Pretel, 2022). Por lo anterior y como base de referencia el hecho de que se aprovecha solo alrededor del 30% a 45 % de la fruta, una vez consumida los residuos para el 2022 estuvieron alrededor de las 420-330 mil toneladas.

2.2 Banano (*Musa paradisiaca*)

2.2.1 Clasificación taxonómica banano

Existe una similitud entre plátanos, bananos y cultivares en estado silvestre y no es solo de forma; estos son el resultado del cruce entre *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* (MINAGRI, 2014), por lo cual estos dan origen a la mayoría de las musáceas comestibles incluida la variedad

Cavendish (triploide AAA). Para Arteaga (2015) la clasificación taxonómica del banano no distingue hasta especie sino hasta cruce tal como se demuestra en la tabla 2.

Tabla 2.
Clasificación taxonómica según Arteaga (2015).

Familia	Musáceas
Género	Musa
Serie	Eumusa
Cruce	<i>Musa acuminata x Musa balbisiana</i>

Nota: Tabla basada en el documento “Origen y evolución del banano”.
Autor Arteaga, 2015.

2.2.2 *Cultivo de banano Cavendish*

Con respecto al libro” *El Cultivo de Platano.*”. De los autores Pulgarín, M., Hernández, L., Arias, C., Montoya, J., Benavides, M., & Castellanos, P. (1999) El cultivo de banano, posee un modelo de producción bajo condiciones de lluvia constante requiriendo de 100mm de agua al mes con temperaturas oscilantes de 21°- 30°C, siendo su media en cuanto a temperatura con mejor rendimiento las plantaciones que operan bajo temperaturas de 27°C. Estas temperaturas pueden ser encontradas en zonas con una altura entre los 0 y 1000msnm, además de requerir suelos con características en ser ligeramente ácidos (4.5-5.5 ph), además de requerir que su cultivo sea a profundidad y con un buen sistema de drenado por parte del suelo. Con una concentración mayor en arenas y limos sobre suelos arcillosos, además de una cantidad alta en concentraciones de materia orgánica esto debido al ser una planta Perenne de crecimiento tardío, con un periodo aproximado entre los 11 y 14 meses para obtener la producción del racimo de banano.

En cuanto a su distribución en la densidad de siembra por hectárea se plantea entre un aproximado de 2500 a 3000 plantas con distancias entre surcos de 2 a 4 metros de distancia y la

distancia entre plantas de 1.5 a 2 metros. Junto con eso se debe establecer el radio de la siembra de los colinos que suele ser de 40 cm de radio y 40 cm de profundidad.

2.2.2.1 variedad Cavendish: El banano de la variedad Cavendish de nombre científico *Musa Acumita AAA* (Triploide) es una fruta perteneciente a la familia de las Musaceae, originaria de las zonas del sudoeste Asiático, siendo uno de los principales productos de exportación en el mercado alrededor del mundo; siendo un fruto carnoso de coloración verde con una longitud aproximada de 21 cm. Además de ser un alimento alto en vitaminas (A,C y complejo B) además de tener una relación de 370mg de potasio por cada 100gr de su pulpa (Campusano, 2010).

2.2.3 Manejo de plagas y enfermedades del banano

El banano al ser un cultivo presente en zonas de alta humedad y suelos de materia orgánica la cual aporta al crecimiento y la proliferación de diferente clase de microfauna, la cual suele intervenir de manera negativa en estos cultivos, siendo las principales los picudos negros (*Cosmopolites Sordidus*), gusano de tornillo (*Castniomera Humboldtii*), Colaspis (*Colaspis Hypochlora*) y Avispa Trigona (*Trigona sp.*)

En cuanto al manejo de estas clases de plaga se suele optar por el uso de trampas de color, feromonas, esto con el fin de determinar el tamaño de las plagas y de las acciones a tomar, siendo una de estas el manejo de aplicación por parte de productos químicos, junto con el embolsado de los racimos y la destrucción de los posibles nidos que resguarden a estas clases de plagas.

En cuanto a las enfermedades que el cultivo de banano puede presentar en cualquier parte de su proceso de producción, estas suelen generar un daño en las estructuras del

pseudotallo, sus raíces y el marchitamiento de sus hojas, reduciendo gran parte de la carga del llenado del fruto y en el peor de los casos la pérdida total del cultivo.

Para los controles de esta clase de enfermedades, las cuales suelen estar presentes en el suelo del área de cultivo siendo estos la Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis*), el Moko (*Ralstonia Solanacearum*) y la Pudrición Acuosa del Pseudo Tallo (*Dickeya sp*). Lo cual requiere que se proceda a revisar el material de siembra para determinar la pureza y su susceptibilidad tanto a las enfermedades como el uso de agroquímicos que pueden ser requeridos; incluyendo la aplicación de sustratos al suelo para mantener la fertilidad del mismo suelo.

2.2.4 Manejo poscosecha de banano

Una vez realizado el proceso de cosecha, se procede a la eliminación del material inocuo junto con la separación de cada racimo para evitar golpes innecesarios entre estos o que puedan llegar a generar una contaminación cruzada. Una vez separados los racimos se proceden a sumergirse durante 15 minutos en tanques de agua con piedralumbre en relación de 100g de piedra lumbre por 10 litros de agua; donde al cumplir el tiempo requerido se procede a escurrir el racimo hasta eliminar el exceso de humedad. A partir del proceso anterior el productor está en la capacidad de implementar recubrimientos u otras herramientas como control de temperatura antes y durante del embalaje para posteriormente ser llevado a la cadena de comercialización.

2.2.5 Mercado del banano

El banano es un cultivo de gran relevancia en la producción y el comercio agrícola a nivel mundial. Este liderazgo se ha consolidado debido al rápido crecimiento de la población en los países productores y a la creciente demanda global de importaciones. En respuesta a estos factores, el cultivo ha experimentado un notable incremento en sus volúmenes de producción y

comercio a lo largo de las últimas décadas (Bustos, 2022). Cuando se hace referencia a las exportaciones de Colombia, el banano sobresale como el claro líder en este ámbito. Representa el cultivo más relevante en el sector agrícola del país. Estos hechos son respaldados por los datos proporcionados por la Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales en su informe sobre la Cadena de Plátano (Bustos, 2022).

El promedio de 3.5 hectáreas por productor de plátano, junto con la importación anual de 13,721 toneladas, consolida a Colombia como el cuarto exportador más importante de este producto a nivel mundial. Aproximadamente el 90% de la producción nacional de banano se destina a la exportación, y sus principales destinos son Estados Unidos, Reino Unido, Bélgica, Italia y Países Bajos (Bustos, 2022). A pesar de enfrentar desafíos como la inflación, el aumento del costo de vida, problemas de suministro y las dificultades en la producción de fertilizantes debido al conflicto entre Ucrania y Rusia, el banano sigue siendo el producto emblemático de Colombia.

