



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA DE ALIMENTOS

PROYECTO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERA EN
ALIMENTOS

TEMA

COMPARACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE YUCA Y
PLÁTANO EN ARÁNDANOS (*VACCINIUM CORYMBOSUM*).

AUTORAS

Macias Majojo Meily Nahomy
Mero Menoscal Melany Valentina

TUTOR

Ing. Ramón Zambrano Morán

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

2026



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“COMPARACIÓN DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE YUCA Y
PLÁTANO EN ARÁNDANOS (VACCINIUM CORYMBOSUM).”**

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería,
Industria y Construcción de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, como requisito
para obtener el título de:

INGENIERA EN ALIMENTOS
Aprobado por el Tribunal Examinador

DECANO

DIRECTOR TRABAJO

JURADO EXAMINADOR

JURADO EXAMINADOR

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de las estudiantes **Macias Majojo Meily Nahomy y Mero Menoscal Melany Valentina**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería en Alimentos, período académico **2026-1**, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **"Comparación de recubrimientos comestibles de yuca y plátano en arándanos (*Vaccinium Corymbosum*)"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.



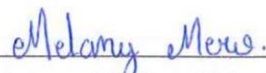
Ing. Ramón Zambrano Morán, Mg.
TUTOR DE TITULACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE TESIS

Macias Majojo Meily Nahomy y Mero Menoscal Melany Valentina, estudiantes de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura, Carrera de Ingeniería en Alimentos, libre y voluntariamente declaro que la responsabilidad del contenido del presente trabajo titulado **“Comparación de recubrimientos comestibles de yuca y plátano en arándanos (*Vaccinium Corymbosum*)”**, Es una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del tutor, Ing. Ramón Zambrano Morán y la propiedad intelectual de la misma pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Macias Majojo Meily Nahomy
C.I. 1313555383



Mero Menoscal Melany Valentina
C.I. 1315789980



Ing. Zambrano Morán Ramón, Mg
C.I. 1310428501

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a Dios por guiarnos con sabiduría, fortaleza y perseverancia durante cada etapa de este proceso, permitiéndonos culminar con éxito este trabajo de investigación.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por abrirnos las puertas de esta institución y brindarnos la formación académica, científica y humana necesaria para nuestro crecimiento profesional.

A nuestro docente tutor, por su acompañamiento, orientación, paciencia y conocimientos compartidos durante el desarrollo de esta investigación. Sus observaciones y recomendaciones fueron fundamentales para fortalecer la calidad de este trabajo.

Un agradecimiento muy especial al Ing. César, quien nos acompañó durante la fase experimental de esta investigación. Gracias por su paciencia, dedicación y disposición para guiarnos en cada uno de los análisis realizados en el laboratorio. Sus explicaciones fueron esenciales para comprender correctamente cada procedimiento y así poder ejecutar el trabajo con mayor seguridad y confianza.

Así mismo agradecemos a nuestras compañeras Angie y Melanie quienes nos acompañaron durante todo este proceso universitario, donde nos motivaron, ayudaron su apoyo fue muy valiosos para nosotras.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias y todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron, con su apoyo, conocimientos, tiempo y confianza para hacer posible la realización de esta investigación.

A todos ellos, nuestra más sincera gratitud.

Meily y Melany

DEDICATORIA

Con todo mi amor, dedico este logro a mi mamá, el ser más importante de mi vida y la persona que, con su ejemplo de lucha, fortaleza y dedicación, me enseñó a nunca rendirme. Gracias por tu amor incondicional, por cada sacrificio realizado y por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba. Este logro es tan tuyo como mío, mamá porque sin tu apoyo y tu confianza, jamás habría sido posible esto.

A mi hermana, a mi hermano y mi prima, por estar siempre presentes, por sus palabras de aliento, por creer en mí y por brindarme su cariño.

Y, con el amor más profundo de mi corazón, dedico este logro a mi hermano, quien hace unos meses partió de este mundo y hoy vive en el cielo. Tu ausencia ha sido uno de los dolores más grandes que he tenido que enfrentar, pero también me enseñó a valorar aún más cada momento y a seguir adelante con la esperanza de que, desde donde estás, continúas cuidándome. Hoy hubiera deseado verte celebrar conmigo esto, pero estoy segura de que, de alguna manera, compartes mi alegría.

A mi compañera de tesis y amiga incondicional. Gracias por acompañarme durante todo este proceso, por tu paciencia y comprensión.

A todas las personas que creyeron en mí, y me animaron a seguir adelante. Sus palabras de confianza fueron un impulso para no rendirme.

Meily

DEDICATORIA

A mí madre, mi más grande inspiración, Marcela Menoscal, la persona que más ha creído en mí, quien ilumina mi vida y hace que todos mis esfuerzos valgan la pena. Gracias por cada sacrificio, por tu amor incondicional. De ti aprendí el valor de la dedicación y constancia. Todo lo que hago es por ti y para ti. Este no solo es mi logro también es tuyo. Gracias por enseñarme agarrar un lápiz y con él poder escribir mis sueños,

A mi papá, Holger Mero, por ser parte de este camino, por su apoyo y por enseñarme que la constancia siempre tiene su recompensa.

A mi querida hermana, Milena Mero, por acompañarme en cada etapa, por animarme cuando más lo necesitaba y por hacerme sentir que nunca estaba sola.

A mi compañero de vida, Jorge Santos, por sostenerme en los momentos más difíciles, por creer en mí. Tus palabras de aliento me han ayudado a tener determinación para seguir adelante. Gracias por caminar a mi lado, por impulsarme a alcanzar mis sueños y por demostrarme, con cada acción, que siempre puedo llegar lejos. Admiro profundamente la persona que eres y el apoyo que me brindaste para alcanzar esta meta. Este logro también lleva una parte de ti.

También a mi compañera de tesis, gracias por recorrer este camino junto a mí. Tu compromiso, apoyo y trabajo en equipo fueron fundamentales para hacer posible este proyecto.

A mi familia en general, abuelos, hermanos, tíos, tías porque nunca dejaron de creer en mí, porque siempre me recordaron que sí podía lograrlo y porque su amor fue la fuerza que me permitió llegar hasta aquí.

Con todo mi corazón, este logro es para ustedes.

Melany

Índice

1	Introducción	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento de problema	3
1.3	Justificación	3
1.4	Preguntas de investigación	5
1.5	Hipótesis	5
1.6	Objetivos.....	5
1.6.1	Objetivo General	5
1.6.2	Objetivos Específicos	5
2	Metodología	6
2.1	Ubicación de la investigación.....	6
2.2	Enfoque de la investigación.....	6
2.3	Tipo de investigación.....	6
2.4	Variables	6
2.5	Población	7
2.6	Muestra	7
2.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	7
2.7.1	pH.....	7
2.7.2	Humedad	8
2.7.3	Firmeza.....	8
2.7.4	Color.....	8
2.7.5	Pérdida de peso.....	8
2.7.6	Permeabilidad al vapor de agua	9
2.7.7	Solubilidad	9
2.7.8	Análisis Sensorial	10
2.8	Equipos y Materiales	10
2.9	Procedimiento	11
2.9.1	Elaboración del recubrimiento comestible	11
2.9.2	Aplicación de los recubrimientos comestibles	12

2.10	Análisis de datos	12
2.11	Diseño experimental	12
3	Resultados	13
3.1	pH	13
3.2	Humedad.....	16
3.3	Firmeza	18
3.3.1	Dureza	19
3.3.2	Energía	21
3.3.3	Comparación entre dureza y energía	24
3.4	Colorimetría.....	24
3.4.1	L* (Luminosidad).....	24
3.4.2	a* (verde/rojo)	27
3.4.3	b* (azul/amarillo)	30
3.5	Pérdida de peso	32
3.6	Permeabilidad	35
3.7	Solubilidad.....	37
3.8	Análisis sensorial.....	38
3.8.1	Apariencia	38
3.8.2	Textura	41
3.8.3	Color.....	43
3.8.4	Sabor.....	46
3.8.5	Olor.....	49
4	Discusión.....	52
5	Conclusiones	63
6	Recomendaciones	64
7	Referencias Bibliográficas	65

Índice de tabla

Tabla 1. Materiales y equipos	10
Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de arándanos con recubrimientos comestibles durante el almacenamiento.....	13
Tabla 3. Comparación de medias del pH según los días de almacenamiento (Tukey).....	13
Tabla 4. Comparación de medias del pH según el tipo de recubrimiento (Tukey).....	14
Tabla 5. Interacción entre el tipo de recubrimiento y tiempo de almacenamiento para el pH...14	
Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de humedad	16
Tabla 7. Comparación de medias de humedad según los días de almacenamiento	16
Tabla 8. Comparación de medias de humedad según el tipo de recubrimiento	17
Tabla 9. Interacción entre recubrimiento y tiempo para el contenido de humedad	17
Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) para la dureza de los arándanos	19
Tabla 11. Comparación de medias de dureza según los días de almacenamiento	19
Tabla 12. Comparación de medias de dureza según el tipo de recubrimiento	19
Tabla 13. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la dureza.....	20
Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) para la energía de penetración.	21
Tabla 15. Comparación de medias de energía según los días de almacenamiento	22
Tabla 16. Comparación de medias de energía según el tipo de recubrimiento	22
Tabla 17. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la energía.....	23
Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA) para la luminosidad (L^*).....	24
Tabla 19. Comparación de medias de la luminosidad según los días	25
Tabla 20. Comparación de medias de la luminosidad según el recubrimiento	25
Tabla 21. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la luminosidad (L^*).....	26
Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para la coordenada a^*	27
Tabla 23. Comparación de medias de la coordenada a^* según los días	27
Tabla 24. Comparación de medias de la coordenada a^* según el recubrimiento.....	28
Tabla 25. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la coordenada a^*	28
Tabla 26. Análisis de varianza (ANOVA) para la coordenada b^*	30
Tabla 27. Comparación de medias de la coordenada b^* según los días.....	30
Tabla 28. Comparación de medias de la coordenada b^* según el recubrimiento	31
Tabla 29. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la coordenada b^*	31
Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso	32
Tabla 31. Comparación de medias de la pérdida de peso según los días.....	33
Tabla 32. Comparación de medias de la pérdida de peso según el recubrimiento.....	33

Tabla 33. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la pérdida de peso	34
Tabla 34. Análisis de varianza (ANOVA) para la permeabilidad al vapor de agua	35
Tabla 35. Comparación de medias de la permeabilidad al vapor de agua	36
Tabla 36. Análisis de varianza (ANOVA) para la solubilidad.....	37
Tabla 37. Comparación de medias de la solubilidad de los recubrimientos	37
Tabla 38. Análisis de varianza para la apariencia	38
Tabla 39. Comparación de medias de los panelistas para el atributo apariencia (Tukey).	39
Tabla 40. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo apariencia (Tukey)	40
Tabla 41. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo textura	41
Tabla 42. Comparación de medias de los panelistas para el atributo textura (Tukey).....	41
Tabla 43. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo textura (Tukey).....	42
Tabla 44. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color.....	43
Tabla 45. Comparación de medias de los panelistas para el atributo color (Tukey).....	44
Tabla 46. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo color (Tukey).....	45
Tabla 47. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sabor	46
Tabla 48. Comparación de medias de los panelistas para el atributo sabor (Tukey)	47
Tabla 49. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo sabor (Tukey)	48
Tabla 50. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo olor.....	49
Tabla 51. Comparación de medias de los panelistas para el atributo aroma (Tukey).....	50
Tabla 52. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aroma (Tukey).....	51

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Comportamiento del pH de los arándanos durante el almacenamiento según el tipo de recubrimiento	15
Ilustración 2. Contenido de humedad de los arándanos durante el almacenamiento	18
Ilustración 3. Dureza de los arándanos según el tipo de recubrimiento y tiempo de almacenamiento	21
Ilustración 4. Energía de penetración de los arándanos durante el almacenamiento	23
Ilustración 5. Variación de la luminosidad (L^*) de los arándanos	26
Ilustración 6. Variación de la coordenada a^* durante el almacenamiento	29
Ilustración 7. Variación de la coordenada b^* durante el almacenamiento	32
Ilustración 8. Pérdida de peso de los arándanos durante el almacenamiento	35
Ilustración 9. Comparación de la permeabilidad al vapor de agua de los recubrimientos	36
Ilustración 10. Comparación de la solubilidad de los recubrimientos.....	38
Ilustración 11. Evaluación sensorial de la apariencia.....	40
Ilustración 12. Evaluación sensorial de la textura	42
Ilustración 13. Evaluación sensorial del color.....	45
Ilustración 14. Evaluación sensorial del sabor	48
Ilustración 15. Evaluación sensorial del olor.....	51

RESUMEN

Los arándanos (*Vaccinium corymbosum*) presentan una vida útil limitada debido a su elevada tasa respiratoria y susceptibilidad al deterioro poscosecha, lo que genera pérdidas durante el almacenamiento y comercialización. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de recubrimientos comestibles elaborados con almidón de yuca (*Manihot esculenta*) y almidón de plátano (*Musa paradisiaca*) sobre la calidad y vida útil de arándanos frescos. Se desarrolló un estudio con enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y diseño completamente al azar, considerando tres tratamientos: recubrimiento de yuca, recubrimiento de plátano y un control sin recubrimiento. Durante 16 días de almacenamiento se evaluaron el pH, humedad, firmeza, color, pérdida de peso, permeabilidad al vapor de agua, solubilidad y aceptación sensorial. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados evidenciaron que el tiempo de almacenamiento influyó significativamente en la mayoría de las variables evaluadas. El recubrimiento elaborado con almidón de yuca presentó el mejor desempeño al reducir la pérdida de peso, disminuir la permeabilidad al vapor de agua y la solubilidad, además de conservar la firmeza y mantener las características fisicoquímicas y sensoriales del fruto durante el almacenamiento. Se concluye que los recubrimientos comestibles a base de almidones naturales representan una alternativa sostenible para prolongar la vida útil de los arándanos, destacándose el almidón de yuca por su mayor eficiencia.

Palabras clave: arándanos, recubrimientos comestibles, almidón de yuca, almidón de plátano, conservación poscosecha.

ABSTRACT

Blueberries (*Vaccinium corymbosum*) have a limited shelf life due to their high respiration rate and susceptibility to postharvest deterioration, resulting in significant losses during storage and commercialization. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of edible coatings made from cassava starch (*Manihot esculenta*) and banana starch (*Musa paradisiaca*) on the quality and shelf life of fresh blueberries. A quantitative, applied, and completely randomized experimental design was conducted using three treatments: cassava starch coating, banana starch coating, and an uncoated control. During 16 days of storage, pH, moisture, firmness, color, weight loss, water vapor permeability, solubility, and sensory acceptance were evaluated. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) and Tukey's multiple comparison test ($p < 0.05$). The results showed that storage time significantly affected most of the evaluated variables. Cassava starch coating exhibited the best performance by reducing weight loss, water vapor permeability, and solubility while preserving firmness and maintaining the physicochemical and sensory quality of blueberries throughout storage. It was concluded that edible coatings based on natural starches constitute a sustainable alternative for extending blueberry shelf life, with cassava starch showing the highest preservation efficiency.

Keywords: blueberries, edible coatings, cassava starch, banana starch, postharvest preservation.

1 Introducción

1.1 Antecedentes

En los últimos años, las líneas de investigación en el ámbito postcosecha se han orientado hacia la búsqueda de alternativas sostenibles que satisfagan las exigencias del consumidor moderno, quien prefiere alimentos frescos, naturales y libres de aditivos sintéticos. La apariencia del producto en el momento de la compra continúa siendo uno de los factores más determinantes para su aceptación en el mercado (Mora Palma et al., 2021).

El aumento de las pérdidas postcosecha ha impulsado el desarrollo de diversas investigaciones enfocados en la conservación de las características fisicoquímicas y organolépticas de frutas y hortalizas, con el propósito de extender su vida útil y mantener sus propiedades nutricionales y sensoriales durante el almacenamiento (Mora Palma et al., 2021).

Especialmente aquellos de alta perecibilidad como son los arándanos (*Vaccinium corymbosum*), estos frutos presentan una piel delgada y una elevada tasa respiratoria, lo que lo hace susceptibles a la pérdida de firmeza, deshidratación y ataques microbianos durante el almacenamiento (Blueberries Consulting, 2020).

El arándano, una fruta originaria de América del norte, ha ganado reconocimiento por su riqueza en antioxidantes, vitaminas esenciales y fibra, lo que lo convierte en un alimento funcional de gran valor nutricional (Guevara Vásquez et al., 2025). El consumo de arándanos está en aumento a nivel mundial y Ecuador no es una excepción (Sánchez Apráez, 2024).

Según Jaime-Guerrero et al., (2022) la calidad de los frutos de arándanos postcosecha se conservan entre 10 y 15 días, tiempo después del cual su valor comercial se reduce significativamente. Frente a esta problemática, los recubrimientos comestibles han surgido como una alternativa tecnológica eficaz para conservar la calidad postcosecha de frutas frescas (Oyom et al., 2022)

Duan et al., (2011) señalan que el uso de recubrimientos comestibles en arándanos permite disminuir la pérdida de peso, conservar firmeza y mantener el contenido de antocianinas, lo cual es esencial para extender su vida útil tras postcosecha. Estos recubrimientos funcionan como una barrera semipermeable que regula el intercambio de gases como oxígeno y dióxido de carbono, así como el vapor de agua ayudando a retrasar los procesos de deterioración y oxidación.

Diversos estudios han demostrado que los recubrimientos comestibles son eficaces, para proteger los alimentos frente a la descomposición microbiológica, la pérdida de humedad, la oxidación y la contaminación externa. Estos avances han impulsado su aplicación en una amplia gama de productos alimenticios, incluyendo frutas, hortalizas, carnes, pescados, productos panaderos y lácteos. Esta tecnología representa una alternativa sostenible y prometedora para mejorar la conservación y seguridad de los alimentos, responsables a las demandas actuales del mercado (Caiza, 2024).

Además, su elaboración a partir de biopolímeros naturales como polisacáridos (almidones, alginato, pectina), proteínas y lípidos, permiten sustituir materiales plásticos no biodegradables, aportando una solución ambiental sostenible (Pico Poma et al., 2023).

Entre los polisacáridos empleados, el almidón aparece como una opción prometedora por su disponibilidad, bajo costo y su biodegradabilidad (Sapper & Chiralt, 2018). Además, después de la celulosa, es considerado uno de los polisacáridos más importantes y abundantes desde el punto de vista comercial (Montoya et al., 2014).

Su composición y propiedades dependen del origen de donde se obtengan. Pueden extraerse a partir de granos de maíz, trigo, arroz, sorgo, tubérculos (papa, yuca. etc.), así como también pueden encontrarse en semillas leguminosas y en diversas frutas (Ramos-García et al., 2018).

En particular el almidón de yuca (*Manihot esculenta*) es un polisacárido de origen natural extraído de la raíz de la yuca, caracterizado por su gran versatilidad y su notable eficiencia en diversas aplicaciones como son los recubrimientos comestibles (Zapata Criollo, 2019).

El almidón de plátano (*Musa paradisiaca*) también es un polisacárido de origen natural, extraído principalmente de plátanos verdes o de las cáscaras (Álvarez et al., 2022). Posee buenas propiedades para la formación de películas principalmente por su elevado contenido de amilasa (Ávila González, 2024).

Existen diversas investigaciones que han utilizado recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca en distintos tipos de frutas, obteniendo resultados favorables. Por ejemplo, en el caso de la guayaba, la aplicación de este recubrimiento permitió conservar la vida útil, la coloración de la piel durante el almacenamiento, mostrando una menor pérdida en comparación con los frutos sin recubrimiento (Díaz-Campoano et al., 2025).

1.2 Planteamiento de problema

Los alimentos por naturaleza son perecederos, que necesitan ser manejados, conservados y procesados de manera adecuada para así mantener su calidad. El deterioro no solo afecta la seguridad y frescura de los alimentos, sino que también pueden presentarse microorganismos como bacterias, levaduras y mohos las cuales son el principal motivo. Por consecuencia a través de este problema, se pueden perder materias primas ya que al distribuir tienden a estropearse. Los factores que provocan el deterioro de muchos productos alimenticios son el deterioro microbiano, físico y químico (Castillo, 2024).

Los arándanos son frutos que se deterioran rápidamente, a pesar de su alto contenido nutricional presentan una vida útil limitada, debido a muchas causas como la desecación, el crecimiento microbiano, daños mecánicos e incluso durante el almacenamiento (Nucifora, 2021). Esta corta vida postcosecha crea un desafío para su conservación, distribución y comercialización, especialmente en regiones con climas cálidos y húmedos, donde el deterioro se produce con mayor rapidez (Deltsidis et al., 2024).

Uno de los mayores problemas en la producción y comercialización de arándanos es la alta velocidad de degradación del fruto (Guagalango, 2025). Esta situación tiene un impacto que puede afectar la inocuidad alimentaria, la salud del consumidor y la economía del productor. Dado que cuando los frutos se descomponen puede desarrollar hongos y bacterias que llegaran a causar malestares estomacales. Además, la pérdida de calidad disminuye y su contenido nutricional genera un incremento en el desperdicio alimentario.

Antes esta problemática, se plantea el uso de recubrimientos a base de almidón de yuca y almidón de plátano como una alternativa sostenible para alargar la vida útil del arándano. La aplicación de estos recubrimientos naturales representa una estrategia innovadora para reducir el desperdicio alimentario y a la vez mejorar competitividad de los productores (Enríquez et al., 2012).

1.3 Justificación

En el Ecuador, el cultivo y consumo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) ha ido incrementando al pasar los años por su alto contenido nutricional, ya que posee antioxidantes, vitaminas y fibras lo que lo convierte en un producto con gran interés comercial, tanto en mercado nacional como internacional. Sin embargo, su elevada susceptibilidad al deterioro limita la vida útil, provocando pérdidas económicas significativas durante las etapas postcosecha, almacenamiento y transporte.

Este fruto es importante consumirlo ya que tiene un alto contenido de antioxidantes debido a la antocianina y a los compuestos fenólicos (Torat et al., 2020). Diversos estudios han demostrado sus efectos positivos en la salud, especialmente en la prevención de enfermedades cardíacas, la reducción de procesos inflamatorios y el fortalecimiento de la función del cerebro. Por ello, incluirlos regularmente en la dieta puede contribuir significativamente a una alimentación equilibrada, ayudando a disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, mejorar el rendimiento cognitivo y reducir la posibilidad de desarrollar ciertos tipos de cáncer (Tinoco-Plasencia et al., 2023).

También se emplea para retrasar el envejecimiento, tratar infecciones urinarias, combatir la diarrea y se consume en diversas formas como infusiones, jugos o como fruta (Avila Guerrero, 2023).

Las películas elaboradas con biopolímeros naturales, son una alternativa accesible para proteger los alimentos. Dentro de este escenario, el uso de almidón de yuca (*Manihot esculenta*) y almidón de plátano (*Musa paradisiaca*) resultan relevantes por su disponibilidad y bajo costo. Sin embargo, las diferencias en sus propiedades fisicoquímicas pueden influir en la eficacia del recubrimiento.