Los bananos representan un cultivo fundamental para millones de hogares en naciones en desarrollo, desempeñando un papel crucial al proporcionar alimento, nutrición y fuentes de ingresos. Los informes más recientes que evalúan el impacto del cambio climático en la producción agrícola sugieren que, especialmente en regiones tropicales, la producción de ciertos cultivos se verá afectada negativamente (Alliance Bioversity International, 2015). El sector bananero genera empleo para más de un millón de familias en Colombia, lo que equivale aproximadamente a 2.5 millones de personas. En el país, existen alrededor de 8,000 productores

de banano (Bustos, 2022), pronto estas familias se verán afectadas directamente por los estragos del cambio climático.

Un estudio realizado por la Alianza Bioversity International - CIAT muestra que para el año 2070, las áreas adecuadas para el cultivo de banano se expandirán en un 50%. Este incremento anual de las temperaturas creará condiciones más propicias para la producción de bananos en las zonas subtropicales y en las regiones tropicales de mayor altitud. Sin embargo, es relevante resaltar que, aunque existan beneficios en la expansión de las áreas aptas para el cultivo debido al incremento de las temperaturas, este último también implica un aumento en la necesidad de agua, con una estimación de aumento del 12-15% (Alliance Bioversity International, 2015).

Dada la predominancia de la producción de banano realizada de manera informal por pequeños agricultores, la obtención de cifras precisas sobre la producción mundial de banano resulta un desafío. No obstante, las estimaciones disponibles indican un aumento significativo en la producción global promedio de banano, pasando de 69 millones de toneladas en el periodo 2000-2002 a 115 millones de toneladas en 2017-2019, con un valor aproximado de 40,000 millones de dólares (FAOSTAT, 2019).

En el 2019 la industria mundial de exportación de banano generó alrededor de 13.5 mil millones de dólares anuales, según las estadísticas de FAOSTAT. Sin embargo, es fundamental destacar que solo aproximadamente el 18 por ciento de la producción total de banano a nivel mundial se comercializa en el mercado internacional. El restante se consume localmente,

principalmente en países productores de gran envergadura como India, China y Brasil, así como en algunas naciones africanas, donde los plátanos constituyen una parte significativa de la dieta de la población (FAO, 2017).

Los ingresos generados por el sector bananero en Colombia representan el 0.4% del Producto Interno Bruto (PIB) total, el 3.0% de las exportaciones totales y el 6.0% de las exportaciones no tradicionales, según Finagro (Bustos, 2022).

Para el aumento que se espera tener en la producción de banano, se debe tener en cuenta que habrá un factor determinante en su futuro y es la genética, y dependiendo de esta se verá qué variedades de banano podrán soportar las nuevas condiciones climáticas. El género *Musa*, al cual pertenece el banano, tiene su centro primario de domesticación en el sudeste asiático. Para establecer un sistema de producción comercial de banano que sea efectivo, es esencial que el sitio elegido cumpla con los requisitos climáticos, como latitud, altitud, temperatura, precipitación, viento y luz, así como con las condiciones edafológicas, que incluyen textura, pH, materia orgánica, profundidad y contenido de nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta (Intagri, 2018).

A pesar del origen tropical del género *Musa*, es interesante notar que el 85% de las variedades de bananos y plátanos cultivados se destinan al consumo local en regiones tropicales y subtropicales, lo que destaca su importancia en la dieta y economía de estas áreas. Ecuador, como líder indiscutible en la exportación de banano a nivel mundial con una cifra que supera los 317 millones de cajas anuales, aporta significativamente al PIB agrícola, contribuyendo con un

26% de este indicador y generando aproximadamente 2.5 millones de empleos, tanto de manera directa como indirecta (Vásquez-Castillo, 2019).

Los hallazgos indican que la calidad física y química de los frutos se ve afectada por el momento de la cosecha, ya que los racimos se desarrollan bajo condiciones ambientales variables. En resumen, el 82% de la producción de banano se exporta mayormente debido a que cumple con los estándares de calidad necesarios en los mercados globales (Vásquez-Castillo, 2019).

2.3 Recubrimientos comestibles

La pérdida de alimentos se ha convertido en una problemática de interés general a nivel mundial y de cada territorio en particular, en Colombia según el Departamento Nacional de Planeación (DPN) en 2022, se producen alrededor de 28,5 millones de toneladas de alimentos, de estos se estima que el 34% en sus diferentes cadenas de valor hasta el consumidor son desperdiciados (9,76 millones de toneladas), se estima que el 64% de estas pérdida se da en procesos de producción, postcosecha, almacenamiento y procesamiento industrial. La mayor cantidad de alimentos corresponde a las frutas y verduras que suman un total de 6,1 millones de toneladas, lo que supone además una merma en la economía de los productores y un riesgo en la seguridad y soberanía alimentaria (FAO, 2014).

Una de las causas importantes por las cuales la cifra es significativa se debe a la naturaleza de estos productos catalogados como perecederos. Su durabilidad e inocuidad es limitada, razón por la que han creado diferentes procesos y herramientas como el uso de

atmosferas modificadas, regulación de temperatura, uso de Recubrimientos Comestibles (RC) y Películas Comestibles, entre otras técnicas enfocadas a aumentar la vida de anaquel.

Ejemplo de este es el modelo de aplicación de recubrimiento es el presentado en “Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento de quitosano-aloe vera sobre la tasa de respiración de la uchuva (*Physalis Peruviana L.*)” de Celis, J. G., Muñoz, K., Viviana Ortega, & Esterilla (2019) el cual consiste en la implementación de la captura de CO₂, usando un recubrimiento quitosano a base de sábila y complementado en la aplicación de Na OH para poder atrapar el dióxido de carbono expulsado por el fruto evaluado el cual era la Uchuva, el cual es un fruto climatérico. Los resultados obtenidos por parte de este modelo presentan una diferencia de reducción de respiración celular por parte del fruto entre 50-70% , de los cuales de 130mg de CO₂/Kg*h de muestras con recubrimiento pasó a obtener 56.1 mg de CO₂/Kg*h en un periodo de 4 días de almacenamiento en laboratorio en contraposición a las muestras sin recubrimiento las cuales comenzaron con 59 mg de CO₂/Kg*h hasta finalizar con 26.5 mg de CO₂/Kg*h .

2.3.1 Clases de recubrimientos

El artículo titulado “RECUBRIMIENTOS PARA FRUTAS” de Morales y Robayo (2015) proporciona una visión detallada de los materiales y métodos empleados para el recubrimiento de frutas. El avance en la creación de recubrimientos empleados como aditivos alimentarios en productos hortofrutícolas ha estimulado investigaciones científicas que abarcan desde la mejora de recubrimientos que cumplan con estándares de calidad y respetuosos con el medio ambiente, hasta la evaluación de su impacto en la salud de los consumidores. Estos suplementos resultan efectivos en la recuperación de la capa de cera natural que suele degradarse en fases anteriores del proceso. También, facilitan una gestión más precisa de la pérdida de peso,

que implica una reducción en los niveles de agua, oxígeno y dióxido de carbono, a la vez que mejoran la apariencia del producto. Adicionalmente, estos aditivos ejercen un impacto favorable en el control del crecimiento de microorganismos.

Sin embargo, es importante señalar que existen hallazgos científicos que indican la posible toxicidad de ciertos aditivos, lo que ha llevado a precauciones adicionales y, en algunos casos, a restricciones impuestas por las autoridades reguladoras. Al mismo tiempo, se ha demostrado que otros aditivos son inofensivos.

2.4 Pectinas

La pectina es catalogada químicamente como un polisacárido de origen vegetal, caracterizado por su papel en la gelificación y alta compatibilidad con gran variedad de fluidos líquidos. Llevándolo a ser un elemento de estudio y experimentación en diversas áreas del mercado, usado como insumo o un elemento secundario de diferentes productos. Siendo su punto fuerte el campo médico, donde este es empleado en tratamientos de tratamientos en contra del cáncer, como el de colon; o en los tratamientos de diabetes (Fernández, 2017).

Dentro de la caracterización que presenta la pectina en todos sus tipos según Fernández, se basan en 2 específicamente, las cuales son las Pectinas altamente esterificada (HM) y bajamente esterificadas (LM). La característica visible es la capacidad de gelificación de un compuesto líquido, si este posee la capacidad de gelificar en altas temperaturas un líquido en pocos minutos, generando así nombres comunes como pectinas rápidas o lentas (Fernández, 2017).

El proceso de extracción requerido para la pectina recae en el material vegetal de consumo, siendo generalmente las frutas pertenecientes a las familias de los cítricos como naranjas, limones o limas. Las frutas que pueden ser empleadas también para la extracción de

pectina son pertenecientes a la familia de las Rosáceas (Manzanas y fresas) y en la familia de las Pasifloráceas del cual su fruto empleado para la creación de pectina es el maracuyá. El cual bajo diferentes análisis de rendimiento el cual supera el 68% (Muñoz, 2012).

El artículo titulado “Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana” de Chasquibol et al (2008) proporciona una visión detallada de la extracción y caracterización de pectinas de varias especies frutales de la biodiversidad peruana. En el marco de esta investigación, se llevó a cabo el análisis de la pectina en diversas especies frutales presentes en la biodiversidad peruana. La extracción y caracterización de las pectinas se focalizó en los frutos del níspero de la sierra (*Nespilus germánica*) y de la granadilla (*Pasiflora ligularis*), que se destacaron por su elevado contenido de ácido galacturónico, alcanzando el 87.97% y el 85.99% respectivamente. Además, se evidenció un alto grado de metoxilación, con valores de 89.15% y 88.24%, así como un elevado grado de esterificación, registrando cifras del 86.24% y 88.79%. Estos resultados fueron confirmados mediante espectrofotometría FT-IR. Además, se encontró que ambas pectinas poseen un peso molecular considerable, con valores de 10,183.5 y 16,366.96 respectivamente.

Recientemente, se ha investigado extensamente la importancia de las pectinas en varios procesos del desarrollo vegetal. Las propiedades de la pared celular, como su rigidez o flexibilidad, están fuertemente influenciadas por el grado de metilesterificación de las pectinas, en particular, los cambios estructurales constantes que experimentan los homogalacturonanos, uno de los componentes de las pectinas, debido a la acción de las pectin metilesterasas y poligalacturonasas, junto con las proteínas que inhiben estas enzimas, generan modificaciones locales en las características mecánicas de la pared celular, lo cual es esencial para el desarrollo de las plantas. (Salazar y Gamboa, 2013).

Estos procesos se han estudiado ampliamente durante el crecimiento del polen y la formación de primordios en el meristemo apical de *Arabidopsis thaliana*. La desmetilesterificación de los homogalacturonanos (HG) conlleva varios efectos, como la relajación de la pared celular debido a la hidratación, un aumento en la rigidez de la pared celular gracias a la interacción de dos moléculas de HG mediante iones de calcio, la degradación de la pared celular por las poligalacturonasas (PG) y/o la formación de oligogalacturonanos (OG) que participan en procesos de señalización.

2.5 Marco Político

2.5.1 Ley 9 de 1979.

La ley 9 de 1979 redacta como enfoque principal la protección del medio ambiente basado en la aplicación de descargas de residuos sólidos junto al aprovechamiento del uso del agua (Consumo humano, Uso Doméstico, Preservación de Flora y Fauna, Producción Agrícola y Pecuaria, Uso recreativo, Uso Industrial y en el sector de Transporte), sin importar si la naturaleza de estas actividades sean de uso público o privado.

Para el desarrollo de cualquier actividad de producción ya sea de carácter industrial o personal, la cual genera cualquier residuo líquido, los cuales la gran mayoría terminan vertiéndose al sistema de alcantarillado público, debe tener en cuenta los siguientes artículos de esta ley para poder ejecutar su actividad.

Artículos 10 y 11; los cuales establecen que el Ministerio de Salud es el ente encargado de establecer los requerimientos necesarios para la disposición del sistema de alcantarillado para el vertimiento de los residuos sobre este, además de ser quien autoriza el uso de este mismo para tal fin. (Ley 9 de 1979)

2.5.2 Ley 1990 de 2019.

La ley de 1990 de 2019 hace alusión a los procesos generales de la creación de una política en contra del desperdicio y/o pérdida de los alimentos, junto con el aprovechamiento de sus residuos para la contribución de un modelo de desarrollo enfocado en la sostenibilidad ambiental. Donde esta aplica para cualquier ente de la cadena productiva de los suministros alimenticios para la población civil y la alimentación animal ya sea a nivel local, departamental y/o nacional, esto bajo la supervisión de la Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CISAN) (Ley 1990 de 2019)

CAPÍTULO III

3 Metodología

Se implementó una metodología mixta (cualitativa-cuantitativa) bajo condiciones del laboratorio de la Granja Agroecológica Minuto de Dios -Villavicencio, aplicando un diseño experimental de 3 tratamientos cada uno con 6 unidades muestrales y un testigo, y se realizó un análisis descriptivo del proceso de poscosecha.