Hay estudios que han demostrado que se ha alargado la vida útil de productos como fresas (Díaz-Campos et al., 2025), moras andinas (Cortés Rodríguez et al., 2020), papaya (Vargas Oros & Mora Ríos, 2023), duraznos (Cañar Armijos & Ludizaca Pérez, 2023), chile habanero (Vargas y Vargas et al., 2024), tomate de árbol (Andrade et al., 2014), pera (Castro García et al., 2017), manzanas (Pauta Luna, 2018), guayaba (Espriella-Angarita et al., 2023), melones cortados (Álvarez Arenas et al., 2013), hortalizas mínimamente procesadas (Escobar Hernández et al., 2014), entre otros.

En base a lo anterior, el valor agregado de los arándanos es atractivo para los consumidores que están dispuestos a pagar por un producto fresco. Para satisfacer esta demanda, surgen los recubrimientos que contribuyen alternativas naturales que permitan alargar su vida útil, además aprovechando materias primas locales abundantes, contribuyendo a la sostenibilidad y reducción de desperdicios alimentarios.

Este proyecto de investigación plantea compara el impacto de los dos tipos de almidones sobre la conservación de arándanos frescos, con el objetivo de identificar cual ofrece una mejor protección.

1.4 Preguntas de investigación

¿Se alargará la vida útil del arándano (*Vaccinium corymbosum*) utilizando recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca y plátano?

1.5 Hipótesis

- a) Ho: Los recubrimientos comestibles elaborados con almidón de yuca y plátano no tienen un efecto positivo en la vida útil de los arándanos.
- b) Hi: Los recubrimientos comestibles elaborados con almidón de yuca y plátano tienen un efecto positivo en la vida útil de los arándanos.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de recubrimientos comestibles elaborados con almidón de yuca (*Manihot esculenta*) y almidón de plátano (*Musa paradisiaca*) sobre la vida útil y calidad postcosecha de los arándanos frescos.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Obtener recubrimientos comestibles a base de almidón de yuca y plátano, mediante la formulación y elaboración de películas biodegradables para su aplicación en arándanos frescos.
- Caracterizar los recubrimientos obtenidos mediante la cuantificación de la solubilidad y permeabilidad al vapor de agua.
- Evaluar los cambios fisicoquímicos de los arándanos con y sin recubrimiento durante el periodo de conservación.
- Evaluar los atributos sensoriales (textura, sabor, color, olor y aceptación general) de los arándanos recubiertos con un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca y almidón de plátano.

2 Metodología

2.1 Ubicación de la investigación

El presente trabajo de investigación será realizado en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, ubicada en la ciudad de Manta, provincia de Manabí, Ecuador.

2.2 Enfoque de la investigación

Este estudio tiene como objetivo medir y evaluar de manera objetiva diferentes clases de recubrimientos naturales que afectan los parámetros de calidad en arándanos frescos, se encuentra dentro de un marco cuantitativo. Además, es experimental ya que se alterará una variable independiente (el tipo de recubrimiento) para estudiar cómo afectan las variables dependientes (pH, humedad, firmeza, color, pérdida de peso, permeabilidad al vapor de agua, solubilidad y análisis sensorial). El propósito principal es determinar si los recubrimientos tienen la capacidad de extender la vida útil y mantener la calidad de las frutas durante su almacenamiento.

2.3 Tipo de investigación

De acuerdo al planteamiento, esta investigación es aplicada y experimental. Aplicada porque pretende dar soluciones tecnológicas y sostenibles para la conservación de frutas y experimental porque se supone la implementación directa de tratamientos controlados a través de métodos analíticos y estadísticos.

2.4 Variables

- **Variables independientes**

- A. Tipo de recubrimiento

- Niveles: T1: Recubrimiento a base de almidón de yuca.

- T2: Recubrimiento a base de almidón de plátano.

- T3: (**Control**) sin recubrimiento.

- **Variables dependientes**

- pH

- Humedad

- Firmeza

Color
Pérdida de peso
Permeabilidad al vapor de agua
Solubilidad
Análisis sensorial

2.5 Población

Los lotes de producción estarán constituidos por 4000 gramos de arándanos, para lo que se empleara el recubrimiento de acuerdo al procedimiento descrito.

2.6 Muestra

La muestra estará compuesta por las unidades experimentales elegidas de cada producción, que corresponden a los diversos tratamientos. Estas se utilizarán para llevar a cabo los análisis sensoriales y físicoquímicos, conforme a lo que cada ensayo requiere.

2.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los arándanos fueron evaluados a intervalos de 4 días a lo largo de un periodo total de 16 días (iniciando desde el día 0). A continuación, se detalla cada uno de los métodos que fueron empleados:

2.7.1 pH

La prueba se realizará de acuerdo a la norma 1842, del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2013). La medición del pH se hizo con un potenciómetro digital AC Infinity, modelo AC-PHM3. Este instrumento tiene una precisión de $\pm 0,1$ unidades de pH y cuenta con un electrodo para medir tanto la temperatura como el pH. Antes de realizar el análisis, el equipo se calibra con soluciones tampón de pH 4,00 y pH 7,00, siguiendo las instrucciones del fabricante para asegurar la precisión de las mediciones.

Para el análisis, se pesan 5 g de muestra y se muelen en un mortero hasta lograr una muestra homogénea. Luego, se pasa la muestra a un vaso de precipitados de 20 ml y se introduce el electrodo del potenciómetro en ella sin intermediarios, asegurándose de que el electrodo este siempre en contacto con la fase líquida. Finalmente se espera a que la lectura se estabilice y se registra el valor dado.

2.7.2 Humedad

Se aplicará el método gravimétrico de acuerdo a la norma (AOAC, 2005), inicialmente las cajas Petri se lavan, secan y acondicionan en una estufa a 105 °C durante 1 hora para eliminar cualquier residuo de humedad. Posteriormente, se retiran de la estufa utilizando pinzas metálicas y se colocan en el desecador durante 30 minutos. Una vez que se saquen del desecador, se registra el peso de la caja Petri en una balanza analítica. Posteriormente, se colocan 5 gramos de muestra en la caja Petri, se registra el peso inicial correspondiente al conjunto de la caja Petri y la muestra. La muestra se coloca en la estufa a 105 ° C durante 24 horas, con el fin de eliminar el contenido de agua presente, Finalizando el periodo de secado, las cajas Petri se retiran de la estufa utilizando pinzas metálicas y se coloca en el desecador por 30 minutos, y finalmente se registra el peso. Para calcular el porcentaje de humedad se va a realizar mediante la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

2.7.3 Firmeza

La metodología fue adaptada de (Robayo, 2025), el análisis se efectuará con un texturómetro (Shimadzu ZAL, Japón). La magnitud que se medirá será la máxima fuerza de penetración, expresado en Newton (N). Se utilizará un punzón de 3 mm de diámetro y 8 cm de longitud que avanzará a una velocidad de 20 mm/s penetrando en la muestra a una profundidad de 15 mm.

2.7.4 Color

La evaluación del color se realizará a través de un colorímetro digital Minolta CR-400, que tiene espacio de color CIELab (L, a, b*), ** siguiendo la norma 11664-4 (INEN, 2014). Este modelo tridimensional se representa en: luminosidad (L*) y cromaticidad (a* y b*), donde a*(verde a rojo) van desde -a* hasta +a y b* (azul a amarillo) va desde -b a +b. estas coordenadas permiten ver como se relacionan el tono, luminosidad y saturación.

2.7.5 Pérdida de peso

De acuerdo con (Zambrano, 2022), se determinará el peso mediante el método gravimétrico, los frutos se pesarán desde el día 0 antes del almacenamiento (peso inicial) y después del periodo de conservación (peso final), utilizando una balanza digital.

$$\% \text{ Peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

2.7.6 Permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad al vapor de agua (PVA) de los recubrimientos se determinó mediante el método gravimétrico descrito por (McHugh et al., 1993). Primero se registra el peso de cada caja en una balanza analítica. Después, se utiliza un micrómetro digital para medir el grosor de los recubrimientos, anotando los resultados para usarlos más adelante en el cálculo de la permeabilidad.

Después, se agregan 6 ml de agua destilada dentro de cada caja. Los recubrimientos se cortan en forma cuadrada y de tamaño apropiado para cubrir el agujero de la caja en su totalidad. Después, cada recubrimiento es pesado y puesto con cuidado sobre la apertura del envase para garantizar un ajuste parejo. Para asegurar un sellado hermético durante el ensayo y prevenir la pérdida de vapor a través de los bordes, se utilizó cinta adhesiva para adherir el film.

Después de armar el sistema, se registra el peso total de cada caja. Este peso incluye el del recipiente vacío, el agua destilada y la cobertura, así como el conjunto entero (caja + agua + recubrimiento). Con el propósito de establecer la pérdida de masa debida a la difusión del vapor de agua por los revestimientos, posteriormente se coloca en el secador, las muestras se pesan cada dos horas, efectuándose cinco mediciones en total.

En última instancia, se registran y procesan los datos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Para calcular la permeabilidad al vapor de agua (Water Vapor Permeability, WVP),

2.7.7 Solubilidad

La solubilidad se determinará siguiendo la metodología adaptada por (Chang, 2016). Se utiliza una balanza para pesar 3 g de la muestra y se colocan en el vaso de precipitado de 100 ml. Después, al recipiente se le incorporan 47 ml de agua destilada. Se anotará el peso del vaso vacío, el de la muestra y la cantidad de agua empleada en el ensayo.

Para facilitar que el agua se absorba, las muestras permanecerán en un agitador orbital durante 24 horas. Después de este periodo, se saca del agitador y se filtran con cuidado para quitar el agua en exceso de la superficie. Luego, las muestras se colocan en una estufa a 105 °C durante cuatro horas para quitar el agua que contenían. Después de secar, las muestras se enfrían y se conservan en un desecador durante 30 minutos con el objetivo de impedir que absorban la humedad ambiental antes del pesaje final.

Por último, el peso de la muestra seca se registra con una balanza analítica y los datos adquiridos serán utilizados para determinar la capacidad del recubrimiento de absorber agua a través de la ecuación que corresponde. Para calcular el porcentaje de solubilidad en el recubrimiento se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

2.7.8 Análisis Sensorial

Se llevará a cabo una evaluación sensorial con el fin de establecer la aceptabilidad de los arándanos cubiertos con las distintas formulaciones de recubrimiento comestible, por medio de una prueba hedónica estructurada que consta de nueve puntos. Se examinarán las características de olor, color, sabor, textura y aceptación general.

Se empleará una escala hedónica de nueve puntos para la evaluación, en la que 1 representará "me disgusta muchísimo" y 9 "me gusta muchísimo". Cada panelista evaluará cada atributo basándose en su percepción sensorial. Después, se realizará un análisis estadístico de los resultados adquiridos para verificar si hay distinciones significativas entre los tratamientos examinados.

2.8 Equipos y Materiales

Tabla 1. *Materiales y equipos*

Análisis	Materiales y equipos	Reactivos
pH	Potenciómetro Balanza analítica Mortero Vasos de precipitados	Solución tampón pH 4 Solución tampón pH 7
Humedad	Estufa de secado Desecador con agente desecante Balanza analítica Cajas Petri de vidrio Pinzas metálicas	

Textura	Texturómetro Papel aluminio	
Color	Colorímetro	
Pérdida de peso	Balanza digital	
Permeabilidad al vapor de agua	Balanza digital Micrómetro Desecador Cajas Cinta adhesiva Tijeras Pinzas metálicas	Agua destilada
Solubilidad	Balanza analítica Agitador orbital Estufa de secado Desecador Vasos de precipitados Pinzas metálicas	Agua destilada

2.9 Procedimiento

2.9.1 Elaboración del recubrimiento comestible

Para la obtención de los recubrimientos se seguirá la metodología descrita por (Vargas Cazares, 2024), modificada para la presente investigación. En un vaso de precipitado de 300 mL, se colocarán 100 mL de agua destilada y se incorporan 4 gramos de almidón de yuca. Posteriormente, el vaso de precipitados se ubicará sobre un agitador magnético, iniciando la agitación sin calentamiento para favorecer la dispersión del almidón. Una vez obtenida una mezcla uniforme, se iniciará el calentamiento gradual. Al alcanzar una temperatura de 80 a 85 °C, se añadirán 2 mL de glicerol como plastificante y se mantendrá la mezcla bajo agitación continua a esa temperatura durante 10 minutos. Posteriormente, la temperatura se incrementará hasta 90 °C y se mantendrá durante 30 minutos, con agitación constante, para completar la gelatinización del almidón.

Este mismo procedimiento se le realizará también en la elaboración del recubrimiento a base a almidón de plátano.

2.9.2 Aplicación de los recubrimientos comestibles

Previamente a la aplicación del recubrimiento, los arándanos serán sometidos a una limpieza con agua potable para eliminar a cualquier impureza, luego se procederá a desinfectarlos por inmersión en agua clorada (100 ppm) durante 3 minutos y, por último, se realizará un enjuague con agua potable y se dejarán escurrir sobre toalla absorbente.

Una vez obtenido el recubrimiento, este se dejará enfriar hasta alcanzar una temperatura de 25-30 °C. La aplicación de los recubrimientos en los arándanos se llevará a cabo mediante el método de inmersión; los frutos serán sumergidos totalmente en las formulaciones durante 1 minuto y posteriormente se dejarán escurrir para eliminar el exceso de recubrimiento con ayuda de rejilla o superficie adecuada.

Los arándanos escurridos se colocarán en una bandeja de aluminio y serán secados a temperatura ambiente.

2.10 Análisis de datos

Los resultados obtenidos de las variables dependientes (pH, humedad, firmeza, color y pérdida de peso, permeabilidad al vapor de agua, solubilidad y análisis sensorial), serán sometidas a un análisis estadístico de varianza (ANOVA), para evaluar a lo largo de los días el almacenamiento y así mismo el efecto que tendrán sobre los recubrimientos. Para lo cual se utilizará el programa Infostat con la finalidad de analizar los datos e identificar las diferencias que existan entre los tratamientos estudiados.

2.11 Diseño experimental

Este estudio se llevó a cabo utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA) y un único factor de análisis, que era el tipo de recubrimiento comestible utilizado en los arándanos. Se analizaron tres métodos: el recubrimiento con almidón de yuca, el recubrimiento con almidón de plátano y un método de control sin recubrimiento, los tratamientos por medio de réplicas experimentales y los resultados utilizando un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparación de las medias de Tukey con un 95 % de nivel de confianza.

3 Resultados

3.1 pH

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para el pH de arándanos con recubrimientos comestibles durante el almacenamiento.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2,560	14	0,183	54,857	<0,0001	
Día	2,000	4	0,500	150,000	<0,0001	
Recubrimiento	0,241	2	0,121	36,200	<0,0001	
Día*Recubrimiento	0,319	8	0,040	11,950	<0,0001	
Error	0,100	30	0,003			
Total	2,660	44				

El tipo de recubrimiento y el factor día mostró diferencias muy significativas ($p < 0,0001$), lo que indica que los dos tuvieron un impacto en los valores de pH del producto. Además, se observó que la interacción entre los factores día y recubrimiento fue significativa ($p < 0,0001$), lo que demuestra que el efecto del recubrimiento en el pH estaba determinado por el tiempo de almacenamiento.

Tabla 3. Comparación de medias del pH según los días de almacenamiento (Tukey).

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07894					
Error: 0,0033 gl: 30					
Día	Medias	n	E.E.		
0	3,444	9	0,019	A	
4	3,533	9	0,019	B	
8	3,678	9	0,019	C	
12	3,800	9	0,019	D	
16	4,044	9	0,019	E	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)					

La prueba de comparación de medias reveló diferencias notables entre cada uno de los días de almacenamiento. El pH se elevó gradualmente del día 0 (3,444) al día 16 (4,044), creando así distintos grupos estadísticos (A, B, C, D y E). Estos hallazgos demuestran que, con el tiempo de almacenamiento, el pH del producto aumentó progresivamente.

Tabla 4. Comparación de medias del pH según el tipo de recubrimiento (Tukey).

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,05197
Error: 0,0033 gl: 30

Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
Yuca	3,627	15	0,015	A
Plátano	3,673	15	0,015	A
S/R	3,800	15	0,015	B

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

El análisis de medias indicó que los tratamientos con recubrimiento de plátano (3,673) y de yuca (3,627) eran parte del mismo grupo estadístico (A), por lo que no hubo diferencias notables entre ellos ($p > 0,05$). En cambio, el tratamiento sin recubrimiento (3,800) se ubicó en un grupo diferente (B), mostrando un pH significativamente mayor. Esto señala que los dos recubrimientos contribuyeron a la preservación de valores de pH más bajos durante el almacenamiento.

Tabla 5. Interacción entre el tipo de recubrimiento y tiempo de almacenamiento para el pH

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17371
Error: 0,0033 gl: 30

Día	Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
0	S/R	3,433	3	0,033	A
0	Plátano	3,433	3	0,033	A
0	Yuca	3,467	3	0,033	A B
4	Plátano	3,533	3	0,033	A B C
4	S/R	3,533	3	0,033	A B C
4	Yuca	3,533	3	0,033	A B C
8	Yuca	3,633	3	0,033	B C D
12	Yuca	3,667	3	0,033	C D E
8	Plátano	3,667	3	0,033	C D E
8	S/R	3,733	3	0,033	D E
12	Plátano	3,767	3	0,033	D E
16	Yuca	3,833	3	0,033	E F
16	Plátano	3,967	3	0,033	F
12	S/R	3,967	3	0,033	F
16	S/R	4,333	3	0,033	G

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

Las interacciones entre el tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento revelaron diferencias notables entre las combinaciones analizadas. Los tratamientos sin recubrimiento y con recubrimiento de plátano (3,433) mostraron los valores más bajos de pH al comienzo del almacenamiento (día 0), después se encontró el tratamiento con recubrimiento de yuca (3,467). El pH se elevó durante el almacenamiento en todos los tratamientos; no obstante, la subida fue más acentuada en el tratamiento sin recubrimiento,

que llegó a su cifra máxima (4,333) el día 16 y formó un grupo estadísticamente distinto (G). Por el contrario, la cobertura de yuca mostró el aumento más bajo del pH al concluir el almacenamiento (3.833), después fue la de plátano (3.967), lo que demuestra un mejor control de las variaciones en comparación con la ausencia de recubrimiento.

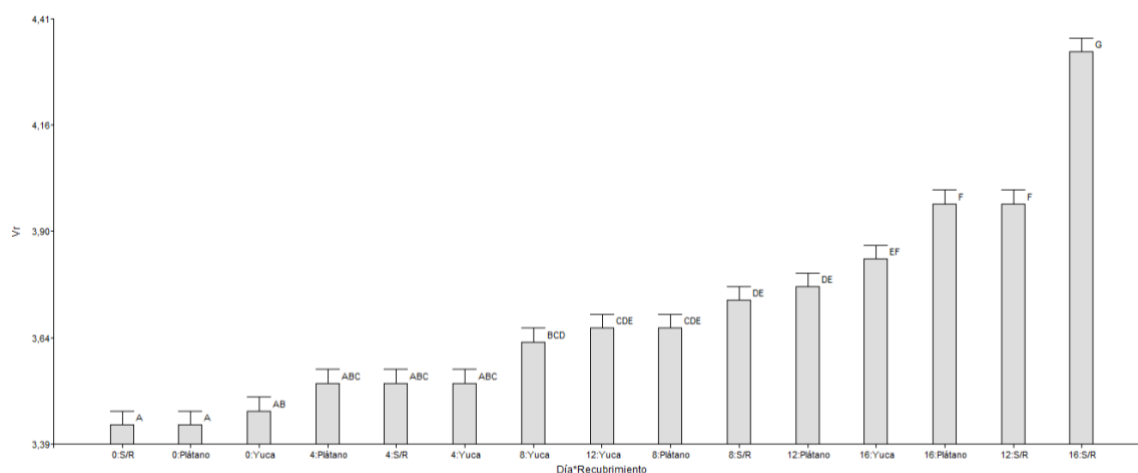


Ilustración 1. Comportamiento del pH de los arándanos durante el almacenamiento según el tipo de recubrimiento

Conforme pasa el tiempo de almacenamiento, se nota una progresiva elevación del pH en todos los tratamientos. Los tres procedimientos mostraron valores parecidos durante los días iniciales (0 y 4); no obstante, desde el día 8 se empezaron a notar diferencias más pronunciadas. El tratamiento sin recubrimiento mostró el incremento más significativo del pH, que llegó a su punto más alto al día 16. En cambio, los recubrimientos de plátano y yuca limitaron esta elevación; entre estos dos, el recubrimiento de yuca tuvo el valor final de pH más bajo. Las letras sobre las barras indican los grupos estadísticos obtenidos mediante la prueba de Tukey, confirmando diferencias significativas entre varias combinaciones de tiempo y recubrimiento.

3.2 Humedad

Tabla 6. *Análisis de varianza (ANOVA) para el contenido de humedad*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0,0014	14	0,0001	0,4220	0,9549	
Día	0,0005	4	0,0001	0,5367	0,7098	
Recubrimiento	0,0002	2	0,0001	0,4771	0,6252	
Día*Recubrimiento	0,0007	8	0,0001	0,3509	0,9379	
Error	0,0073	30	0,0002			
Total	0,0087	44				

El modelo resultó ser no significativo ($p = 0,9549$) según el análisis de varianza, lo que señala que las variables analizadas no causaron alteraciones relevantes en la cantidad de humedad del producto. Asimismo, tanto el factor día ($p = 0,7098$), como el tipo de recubrimiento ($p = 0,6252$) y la interacción entre ambos ($p = 0,9379$) no mostraron diferencias relevantes ($p > 0,05$). Estos resultados demuestran que la humedad fue constante durante todo el período de almacenamiento, sin importar el tiempo o la clase de recubrimiento utilizado.

Tabla 7. *Comparación de medias de humedad según los días de almacenamiento*

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,02128

Error: 0,0002 gl: 30

Día	Medias	n	E.E.	
8	0,8756	9	0,0052	A
12	0,8778	9	0,0052	A
16	0,8811	9	0,0052	A
4	0,8811	9	0,0052	A
0	0,8856	9	0,0052	A

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

La prueba de Tukey demostró que no hubo variaciones significativas entre los días de almacenamiento, dado que todos los promedios se incluyeron en el mismo grupo estadístico (A). Los valores fluctuaron de 0,8756 a 0,8856 y presentaron pequeñas variaciones que no fueron significativas desde el punto de vista estadístico. Esto evidencia que el contenido de humedad se mantuvo casi igual desde el día 0 al 16, lo cual muestra que el producto se conservó estable durante su almacenamiento.

Tabla 8. Comparación de medias de humedad según el tipo de recubrimiento

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01401
Error: 0,0002 gl: 30

Recubrimiento	Medias	n	E.E.
Plátano	0,8780	15	0,0040 A
Yuca	0,8793	15	0,0040 A
S/R	0,8833	15	0,0040 A

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

Los tratamientos con cobertura de plátano (0,8780), yuca (0,8793) y el tratamiento sin cobertura (0,8833) se ubicaron en la misma categoría estadística (A), lo que indica que no hubo distinciones significativas entre ellos ($p > 0,05$). Esto indica que ninguno de los recubrimientos modificó el contenido de humedad del producto, conservándose valores similares independientemente del tratamiento aplicado.