3.1 Diseño experimental

Se aplicó diseño experimental unifactorial aleatorizado de 3 tratamiento con 6 unidades muestrales cada uno y un control o testigo. Cada tratamiento corresponde a 3 formulaciones con base de pectina en la siguiente secuencia $T_1 = 50$ g, $T_2 = 75$ g, $T_3 = 100$ g y $T_0 =$ Control. El factor de análisis corresponde a la pérdida de peso en un periodo determinado y un análisis de ANOVA simple.

3.1.1 Unidad muestral

Cada muestra corresponde a una unidad de banano variedad *Cavendish*, de cosecha en su índice 1 de madurez fisiológica y reciente al momento de ser utilizados. En total se emplearon 21 unidades todas procedentes del mismo racimo.

3.2 Materiales y reactivos

- Mechero de alcohol
- Ácido acético (Vinagre)
- Almidón de yuca.

- Glicerina
- Alcohol 75%
- Vaso Precipitado.
- Agua destilada
- Bandejas
- Brocha
- Tamiz de uso domestico
- Balón de precipitado
- Frasco de cierre hermético

3.3 Equipos de laboratorio

- Soporte Universal
- Licuadora
- Plancha de calentamiento.
- Medidor de pH digital
- Nevera

3.4 Materia prima

La procedencia del maracuyá como fuente de materia prima (cáscaras) es de origen comercial, alrededor de 1 kg de fruta fresca seleccionada a partir de atributos como color mayormente uniforme amarillo, brillante, de textura lisa, sin ablandamiento ni daños en el exocarpo evidentes.

3.5 Preparación de la materia prima

Inicialmente la materia prima fue lavada con agua destilada retirando suciedades visibles a simple vista, se realizó pesaje del material y se retiró la pulpa. Una vez separada la pulpa de la cáscara del maracuyá se procede a cortar en trozos medianos esta y quitar manualmente el exocarpo, finalmente se extiende sobre toallas de papel para retirar el exceso de humedad. Posterior al retiro del exceso de humedad se pesa nuevamente el material obtenido, evidenciado en la secuencia de figuras 1, 2, 3 y 4.

Figura 1.

Lavado de la materia prima posterior al despulpado.



Nota: Lavado de mesocarpo del maracuyá. Autores

Figura 2.

Material disponible para retirar el exocarpo.



Nota: Secado de la sección interna para posteriormente separarlos. Autores

Figura 3.

Pesaje de la materia prima una vez retirado el exocarpo.



Nota: Pesaje de material en balanza analítica; Autores

Figura 4.

Materia prima en proceso de retirado de exceso de humedad.

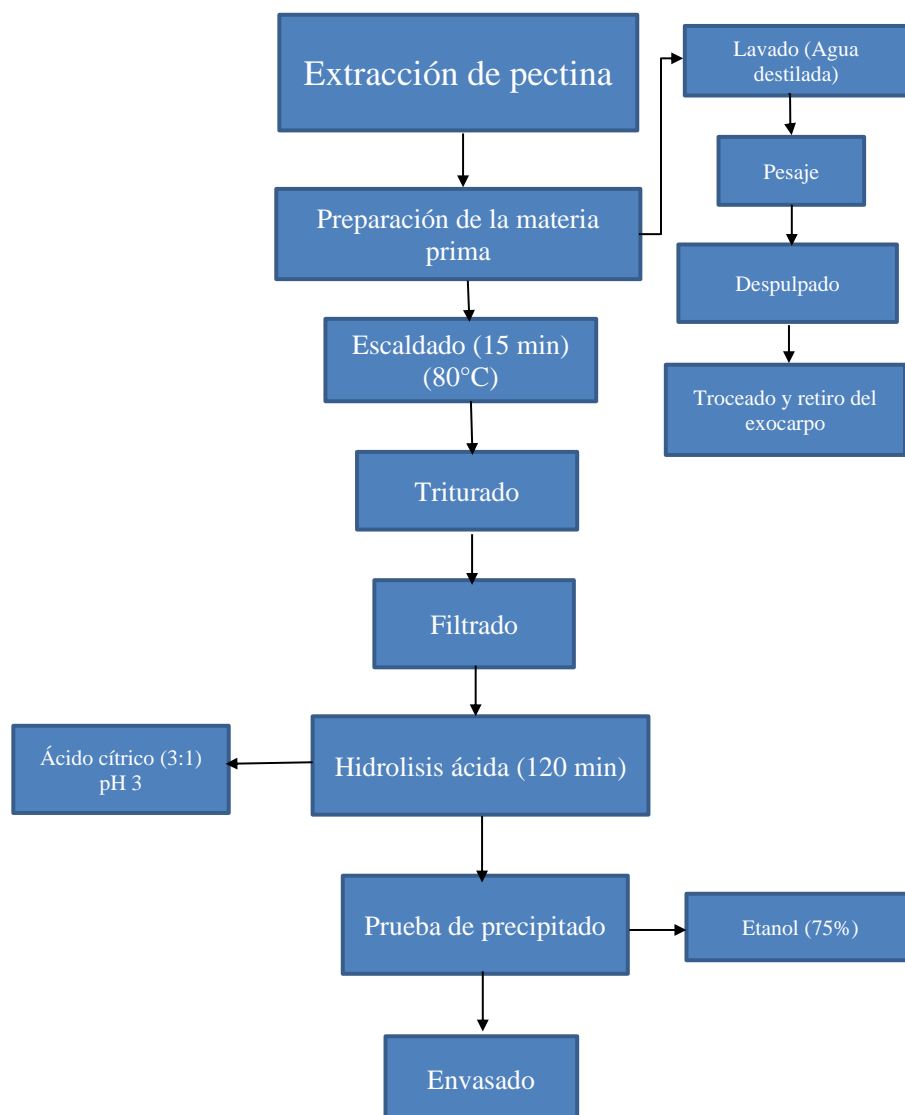


Nota: Secado de mesocarpo en papel kraft después de haber sido cortado y limpiado; ; Autores

3.6 Extracción de pectina

En el siguiente flujograma (figura 5) se muestra el proceso de extracción de pectina utilizado en el presente proyecto.

Figura 5.
Flujograma de procesos usados para la extracción de pectina del albedo de maracuyá.



Nota: Flujograma basado en literatura consultada para el proceso de extracción de pectina; Autor Ruth Maritza Muñoz.

3.6.1 Proceso de extracción de pectina

Se realizó escaldado con ayuda de mecheros y balón de precipitado en una relación 3:1 de agua (978 ml) y de materia prima (326g) (figura 6) durante 15 minutos a una temperatura promedio de 80-90 °C. El escaldado se realiza con la finalidad de separar restos de exocarpo presentes, inactivación enzimática y ablandamiento del producto para facilitar el triturado. Posterior al escaldado se trituró pasando por licuadora para degradar el material a una textura viscosa que facilita el proceso de hidrólisis ácida, finalmente se filtra con ayuda de un tamiz de uso doméstico para retirar materiales y grumos no necesarios y así proceder al proceso de hidrólisis.