Tabla 9. Interacción entre recubrimiento y tiempo para el contenido de humedad

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,04683
Error: 0,0002 gl: 30

Día	Recubrimiento	Medias	n	E.E.
12	Plátano	0,8733	3	0,0090 A
8	Yuca	0,8733	3	0,0090 A
8	Plátano	0,8733	3	0,0090 A
16	Plátano	0,8733	3	0,0090 A
4	Yuca	0,8767	3	0,0090 A
12	Yuca	0,8767	3	0,0090 A
16	Yuca	0,8800	3	0,0090 A
8	S/R	0,8800	3	0,0090 A
4	S/R	0,8800	3	0,0090 A
0	Plátano	0,8833	3	0,0090 A
0	S/R	0,8833	3	0,0090 A
12	S/R	0,8833	3	0,0090 A
4	Plátano	0,8867	3	0,0090 A
16	S/R	0,8900	3	0,0090 A
0	Yuca	0,8900	3	0,0090 A

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

La interacción entre el tiempo de almacenamiento y el tipo de recubrimiento tampoco presentó diferencias significativas, ya que todas las combinaciones fueron clasificadas dentro del mismo grupo estadístico (A). Las medias oscilaron entre 0,8733 y 0,8900; no obstante, las diferencias no fueron lo suficientemente grandes como para que se consideraran estadísticamente diferentes. Los resultados ratifican que la humedad se mantuvo constante a lo largo de todo el período de almacenamiento, sin importar el día evaluado y el recubrimiento aplicado.

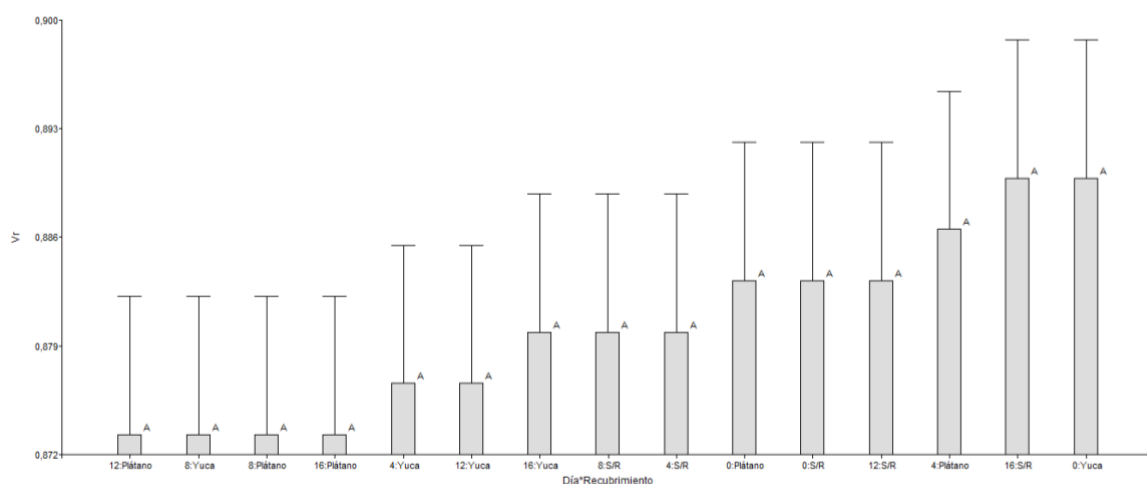


Ilustración 2. *Contenido de humedad de los arándanos durante el almacenamiento*

El gráfico de barras muestra que las cifras de humedad fueron casi iguales en todas las combinaciones de recubrimientos y días. Las letras que aparecen sobre las barras son del mismo grupo estadístico (A) y la altura de las barras es casi idéntica, lo que confirma que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados en su totalidad muestran que el contenido de humedad del producto no se vio afectado ni por el tipo de recubrimiento ni por el tiempo de almacenamiento, lo que demuestra una estabilidad apropiada de esta propiedad fisicoquímica a lo largo de los 16 días evaluados.

3.3 Firmeza

Los resultados del análisis de firmeza permiten determinar la dureza y la energía requeridas para fracturar la película de los recubrimientos de plátano y yuca en los arándanos. Esta descripción mecánica contribuye a comprender la reacción de la capa comestible frente a la compresión y el manejo. De esta manera, se puede predecir su eficacia para salvaguardar el fruto sin comprometer su textura ni causar grietas durante la manipulación posterior a la cosecha:

3.3.1 Dureza

Tabla 10. Análisis de varianza (ANOVA) para la dureza de los arándanos

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	3,49	14	0,25	2,46	0,0190	
Día	0,54	4	0,14	1,33	0,2807	
Recubrimiento	0,46	2	0,23	2,25	0,1230	
Día*Recubrimiento	2,50	8	0,31	3,07	0,0119	
Error	3,05	30	0,10			
Total	6,54	44				

Día ($p = 0,2807$) y recubrimiento ($p = 0,1230$) no tuvo un impacto significativo sobre la dureza por sí solos. Por otro lado, la interacción entre el recubrimiento y el día resultó significativa ($p = 0,0119$), lo que señala que la influencia del recubrimiento dependió de cuánto tiempo se almacenó.

Tabla 11. Comparación de medias de dureza según los días de almacenamiento

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43573				
Error: 0,1015 gl: 30				
Día	Medias	n	E.E.	
0	0,93	9	0,11	A
4	0,95	9	0,11	A
12	0,96	9	0,11	A
16	0,97	9	0,11	A
8	1,22	9	0,11	A

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

La prueba de Tukey reveló que las medias de dureza entre los días de almacenamiento (0,93 a 1,22) compartieron la letra “A”, lo que sugiere que no hubo diferencias estadísticamente relevantes entre ellas ($p > 0,05$). A pesar de que el día 8 mostró la media más alta (1,22) y el día 0 la más baja (0,93), estas fluctuaciones no fueron suficientes para determinar diferencias significativas entre los periodos analizados.

Tabla 12. Comparación de medias de dureza según el tipo de recubrimiento

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28686				
Error: 0,1015 gl: 30				
Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
Yuca	0,87	15	0,08	A
Plátano	1,04	15	0,08	A
S/R	1,11	15	0,08	A

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

Los tres tratamientos de recubrimiento (yuca, plátano y sin recubrimiento) tuvieron la misma letra (A), lo cual evidencia que no existieron diferencias notables en la dureza relacionadas con el tipo de recubrimiento ($p > 0,05$). Sin embargo, se notó una tendencia a valores de dureza más altos en el tratamiento sin recubrimiento (1.11), después en el plátano (1.04) y por último la yuca (0.87).

Tabla 13. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la dureza

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,95881
Error: 0,1015 gl: 30

Día	Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
0	Yuca	0,52	3	0,18	A
4	S/R	0,55	3	0,18	A
12	Plátano	0,70	3	0,18	A B
16	Yuca	0,84	3	0,18	A B
12	Yuca	0,85	3	0,18	A B
8	Yuca	0,89	3	0,18	A B
16	Plátano	1,02	3	0,18	A B
4	Plátano	1,04	3	0,18	A B
16	S/R	1,05	3	0,18	A B
0	S/R	1,08	3	0,18	A B
0	Plátano	1,19	3	0,18	A B
8	Plátano	1,22	3	0,18	A B
4	Yuca	1,25	3	0,18	A B
12	S/R	1,33	3	0,18	A B
8	S/R	1,56	3	0,18	B

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

Al comparar las medias para la interacción, se observó diferencias entre ciertas combinaciones de cobertura y tiempo. El día 0, con recubrimiento de yuca (0,52), se observó la menor dureza, mientras que el tratamiento sin recubrimiento fue el más duro en el día 8 (1,56). El aumento en el tratamiento sin recubrimiento que se vio en los últimos días es la razón de la significancia observada para la interacción en el ANOVA, a pesar de que varias combinaciones compartieron letras y no mostraron diferencias estadísticas.

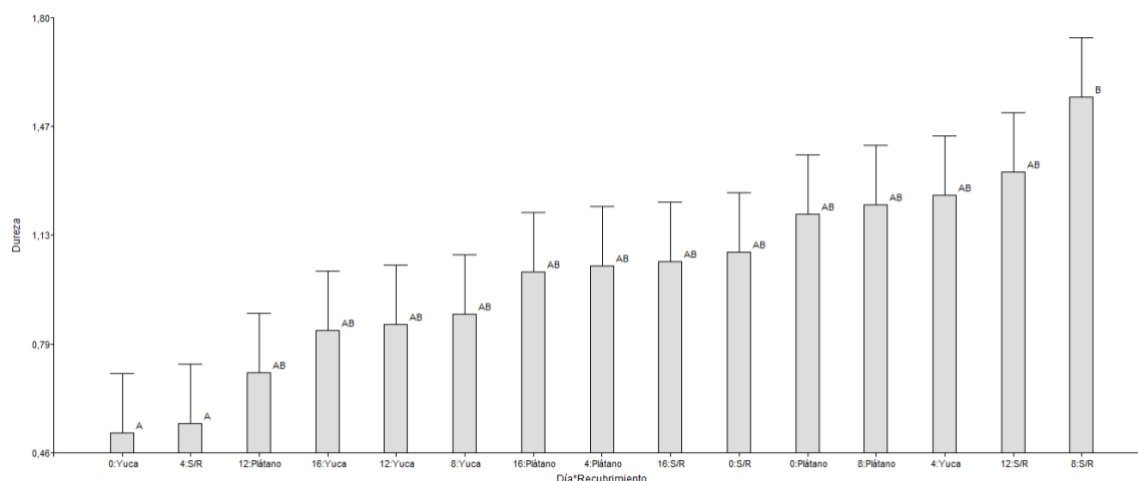


Ilustración 3. Dureza de los arándanos según el tipo de recubrimiento y tiempo de almacenamiento

Se observa en el gráfico de barras que, durante el almacenamiento, la dureza aumentó con frecuencia, sobre todo en las muestras sin recubrimiento. Estas últimas tuvieron los valores más altos en los últimos días de la evaluación. En cambio, el revestimiento de yuca mantuvo los valores más bajos de dureza durante todo el estudio, mientras que el recubrimiento de plátano mostró un comportamiento intermedio. El gráfico demuestra que el aumento de la dureza a lo largo del tiempo estuvo determinado por el tipo de recubrimiento utilizado, a pesar de que visualmente parece haber una tendencia al incremento. Esto concuerda con la interacción significativa hallada en el análisis de varianza.

3.3.2 Energía

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) para la energía de penetración.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,000169	14	0,000012	4,671223	0,0002
Día	0,000043	4	0,000011	4,115689	0,0089
Recubrimiento	0,000007	2	0,000003	1,339494	0,2772
Día*Recubrimiento	0,000120	8	0,000015	5,781923	0,0002
Error	0,000078	30	0,000003		
Total	0,000247	44			

El consumo o liberación de energía se ve afectado estadísticamente de manera muy significativa tanto por el factor Día ($p = 0.0089$) como por la interacción Día por recubrimiento ($p = 0.0002$). En cambio, el factor principal "Recubrimiento", por sí solo, no muestra un impacto importante ($p = 0.2772$). Esto evidencia que el día de evaluación en el

que se realizan las mediciones es un factor determinante para la eficacia de los recubrimientos en el análisis energético.

Tabla 15. Comparación de medias de energía según los días de almacenamiento

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00220
Error: 0,0000 gl: 30

Día	Medias	n	E.E.	
12	0,002266	9	0,000537	A
16	0,004112	9	0,000537	A B
0	0,004184	9	0,000537	A B
4	0,004210	9	0,000537	A B
8	0,005281	9	0,000537	B

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

El día 12 tiene el promedio energético más bajo (0.002266) y, al ser estadísticamente similar a los días 16, 0 y 4 (grupo A), se puede observar esto. En otro orden de cosas, el día 8 muestra un valor de energía mucho mayor (0.005281, grupo B). Hay un traslape estadístico (grupo A B) en los días intermedios, lo que señala que la variación en la energía no es lineal, sino que alcanza su punto más alto en el Día 8.

Tabla 16. Comparación de medias de energía según el tipo de recubrimiento

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00145
Error: 0,0000 gl: 30

Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
Yuca	0,003478	15	0,000416	A
S/R	0,004141	15	0,000416	A
Plátano	0,004413	15	0,000416	A

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

Los hallazgos muestran que no hay diferencias estadísticas relevantes entre los recubrimientos analizados ($p > 0.05$), dado que todos tienen la misma letra común (grupo A). La media de Yuca fue 0.003478; la de S/R, 0.004141; y la del Plátano, 0.004413. Cualquiera de las alternativas genera, desde un punto de vista estadístico, un comportamiento energético similar.

Tabla 17. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la energía

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00484
Error: 0,0000 gl: 30

Día	Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
0	Yuca	0,001593	3	0,000929	A
12	S/R	0,001713	3	0,000929	A
8	Yuca	0,001803	3	0,000929	A B
4	S/R	0,002053	3	0,000929	A B C
12	Plátano	0,002467	3	0,000929	A B C
12	Yuca	0,002617	3	0,000929	A B C D
16	Plátano	0,003470	3	0,000929	A B C D
16	S/R	0,003613	3	0,000929	A B C D
0	Plátano	0,004267	3	0,000929	A B C D
4	Plátano	0,004453	3	0,000929	A B C D
16	Yuca	0,005253	3	0,000929	A B C D
4	Yuca	0,006123	3	0,000929	A B C D
8	S/R	0,006630	3	0,000929	B C D
0	S/R	0,006693	3	0,000929	C D
8	Plátano	0,007410	3	0,000929	D

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

La combinación Día 0 por Yuca genera el promedio de energía más bajo (0.001593, grupo A), mostrando una alta eficiencia inicial. En el extremo opuesto, la combinación Día 8 por Plátano alcanza el valor energético más elevado medido en todo el experimento (0.007410, grupo D). Se evidencia el efecto de interacción: el recubrimiento de Yuca mantiene niveles bajos en los días 0 y 8, mientras que el Plátano dispara los valores en el Día 8.

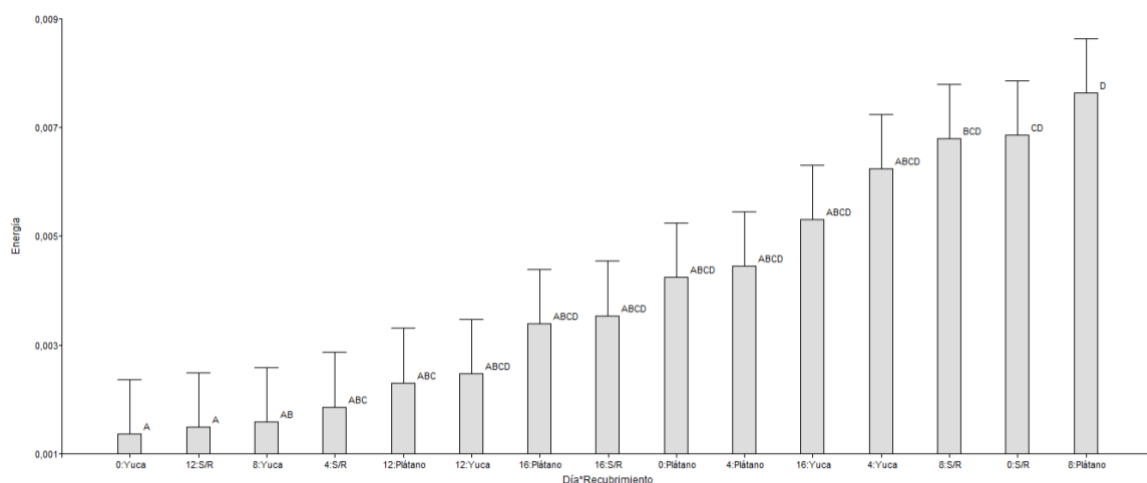


Ilustración 4. Energía de penetración de los arándanos durante el almacenamiento

Para ciertos tratamientos, se observa una tendencia evidente al crecimiento de los valores energéticos a medida que pasan los días. Las barras más cortas pertenecen al comienzo del experimento (Día 0 con Yuca) y al tratamiento control en el Día 12 (S/R), los cuales están ubicados en los grupos de menor energía (A y AB). En el gráfico, las barras del

Día 8 con Plátano y Día 8 con S/R se destacan significativamente, llegando al punto más alto de la variable medida. Las letras compartidas muestran una gran diversidad de similitudes en la zona media de las mediciones.

3.3.3 Comparación entre dureza y energía

Se observó una correlación directa y creciente con el tiempo; las muestras que requieren más fuerza para ser deformadas muestran, al mismo tiempo, los niveles más altos de energía acumulada. Durante las primeras etapas de almacenamiento (Días 0 y 4), los tratamientos como 0: Yuca muestran una textura blanda y una conducta mecánica constante cuando se encuentran en los niveles más bajos de ambas variables (Grupo A). No obstante, a medida que pasan los días y se produce el envejecimiento estructural o la deshidratación de los alimentos, el sistema sufre un endurecimiento crítico.

Este fenómeno se manifiesta de forma clara en las etapas más tardías (Días 8 a 16), cuando la dureza o resistencia física alcanza su punto máximo en la muestra testigo (8:S/R) debido a que no tiene una película protectora. En cambio, el recubrimiento de plátano (8:Plátano) logra el nivel más elevado de energía, lo que convierte a la yuca en el recubrimiento más eficaz para retardar el deterioro de la firmeza.

3.4 Colorimetría

3.4.1 L* (Luminosidad)

Tabla 18. *Análisis de varianza (ANOVA) para la luminosidad (L*)*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	303,44	14	21,67	6,22	<0,0001
Día	163,62	4	40,90	11,74	<0,0001
Recubrimiento	10,62	2	5,31	1,52	0,2343
Día*Recubrimiento	129,21	8	16,15	4,64	0,0009
Error	104,51	30	3,48		
Total	407,95	44			

El análisis de varianza revela que la luminosidad (L*) del arándano está fuertemente influenciada por el día de almacenamiento ($p < 0,0001$), lo que sugiere que esta variable se modifica a medida que pasa el tiempo de almacenamiento. Por otro lado, el factor de recubrimiento no muestra variaciones significativas ($p = 0,2343$), lo que indica que los revestimientos individuales de yuca y plátano no alteran la luminosidad del fruto. No obstante,

se presenta una interacción significativa entre el recubrimiento y el día ($p = 0.0009$), lo cual demuestra que la influencia del recubrimiento está condicionada por el tiempo de almacenamiento. En general, estos resultados muestran que el desarrollo de la luminosidad fluctúa dependiendo de la combinación del día y el tipo de recubrimiento.

Tabla 19. Comparación de medias de la luminosidad según los días

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,55207
Error: 3,4835 gl: 30

Día	Medias	n	E.E.	
12	19,50	9	0,62	A
16	20,34	9	0,62	A
8	21,11	9	0,62	A B
4	23,49	9	0,62	B C
0	24,52	9	0,62	C

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

La prueba de Tukey muestra diferencias importantes entre los días de almacenamiento. El valor de luminosidad ($L^*=24,52$) es más alto en el día 0, lo que señala que los arándanos conservan un aspecto más claro al comienzo del almacenamiento. En cambio, el día 12 muestra el valor más bajo ($L^*=19,50$), lo que indica una reducción de la luminosidad y un oscurecimiento más intenso del fruto. Los días 4, 8 y 16 tienen valores intermedios y están dentro de los mismos grupos estadísticos que ciertos tratamientos. Por lo general, los resultados indican que la luminosidad disminuye a medida que el almacenamiento progresa.

Tabla 20. Comparación de medias de la luminosidad según el recubrimiento

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,68013
Error: 3,4835 gl: 30

Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
Plátano	21,39	15	0,48	A
Yuca	21,52	15	0,48	A
S/R	22,48	15	0,48	A

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

La prueba de Tukey indica que el tipo de recubrimiento no produce variaciones importantes en la luminosidad del arándano ($p > 0,05$). Los tratamientos con recubrimiento de yuca (21,52), plátano (21,39) y sin recubrimiento (22,48) pertenecen al mismo grupo estadístico (A). Esto significa que sus medias son semejantes desde el punto de vista estadístico. A pesar de que el tratamiento sin recubrimiento tiene un nivel de luminosidad algo más alto, esta diferencia no es importante. Por lo tanto, el tipo de recubrimiento, cuando se evalúa de manera independiente, no tiene un impacto significativo en la luminosidad de los arándanos.

Tabla 21. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la luminosidad (L^*)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,61568

Error: 3,4835 gl: 30

Día	Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
12	S/R	17,16	3	1,08	A
16	S/R	19,74	3	1,08	A B
12	Plátano	19,96	3	1,08	A B
16	Yuca	20,50	3	1,08	A B C
16	Plátano	20,78	3	1,08	A B C
8	Yuca	21,06	3	1,08	A B C
8	S/R	21,08	3	1,08	A B C
4	Plátano	21,12	3	1,08	A B C
8	Plátano	21,20	3	1,08	A B C
12	Yuca	21,37	3	1,08	A B C
0	Yuca	21,41	3	1,08	A B C
4	Yuca	23,25	3	1,08	B C D
0	Plátano	23,87	3	1,08	B C D
4	S/R	26,11	3	1,08	C D
0	S/R	28,29	3	1,08	D

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

La interacción de la prueba de Tukey indica que el brillo cambia en función del tipo de recubrimiento y del día de almacenamiento. El tratamiento sin recubrimiento en el día 0 muestra la cifra más alta de L^* (28,29), lo que sugiere que el fruto es más claro al comienzo del almacenamiento. En cambio, el tratamiento sin recubrimiento en el día 12 muestra un valor más bajo (17,16), lo que revela una mayor oscuridad. Los tratamientos con cobertura de yuca y plátano conservan niveles intermedios de luminosidad a lo largo del almacenamiento. Como lo señala el análisis de varianza, la interacción significativa que se observa confirma que el impacto del recubrimiento está determinado por el tiempo de almacenamiento.

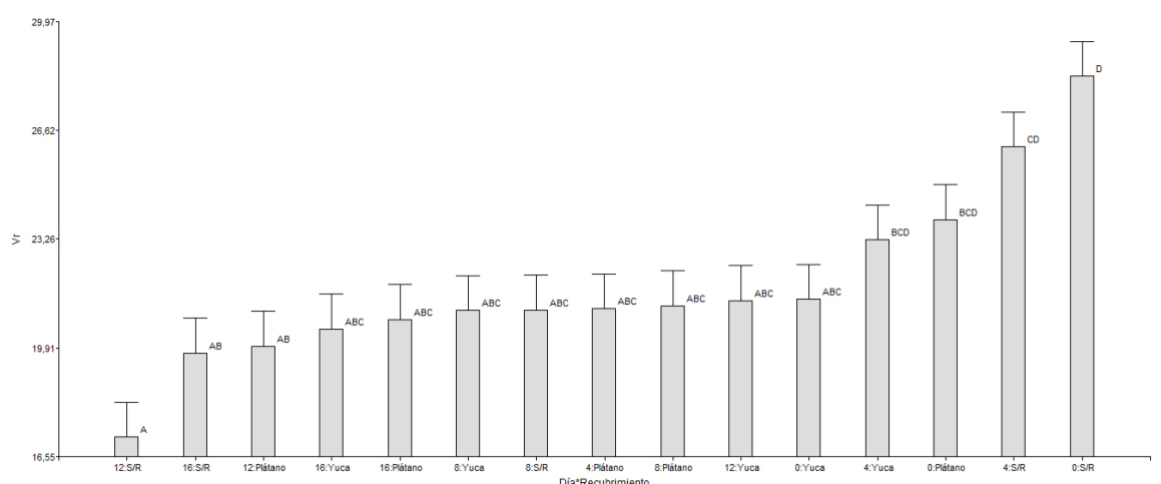


Ilustración 5. Variación de la luminosidad (L^*) de los arándanos

La luminosidad (L^*) cambia dependiendo de cómo interactúan el día de almacenamiento y la clase de recubrimiento, según lo indica el gráfico de barras. El tratamiento sin recubrimiento en el día 0 tiene la mayor luminosidad ($L^* = 28,29$), lo que sugiere que los arándanos conservan un aspecto más claro al comienzo de la conservación. La luminosidad se reduce en los tres tratamientos a medida que pasa el tiempo, y el tratamiento sin recubrimiento muestra la menor luminosidad en el día 12 ($L^*=17,16$). Los arándanos con recubrimientos de yuca y plátano tienen una reducción más lenta de la luminosidad durante el almacenamiento, lo que indica que estos revestimientos ayudan a mantener el brillo en la superficie del fruto.