Figura 6.
Proceso de escaldado de la materia prima con ayuda de balón de precipitado y mecheros



Nota: Proceso de escladado de la pectina y en un balón aforado empleando un soporte universal y 2 mecheros de alcohol para poder obtener la pectina, Autores

3.6.2 *Hidrólisis ácida*

Se utilizaron 326 g del producto procesado añadiendo 10g de ácido cítrico por cada 30 g de materia prima, se mezclaron de tal manera que estuviera uniforme y su pH rondara en torno a 3. En plancha de calentamiento se dispuso balón de precipitado con la mezcla por alrededor de 120 minutos a una temperatura aproximada de 80 °C (Figura 7.), finalmente se retiró de la fuente de calentamiento, se extrajo una muestra con la cual se realizó prueba de precipitado con alcohol al 75% para comprobar el éxito de la extracción (Figura 8), el restante se envasa y se deja reposar.

Figura 7.
Inicio del proceso de hidrólisis ácida.



Nota: Implementación de plancha de calentamiento para realizar la hidrólisis ácida en un balón de precipitado para calentar la solución, Autores

Figura 8.
Prueba de precipitado positiva para correcta extracción de pectina.



Nota: Prueba de precipitado en vaso de precipitación implementando alcohol y suministrando la pectina para su observación. Autor Juan Pablo Pérez Pineda

3.7 Elaboración de los tratamientos (recubrimientos)

La elaboración del recubrimiento tuvo como elemento principal la pectina extraída de la materia prima acompañado de glicerina, agua destilada, almidón de yuca y ácido acético (vinagre). Se utilizaron 3 formulaciones que se muestran en la tabla 1, correspondientes al tratamiento 1, 2 y 3.

Tabla 3.
Formulación del recubrimiento/ tratamientos

Recubrimiento	Pectina	Almidón	Ácido acético	Glicerina	Agua destilada
Tratamiento 1	50 g	10g	5 ml	5 ml	78 ml
Tratamiento 2	75 g	10 g	5 ml	5 ml	78 ml
Tratamiento 3	100 g	10 g	5 ml	5 ml	78 ml

3.7.1 Preparación de los tratamientos

Nota: Tabla de información sobre los compuestos añadidos en cada tratamiento de pectina. Autor Ruth Maritza Muñoz

Tratamiento 1

Se disolvió 50 g de pectina, 10 g de almidón de yuca, 5 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina en 78 ml de agua destilada, se pasó la disolución por plancha de calentamiento aproximadamente 3 minutos hasta conseguir espesor, posteriormente se mezcló con 50 g de pectina mediante el uso de batidora y finalmente se pasa nuevamente por plancha de calentamiento a una temperatura aproximada a 70°C hasta obtener la mezcla de todos los componentes y una consistencia viscosa.

Tratamiento 2: Se disolvió 10 g de almidón de yuca, 5 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina en 78 ml de agua destilada, se pasó la disolución por plancha de calentamiento aproximadamente 3 minutos hasta conseguir espesor, posteriormente se mezcló con 75 g de pectina mediante el uso de batidora y finalmente se pasa nuevamente por plancha de calentamiento a una temperatura aproximada a 70°C hasta obtener la mezcla de todos los componentes y una consistencia viscosa.

Tratamiento 3: Se disolvió 10 g de almidón de yuca, 5 ml de ácido acético y 5 ml de glicerina en 78 ml de agua destilada, se pasó la disolución por plancha de calentamiento

aproximadamente 3 minutos hasta conseguir espesor, posteriormente se mezcló con 100 g de pectina mediante el uso de batidora y finalmente se pasa nuevamente por plancha de calentamiento a una temperatura aproximada a 70°C hasta obtener la mezcla de todos los componentes y una consistencia viscosa.

3.7.2 Aplicación de los tratamientos

Una vez el recubrimiento disminuyó su temperatura hasta alcanzar la del ambiente estuvo listo para usar. Se realizó aplicación en cada tratamiento a las unidades muestrales correspondientes mediante el uso de brocha, aplicando el recubrimiento desde la punta hasta el pedúnculo del banano de la variedad *Cavendish*. Estos se dispusieron en bandejas con el fin de permitir un secado bajo condiciones de una humedad relativa de 25% a temperaturas de 26°C.

Algunos aspectos ha tener en cuenta al momento de manipular el recubrimiento es el uso de equipo básico de bioseguridad como guantes, tapabocas, bata y cofia, teniendo en cuenta que el material presenta viscosidad en su etapa inicial y algún material externo puede adherirse a él, así como puede ser fuente de contaminación mientras este cambia su consistencia.

3.8 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en base al diseño experimental unifactorial a 3 niveles en el cual se usan las medias poblacionales para establecer si existe diferencia entre una hipótesis nula (H_0) y una hipótesis alternativa (H_1), entonces se establece que:

H_0 : No existe diferencia entre el peso de los tratamientos y el control con el uso del recubrimiento

H_1 : Existe diferencia en la pérdida de peso entre los tratamientos y el control con el uso del recubrimiento

Para realizar el análisis estadístico se escogieron 3 muestras totalmente aleatorias de cada tratamiento comparadas con las 3 muestras control (tabla 4), se implementó el programa Microsoft Excel con ayuda del complemento de análisis de datos, opción 1 “Análisis de varianza de un factor”. Este programa establece que H_0 es aceptada siempre y cuando $F < F_{Crítica}$ y H_1 es aceptada siempre y cuando $F > F_{Crítica}$.

Siendo:

F = variación entre las medias de las muestras

$F_{Crítico}$ = Valor de probabilidad inversa.

Entonces si $F_{Crítico}$ se encuentra elevado respecto a F el modelo es significativo

Tabla 4.

Conjunto de datos en los que se basa el ANOVA.

Grupos	# Muestras	Valor de las muestras
T1	3	116,571429
		114,142857
		144,142857
T2	3	136,857143
		132
		108,142857
T3	3	108,714286
		136,142857
		136,714286
T0	3	145,714286
		132,142857
		138

Nota: Conjunto de datos extraídos de los tratamientos para su uso en el desarrollo del Análisis de varianza. Autores.

CAPÍTULO IV

4. Resultados

A partir de 1000g de maracuyá amarilla fresca obtenida en el mercado local se logró obtener 600g de cáscara a partir del peso del total. Una vez retirado el exocarpo el restante del material tuvo un peso aproximado de 326 g el cual representa un 33% del peso de la cascara de maracuyá. Así se sometió 326 a g a hidrólisis ácida para la extracción de la pectina. Una vez extraída se obtuvo una cantidad total de 700 ml de pectina, la cual fue envasa en recipiente hermético de vidrio de borosilicato 3.3, rotulada y almacenada (Figura 9).

Con base a lo anterior, de una toma de residuos de maracuyá amarilla logramos obtener un 33% del material requerido, es decir un 1/3 del material original que se empleará para su uso en la elaboración de un nuevo insumo, generando una relación que colinda con un modelo de desarrollo sostenible bajo la política de aprovechamiento de residuos. (Ley 1990 de 2019)

Figura 9.

Pectina extraída almacenada en envase hermético de vidrio borosilicato 3.3.



Nota: Pectina de maracuyá extraída almacenada en envase hermético de vidrio borosilicato 3.3. Autores

4.1 Tratamientos

Cada tratamiento presentó una coloración blanquecina de consistencia viscosa, con un volumen total de T1= 148 ml, T2= 173 ml y T3= 198 ml (Figura 10).

Figura 10.
Tratamiento 1 (50 g pectina + 5 ml glicerina + 5 ml ácido acético + 10 g almidón de yuca + 78 ml agua destilada) sin aplicar.



Nota: Tratamiento 1 previo a proceso de aplicación en banano. Autores

4.1.1 Aplicación de los tratamientos

El proceso de aplicación de los tratamientos en las muestras consistió en el esparcimiento de este mismo realizando tres pasos de brocha con intervalos de tiempo de 10 segundos entre cada uno, recubriendo la totalidad del fruto y evitando la acumulación innecesaria del recubrimiento de en algún área del fruto. Esto con el fin de que se mantuviera uniformidad en el proceso adaptación del recubrimiento al fruto.

4.2 Análisis estadístico (ANOVA)

Se puede evidenciar que existe un modelo significativo a partir del ANOVA en el cual la H_0 = Existe diferencia entre la pérdida de peso entre los tratamientos y el control con el uso de recubrimiento, es aceptada dado que $F = 0,60391441$ y $F_{\text{Crítico}} = 4,066180551$ mostrando una diferencia notable entre las estas (Tabla 5). Lo anterior prueba que el uso de la pectina extraída y transformada en recubrimiento es eficiente en los tratamientos 1 (Figura 11), 2 y 3 respecto al control para minimizar la pérdida de peso.

Tabla 5.

ANOVA de un factor a tres niveles y un testigo por nivel (tratamiento).

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
				0,60391	0,630625	
Entre grupos	369,7465985	3	123,2488662	441	76	4,066180551
Dentro de los grupos	1632,666664	8	204,0833329			
Total	2002,413262	11				

Nota: ANOVA simple del proyecto, realizado en Microsoft Excel. Autor Ruth Maritza Muñoz Benavides

Sin embargo, no se observa diferencia significativa cuantitativamente entre pérdida de peso de cada tratamiento respecto a la cantidad de pectinada implementada en cada uno, sugiriendo que una cantidad de pectina entre los 50 g y los 100 g pueden ser viables para elaborar un recubrimiento bajo las mismas proporciones de los demás insumos usados en el presente proyecto. No obstante, el tratamiento 2 (Figura 12) mostró una diferencia significativa en los aspectos cualitativos en cuanto a la pigmentación y la entrada en mayor proporción de organismos (microorganismos e insectos).

Se pudo observar que el tratamiento 2 prioriza la integridad física del fruto, retrasando la pigmentación oscura generada a lo largo de zona del pedúnculo y punta del mismo.

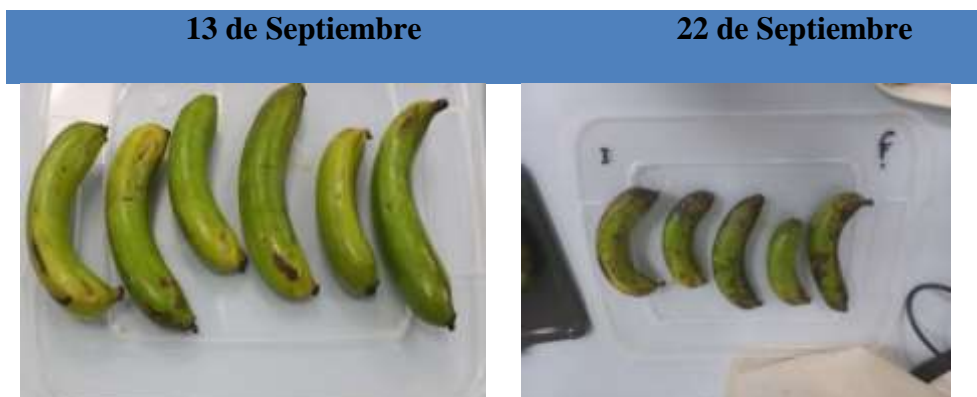
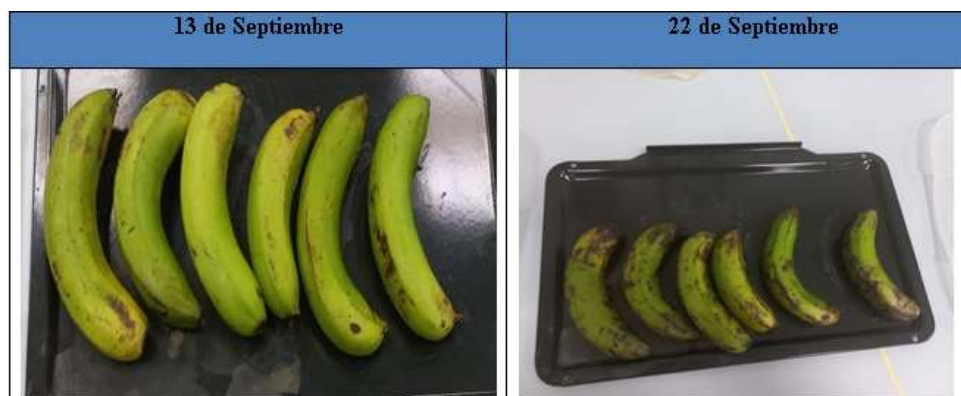
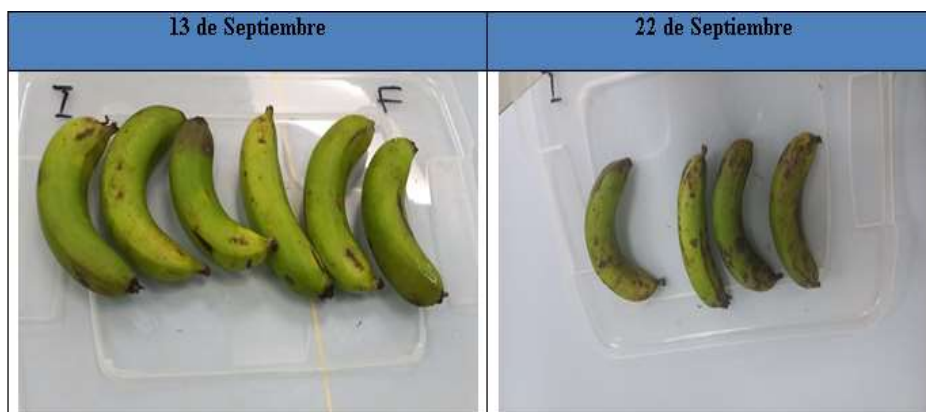
En contraposición, el tratamiento 3 (Figura 13) el cual poseía una contenía con 100 g de pectina, fue el tratamiento que generó la mayor cantidad de perdida de muestras, siendo estas de 1/3 de los frutos resguardados el séptimo día de almacenamiento, el cual es un patrón que se repite en las demás muestras las cuales comienzan en un proceso de ablandamiento del fruto; más sin embargo en el tercer tratamiento este ya se encontraba en el catálogo de “perdida” esto debido a que ya habría sido consumido presuntamente por un agente fúngico. Con respecto a la cantidad de material que se catalogó como perdido, el tratamiento 2 fue aquel que registró el menor número de muestras **no disponibles** para el consumo (Tabla 6).