3.4.2 a^* (verde/rojo)

Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para la coordenada a^*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,55	14	0,32	1,26	0,2861
Día	0,37	4	0,09	0,36	0,8375
Recubrimiento	0,15	2	0,08	0,30	0,7425
Día*Recubrimiento	4,03	8	0,50	1,96	0,0879
Error	7,72	30	0,26		
Total	12,27	44			

El análisis de varianza indica que el día de almacenamiento no tiene un impacto importante en el valor de a^* ($p = 0,8375$). Además, el factor de recubrimiento no muestra diferencias significativas ($p = 0,7425$), lo que señala que los recubrimientos de plátano y yuca no alteran la coordenada a^* del arándano. Asimismo, la interacción entre el recubrimiento y el día no es significativa ($p = 0,0879$), lo que significa que la conducta de la coordenada a^* se mantiene estadísticamente constante entre los tratamientos y a lo largo del almacenamiento.

Tabla 23. Comparación de medias de la coordenada a^* según los días

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,69364

Error: 0,2573 gl: 30

Día	Medias	n	E.E.
16	0,37	9	0,17 A
4	0,38	9	0,17 A
8	0,51	9	0,17 A
0	0,54	9	0,17 A
12	0,60	9	0,17 A

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

La prueba de Tukey indica que no hay diferencias notables entre los días de almacenamiento, pues todas las medias tienen la misma letra (A). A pesar de que el día 12 tiene el valor más alto de a^* (0,60) y el día 16 tiene el más bajo (0,37), estas fluctuaciones no son estadísticamente relevantes ($p > 0,05$). Por lo tanto, la coordenada a^* se mantiene constante durante el almacenamiento, lo que sugiere que la intensidad de los tonos rojos del arándano no varía considerablemente con el tiempo.

Tabla 24. Comparación de medias de la coordenada a^* según el recubrimiento

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,45665

Error: 0,2573 gl: 30

Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
Plátano	0,40	15	0,13	A
Yuca	0,48	15	0,13	A
S/R	0,55	15	0,13	A

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

Los tratamientos con recubrimiento de plátano (0,40), yuca (0,48) y sin recubrimiento (0,55) pertenecen al mismo grupo estadístico (A), según lo demuestra la comparación de medias. Esto sugiere que la clase de recubrimiento no tiene un impacto importante en la coordenada a^* del arándano ($p > 0,05$). A pesar de que el tratamiento sin recubrimiento tiene el valor promedio más alto, la diferencia con los otros tratamientos no es estadísticamente significativa.

Tabla 25. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la coordenada a^*

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,52631

Error: 0,2573 gl: 30

Día	Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
0	S/R	0,00	3	0,29	A
16	Plátano	0,14	3	0,29	A
4	Plátano	0,23	3	0,29	A
8	Yuca	0,25	3	0,29	A
12	Yuca	0,25	3	0,29	A
12	Plátano	0,29	3	0,29	A
4	Yuca	0,42	3	0,29	A
16	S/R	0,45	3	0,29	A
4	S/R	0,49	3	0,29	A
16	Yuca	0,52	3	0,29	A
8	S/R	0,54	3	0,29	A
0	Plátano	0,63	3	0,29	A
8	Plátano	0,73	3	0,29	A
0	Yuca	0,99	3	0,29	A
12	S/R	1,26	3	0,29	A

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

La prueba de Tukey para la interacción indica que todas las combinaciones de recubrimiento y día de almacenamiento forman parte del mismo grupo estadístico (A), lo cual señala que no existen diferencias significativas entre ellas. A pesar de que el tratamiento sin recubrimiento en el día 12 muestra la cifra más alta de a^* (1,26) y el del día 0 la cifra más baja (0,00), estas variaciones no tienen significado estadístico ($p > 0,05$). Por lo tanto, la interacción entre el tipo de recubrimiento y el tiempo de almacenamiento no altera la coordenada a^* del arándano.

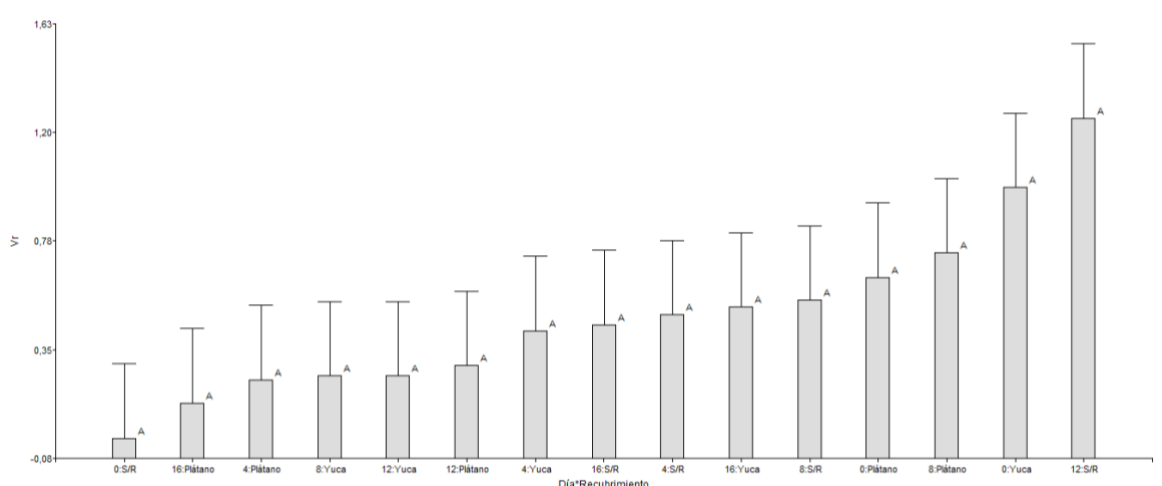


Ilustración 6. Variación de la coordenada a^* durante el almacenamiento

El gráfico de barras ilustra que los valores de la coordenada a^* tienen pequeñas diferencias entre los días de almacenamiento y los tratamientos. No obstante, estas discrepancias no son significativas desde el punto de vista estadístico, pues todas las barras tienen la misma letra (A). El tratamiento del día 12 sin recubrimiento tiene el valor más alto de a^* , en tanto que el tratamiento sin recubrimiento del día 0 tiene el más bajo. Por lo general, los recubrimientos de yuca y plátano conservan valores parecidos a lo largo de todo el tiempo de almacenamiento, lo que sugiere que la tonalidad rojiza del arándano no se ve alterada en gran medida.

3.4.3 b* (azul/amarillo)

Tabla 26. *Análisis de varianza (ANOVA) para la coordenada b**

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	4,68	14	0,33	0,69	0,7669	
Día	0,86	4	0,22	0,45	0,7749	
Recubrimiento	0,71	2	0,36	0,73	0,4890	
Día*Recubrimiento	3,10	8	0,39	0,80	0,6073	
Error	14,55	30	0,49			
Total	19,23	44				

La coordenada b* no se ve afectada de manera significativa por el día de almacenamiento ($p = 0,7749$), lo indica el análisis de varianza. De igual manera, el factor recubrimiento no muestra variaciones importantes ($p = 0,4890$), lo que señala que los recubrimientos de yuca y plátano no alteran la coordenada b* del arándano. La interacción entre la cobertura y el día, por otro lado, no es significativa ($p = 0,6073$), lo que indica que durante el periodo de almacenamiento esta variable se comporta de manera similar en los tratamientos.

Tabla 27. *Comparación de medias de la coordenada b* según los días*

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,95231

Error: 0,4851 gl: 30

Día	Medias	n	E.E.	
16	0,43	9	0,23	A
8	0,70	9	0,23	A
0	0,76	9	0,23	A
4	0,78	9	0,23	A
12	0,80	9	0,23	A

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

La prueba de Tukey indica que no hay diferencias notables entre los días de almacenamiento, pues todas las medias tienen la misma letra (A). A pesar de que el 12 es el día con la mayor puntuación de b* (0,80) y el 16 es el que tiene la menor (0,43), estas discrepancias no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Por lo tanto, la coordenada b* permanece constante durante el almacenamiento, lo cual significa que la fuerza del color amarillo de la fruta no varía de manera significativa con el tiempo.

Tabla 28. Comparación de medias de la coordenada b^* según el recubrimiento

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,62695

Error: 0,4851 gl: 30

Recubrimiento	Medias	n	E.E.
S/R	0,53	15	0,18 A
Yuca	0,71	15	0,18 A
Plátano	0,84	15	0,18 A

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

El análisis de las medias muestra que los tratamientos sin recubrimiento (0,53), con cobertura de plátano (0,84) y con cobertura de yuca (0,71) pertenecen al mismo grupo estadístico (A). Esto señala que el tipo de revestimiento no tiene un impacto relevante en la coordenada b^* del arándano ($p > 0,05$). Pese a que el recubrimiento de plátano muestra el valor promedio más alto de b^* , esta diferencia no es significativa en términos estadísticos cuando se compara con los otros tratamientos.

Tabla 29. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la coordenada b^*

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,09550

Error: 0,4851 gl: 30

Día	Recubrimiento	Medias	n	E.E.
16	S/R	0,24	3	0,40 A
4	S/R	0,28	3	0,40 A
0	S/R	0,37	3	0,40 A
16	Yuca	0,41	3	0,40 A
12	Yuca	0,56	3	0,40 A
8	S/R	0,60	3	0,40 A
16	Plátano	0,63	3	0,40 A
4	Yuca	0,64	3	0,40 A
12	Plátano	0,68	3	0,40 A
8	Plátano	0,69	3	0,40 A
0	Plátano	0,78	3	0,40 A
8	Yuca	0,81	3	0,40 A
0	Yuca	1,13	3	0,40 A
12	S/R	1,17	3	0,40 A
4	Plátano	1,42	3	0,40 A

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

La prueba de Tukey señala que todos los emparejamientos entre el tipo de recubrimiento y el día de almacenamiento forman parte del mismo grupo estadístico (A), lo que significa que no existen diferencias relevantes entre ellos. A pesar de que el tratamiento con plátano tiene la cifra más alta de b^* (1,42) en el cuarto día y el tratamiento sin recubrimiento muestra la cifra más baja (0,24) en el decimosexto día, estas diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Por lo tanto, la relación entre el tiempo de almacenaje y la clase de recubrimiento no altera de manera importante la coordenada b^* del arándano.