Tabla 6.
Informe del estado de las muestras/Tratamiento

Identificación	Material Sano	Material Alterado	Material Perdido
Tratamiento 1	3	2	2
Tratamiento 2	4	2	1
Tratamiento 3	4		

Nota: Gráfica de líneas de la toma del peso total de cada tratamiento junto con su testigo, durante su proceso de recolección de datos.
Autor Juan Pablo Pérez Pineda

Nota: Tabla de identificación del estado total de las muestras en el ultimo día de toma de datos. Autor Juan Pablo Pérez Pineda

Figura 11.*Registro fotográfico del inicio y final de la prueba Tratamiento 1**Nota:* Registro fotográfico de las muestras de banano del Tratamiento 1. Autor Juan Pablo Pérez**Figura 12.***Registro fotográfico del inicio y final de la prueba Tratamiento 2**Nota:* Registro fotográfico de las muestras de banano del Tratamiento 2. Autor Juan Pablo Pérez**Figura 13.***Registro fotográfico del inicio y final de la prueba Tratamiento 3**Nota:* Registro fotográfico de las muestras de banano del Tratamiento 3. Autor Juan Pablo Pérez

El tratamiento de 75 ml de pectina demostró un desempeño favorable en cuanto prevenir una pérdida masiva del material del banano de la variedad *Cavendish*. Tomando en cuenta a su vez que la elaboración de éste recubrimiento no tiene la adición de agentes aditivos antifúngicos y antimicrobianas como normalmente se aplica en productos comestibles en el mercado (Londoño, 2022).

En este sentido, la implementación de recubrimientos a partir de residuos de maracuyá amarilla permite un segundo uso en productos climatéricos, el cual tiene un alto índice de éxito de prevención de pérdida de material vegetal facilitando el proceso de postcosecha, enfocado principalmente en las etapas de almacenamiento y transporte. Un punto que permite al pequeño productor emprender un modelo de desarrollo sostenible (Ley 1990 de 2019), esto debido a que este insumo es de bajo nivel inversión de capital, garantizando un balance entre la calidad del producto y su cantidad a largo tiempo en el proceso de poscosecha..

Los resultados obtenidos durante el proyecto, permiten la implementación de la pectina como insumo clave en la fabricación recubrimientos en alimentos climatéricos de consumo inmediato; inofensivo e inocuo para la salud humana; el cual ya ha sido empleado en otros productos para su complementación y material de estudio y es permitido su circulación dentro del mercado nacional (Cabarcas et al, 2012).

CONCLUSIONES

- La extracción de pectina no representa un procedimiento de alta complejidad, la cual no requiere de materiales especializados, debido a su implementación con materiales y herramientas comunes para obtenerlo.
- Un factor para tener en cuenta es determinar la compatibilidad entre el reactivo, las soluciones y material de aplicación, esto debido a la posible susceptibilidad de este mismo cambios físicos y químicos que puedan alterar de forma negativa la composición.
- A partir de los resultados obtenidos se puede establecer que la cantidad requerida para lograr un recubrimiento funcional debe ser superior a 50 g de pectina e inferior a 100 g de pectina, en relación con los demás componentes implementados durante el desarrollo del recubrimiento en sus mismas cantidades.

RECOMENDACIONES

- Realizar este tipo de procedimientos condiciones mayormente controladas que permitan mantener las menores cantidades de factores que puedan alterar los resultados.
- Disposición de insumos necesarios para la elaboración de este tipo de procedimientos.

Referencias

- Arteaga, F. J. (2015). Origen y evolución del banano. <https://shorturl.at/agpt2>
- Badii, M. H., & Abreu, J. L. (2006). Control biológico una forma sustentable de control de plagas (Biological control a sustainable way of pest control). *Daena: international journal of good conscience*, 1(1), 82-89. <https://shorturl.at/ikpuQ>
- Bananos y cambio climático: qué va a pasar con una de las frutas preferidas en el mundo? (s. f.). Alliance Bioversity International - CIAT. <https://alliancebioversityciat.org/stories/bananos-y-cambio-climatico-que-va-pasar-con-una-de-las-frutas-preferidas-en-el-mundo>
- Barbosa, I. C., de Vasconcelos Vieira, S. K., & Sá, D. M. A. T. (2018). Utilização De Polissacarídeos De Passiflora Edulis Como Estabilizantes Em Sorvetes De Baunilha-Influência No Overrum.
- Bustos, A. (2022). ¿Cuál es la importancia del cultivo de banano para las exportaciones colombianas?. Portal frut<https://www.portalfruticola.com/noticias/2022/04/26/banano-es-el-cultivo-mas-importante-de-colombia/>
- Cabarcas,E; Guerra,B & Henao,C (2012) “Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción” universidad de Cartagena facultad de ingeniería programa de ingeniería química. Cartagena de indias. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/109/Trabajo%20de%20grado-Extraccion%20y%20caracterizacion%20de%20pectina%20a%20partir%20de%20cascaras%20de%20platanos%20para%20desarrollar%20un%20dise%C3%B1o%20general~1.pdf?sequence=1>

Campusano, A. (2010). “Efecto del tipo de producción de banano Cavendish en su comportamiento poscosecha”. Escuela Superior Politécnica Del Litoral.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/18986>

Carabali, A., Ramos, Y. P., Orozco, F., & Murcia, N. (2018). Manejo de enfermedades y plagas en el cultivo de maracuyá amarillo (*Passiflora edulis*) fo. Flavica O. Deg en el norte del Valle del Cauca: Ola Invernal. Tecnologías para recuperar el sector agropecuario.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1200/45339_61906.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Castro Bedoya, S. (2023). Establecimiento del sistema productivo de maracuyá (*Passiflora edulis* var. flavicarpa) como alternativa de diversificación de cultivos en Balboa, Risaralda. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ingenieria_agronomica/320

Celis, J. G., Muñoz, K., Viviana Ortega, & Esterilla, W. P. (2019). Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento de quitosano-aloe vera sobre la tasa de respiración de la uchuva (*Physalis Peruviana* L.). [Evaluation of the effect of the application of a coating of chitosan-aloe vera on the rate of respiration of cape gooseberry (*Physalis Peruviana* L.)] Informador Técnico, Suppl.Suplemento I, 83(2), 53-56.

<https://login.bdigital.sena.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/evaluación-del-efecto-de-la-aplicación-un/docview/2412503285/se-2>

Chasquibol Silva, N., Arroyo Benites, E., & Morales Gomero, J.C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. Ingeniería Industrial, 26, 175-199. Universidad de Lima, Lima, Perú.

<https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428492010.pdf>

Cleves, A., de Jesús Jarra, A., & Fonseca, J. (2009). Manejo integrado del cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*, 97.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12824/44346_56969.pdf?sequence=1#page=98

Departamento Nacional de Planeación (2022). Estudio De Pérdida Y Desperdicio De Alimentos En Colombia.

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Estudio_Perdidas_desperdicios_alimentos_Ficha.pdf

Escudero, A., & González, I. (2006). Polisacáridos de aplicación en productos cárnicos. In *Tecnología, Ciencia y Calidad Alimentaria en los Productos Cárnicos Del Siglo XXI* (pp. 61-83). Editorial Agrícola Española S.A. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf>

Fernández, C (2017) " PECTINA" Repositorio Instituto Politécnico Nacional Unidad Profesional Interdisciplinaria De Biotecnología <https://www.academia.edu/32131734/PECTINA>

Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., & Falcón Rodríguez, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542015000300008&script=sci_arttext&tlng=en

Feuillet, C. y MacDougal, JM (2003). Una nueva clasificación infragenérica de *Passiflora* L. *Passifloraceae*. *Passiflora*, 13 (2), 34-38.

Fisiología de la producción del cultivo de banano en el Trópico | Intagri S.C. (2018.).

<https://www.intagri.com/articulos/frutales/fisiologia-de-la-produccion-del-cultivo-de-banano-en-el-tropico>

Guidi, A., & Arandía Quiroga, M. Z. (2010). Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá mediante hidrólisis ácida. *Journal Boliviano de Ciencias*, 67.

http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2075-89362010000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Iñiguez, M. M. C., Torres, G. V. C., & Solorzano, S. S. S. (2022). Estrategias de internacionalización: caso empresas comercializadores de productos no tradicionales derivados de maracuyá. *Revista Scientific*, 7(26).

http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/19824/1/T-27769_CENTENO%20TORRES%20GIOVANNY%20VLADIMIR.pdf

Londoño Benítez, M y Preciado Romana, D. (2022). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca con adición de distintos agentes activos para aumentar la vida útil y reducir infecciones fúngicas de *Musa Sp* durante la etapa de postcosecha. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/58508>

Martínez Cardona, J y Hernández Sánchez, D. (2020). Reconocimiento de Enfermedades de Maracuyá (*Passiflora Edulis*) en el Municipio de Fuente de Oro Meta. Universidad de los Llanos. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1510>

MINAGRI, M. D. (2014). *El Banano Peruano*.

<http://repositorio.minagri.gob.pe/xmlui/handle/MIDAGRI/70>

Mora-Castro, D. P. (2011). El cultivo de Maracuyá.

<https://www.ica.gov.co/getattachment/a814b577-c0c0-4369-8ecd-4f01f971cf99/El-cultivo-de-%20maracuya-en-temporada-invernal.aspx>

Morales Posada, N.B., & Robayo Rodríguez, A.E. (2015). Recubrimientos para frutas [PDF]. Tecnología en Gastronomía, Facultad de Artes y Arquitectura, Universitaria Agustiniana. Avenida Ciudad de Cali, 20/08/2015.

<https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/download/312/280>

Muñoz, R., & Cuesta, M. (2012). Extracción de pectina a partir de la corteza de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* de gener). Revista Politécnica, 31.

https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/195

Núñez Jaramillo, G. A. (2023). Principales enemigos naturales de Dione juno (Cramer, 1779)(Lepidoptera: Nymphalidae) en el cultivo de maracuya (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13850>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Panorama General De La Producción Y El Comercio Mundial De Banano.

<https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s04.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Banano. (2017). <https://www.fao.org/economic/est/est-commodities/oleaginosas/banano/banano/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014). Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles.

<https://www.fao.org/3/i3901s/i3901s.pdf>

Parra, J. (2015). Análisis de la producción y comercialización del maracuyá en Colombia. Universidad de los Andes.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/9178672b-6a9a-40bf-8073-5801e5bf8af7/content>

Petrel, J. (2022) La fruta de la pasión nos apasiona. Noticias de AGROSAVIA.

<https://www.agrosavia.co/noticias/la-fruta-de-la-pasi%C3%B3n-nos-apasiona>

Pulgarín, M., Hernández, L., Arias, C., Montoya, J., Benavides, M., & Castellanos, P. (1999). El Cultivo de Platano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Comité de Cafeteros del Quindío.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2095/40195_24824.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quintero, E. M., Lopez, I. C., & Kondo, T. (2012). Manejo integrado de plagas como estrategia para el control de la mosca del botón floral del maracuyá *Dasiops inedulis* Steyskal (Diptera: Lonchaeidae). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1), 31-40.

<https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945032004.pdf>

Ramos-García, M., Romero-Bastida, C., & 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*, 19(1).

<https://www.redalyc.org/journal/813/81355612003/81355612003.pdf>

Treid, J. (2022). Colombia exportó un 38,87 % más de maracuyá amarillo en 2021 que en 2020. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/colombia-exporto-un-3887-mas-de-maracuya-amarillo-en-2021-que-en-2020-3303277>

Salazar Iribe, A. y Gamboa de Buen, A. (2013). Importancia de las pectinas en la dinámica de la pared celular durante el desarrollo vegetal. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://scielo.org.mx/pdf/reb/v32n2/v32n2a3.pdf>

Ley 9 de 1979 *Por la cual se dictan Medidas Sanitarias*. 24 de Enero de 1979.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1177>

Ley 1990 de 2019 *Por medio de la cual se crea la política para prevenir la pérdida y el desperdicio de alimentos y se dictan otras disposiciones*. 2 de Agosto de 2019

Vásquez-Castillo, W. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (*Musa acuminata*) en el Ecuador. <https://www.redalyc.org/journal/5722/572260689011/>