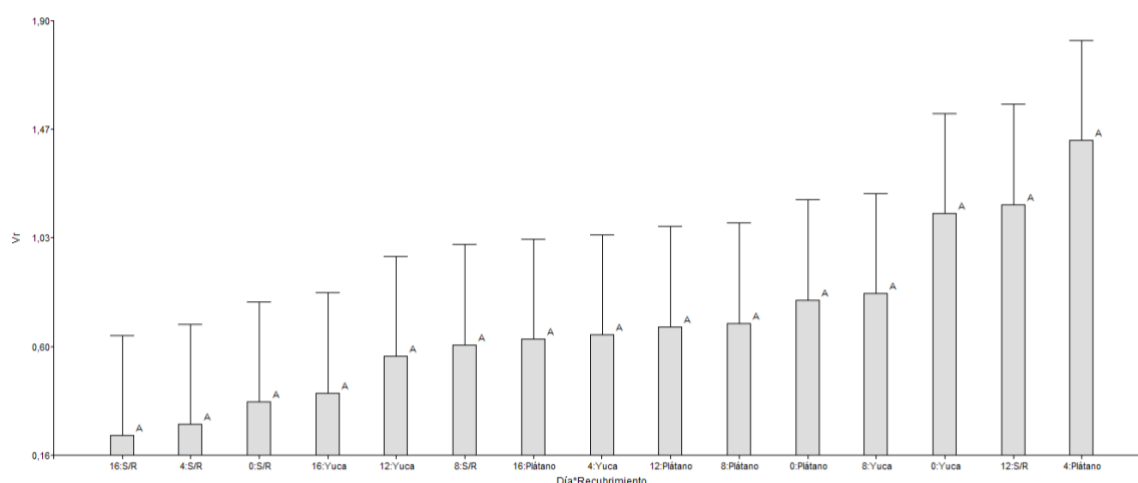


Ilustración 7. Variación de la coordenada b* durante el almacenamiento

El gráfico de barras indica que los valores de la coordenada b* tienen pequeñas variaciones entre los tratamientos y los días de almacenamiento; no obstante, todas las barras contienen la misma letra (A), lo cual señala que no hay diferencias significativas entre las combinaciones estudiadas ($p > 0.05$). A pesar de que el tratamiento sin recubrimiento en el día 16 tiene el valor más bajo y el tratamiento con recubrimiento de plátano en el día 4 tiene el más alto, estas diferencias no son estadísticamente significativas. En términos generales, los hallazgos señalan que durante el almacenamiento los recubrimientos de plátano y yuca mantienen una conducta parecida a la del tratamiento sin recubrimiento en lo que respecta a la coordenada b*.

3.5 Pérdida de peso

Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) para la pérdida de peso

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25,57	14	1,83	155,91	<0,0001
Día	14,18	4	3,55	302,68	<0,0001
Recubrimiento	6,57	2	3,29	280,66	<0,0001
Día*Recubrimiento	4,81	8	0,60	51,34	<0,0001
Error	0,35	30	0,01		
Total	25,92	44			

El modelo fue sumamente significativo ($p < 0,0001$), según el análisis de varianza, lo que significa que explicó de manera apropiada la variabilidad constatada en la pérdida de peso. El tipo de recubrimiento y el factor día mostraron variaciones sumamente significativas ($p < 0,0001$). Además, la interacción entre recubrimiento y día fue significativa ($p < 0,0001$), lo cual demuestra que el impacto del recubrimiento en la pérdida de peso estuvo determinado por el tiempo de almacenaje.

Tabla 31. Comparación de medias de la pérdida de peso según los días

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14799
 Error: 0,0117 gl: 30

Día	Medias	n	E.E.	
0	0,00	9	0,04	A
4	0,21	9	0,04	B
8	0,60	9	0,04	C
12	1,04	9	0,04	D
16	1,55	9	0,04	E

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

La prueba de Tukey reveló variaciones importantes entre cada uno de los días de almacenamiento. Desde el día 0 hasta el día 16, la pérdida de peso fue en aumento constante (de 0,00 % a 1,55 %), creando así grupos estadísticos distintos (A, B, C, D y E). Estos resultados demuestran que la duración de almacenamiento tuvo un impacto directo en la reducción de peso del producto, con un aumento sostenido a medida que pasaban los días de evaluación.

Tabla 32. Comparación de medias de la pérdida de peso según el recubrimiento

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09743
 Error: 0,0117 gl: 30

Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
Yuca	0,31	15	0,03	A
Plátano	0,52	15	0,03	B
S/R	1,21	15	0,03	C

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

La comparación de las medias reveló diferencias importantes entre los tratamientos. El recubrimiento de yuca (0,31 %) mostró la pérdida de peso más baja y constituyó el grupo estadístico A. El recubrimiento de plátano (0,52 %) se colocó en un grupo intermedio (B), y el tratamiento sin recubrimiento (1,21 %) tuvo la mayor disminución del peso y formó el grupo

Tabla 33. Interacción entre recubrimiento y tiempo para la pérdida de peso

La interacción entre el tiempo de almacenamiento y el tipo de recubrimiento presentó diferencias significativas entre las combinaciones evaluadas. Durante el día 0, todos los tratamientos registraron una pérdida de peso nula. A medida que avanzó el almacenamiento, la pérdida de peso aumentó en todos los tratamientos, aunque el incremento fue mayor en el tratamiento sin recubrimiento. Al día 16, este alcanzó el valor más alto (2,75 %), mientras que el recubrimiento de yuca presentó la menor pérdida (0,67 %), seguido por el recubrimiento de plátano (1,22 %). Esto confirma la eficacia de los recubrimientos para disminuir la deshidratación del producto.

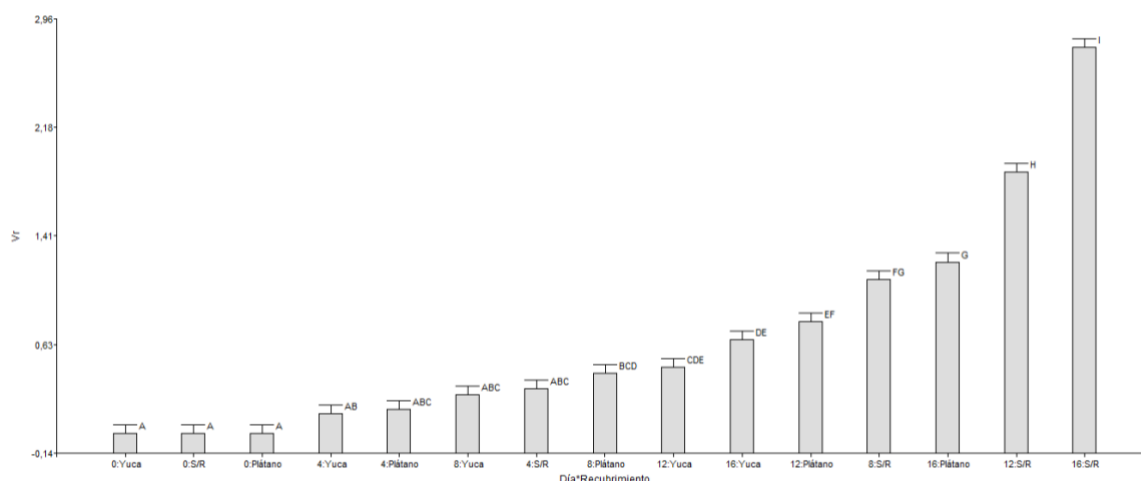


Ilustración 8. Pérdida de peso de los arándanos durante el almacenamiento

En los tres tratamientos, el gráfico de barras revela un aumento gradual en la pérdida de peso durante el almacenamiento. No obstante, el tratamiento sin recubrimiento mostró las barras más altas, particularmente en los días finales, lo que señala una pérdida de agua más significativa. En cambio, el recubrimiento de yuca exhibió los valores más bajos a lo largo de todo el periodo analizado, con el del plátano en segundo lugar. Las letras que aparecen encima de las barras indican los grupos estadísticos obtenidos a través del test de Tukey, y corroboran las diferencias significativas entre diferentes combinaciones de recubrimiento y tiempo. Estos resultados demuestran que los recubrimientos comestibles, y en particular el de yuca, mejoraron la conservación del peso a lo largo del almacenamiento.

3.6 Permeabilidad

Tabla 34. Análisis de varianza (ANOVA) para la permeabilidad al vapor de agua

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,0034	1	0,0034	54,7687	0,0018
Recubrimiento	0,0034	1	0,0034	54,7687	0,0018
Error	0,0002	4	0,0001		
Total	0,0036	5			

El Recubrimiento tiene un impacto muy significativo en la respuesta analizada, como lo indica el ANOVA ($p = 0.0018$). La probabilidad que se encuentra muy por debajo del límite estándar de 0.05 confirma matemáticamente que el tipo de fuente botánica empleada (ya sea yuca o plátano) altera considerablemente las propiedades físicas de los filmes protectores analizados.

Tabla 35. Comparación de medias de la permeabilidad al vapor de agua

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01773
Error: 0,0001 gl: 4

Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
Yuca	0,3356	3	0,0045	A
Plátano	0,3829	3	0,0045	B

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

La prueba de comparación múltiple de Tukey encuentra diferencias estadísticas relevantes ($p < 0.05$), divide y separa los tratamientos en dos categorías totalmente independientes. Las películas que se basan en almidón de yuca tienen el promedio más bajo y eficiente (0.3356), por lo que se les asigna la letra “A”. El recubrimiento de plátano, por otro lado, tiene un promedio mucho mayor (0.3829) y está asignado exclusivamente al grupo “B”.

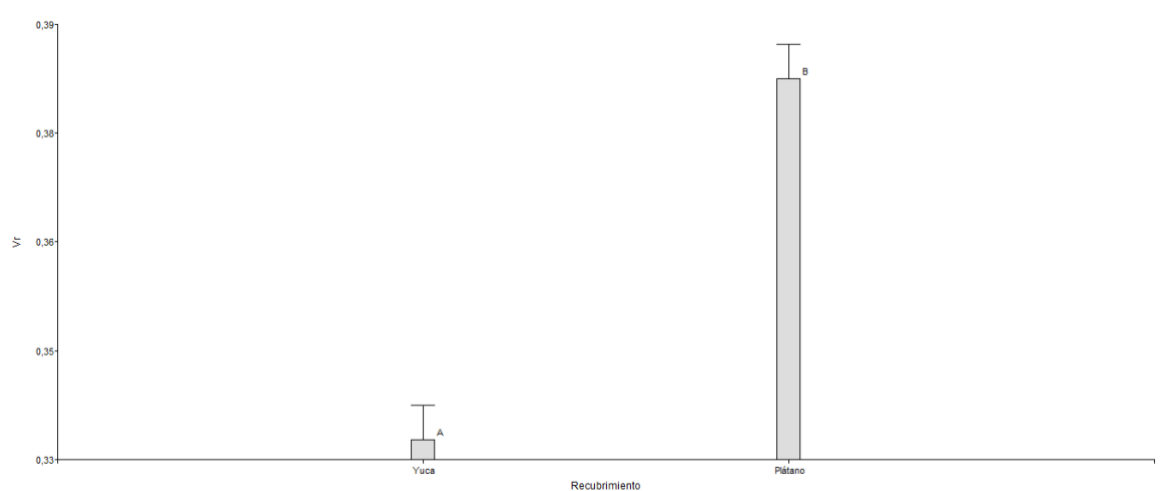


Ilustración 9. Comparación de la permeabilidad al vapor de agua de los recubrimientos

La ventaja estructural que hay entre ambos tratamientos se ilustra de manera gráfica en el gráfico de barras. La columna del plátano es considerablemente más alta que la de la yuca. Se confirma visualmente que la Yuca proporciona un rendimiento mayor y funciona como una barrera mucho más hermética ya que presenta una menor permeabilidad de vapor de agua.

3.7 Solubilidad

Tabla 36. *Análisis de varianza (ANOVA) para la solubilidad*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,120	1	0,120	103,214	0,0005
Recubrimiento	0,120	1	0,120	103,214	0,0005
Error	0,005	4	0,001		
Total	0,125	5			

El análisis estadístico evidencia de manera contundente que el factor "Recubrimiento" presenta una diferencia significativa ($p = 0.0005$). El hecho de que este valor sea muy menor que el límite estándar de 0.05 es una confirmación matemática de que la materia prima empleada (yuca o plátano) modifica drásticamente la habilidad de la película biodegradable para desintegrarse al entrar en contacto con el agua.

Tabla 37. *Comparación de medias de la solubilidad de los recubrimientos*

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07743				
Error: 0,0012 gl: 4				
Recubrimiento	Medias	n	E.E.	
Yuca	0,147	3	0,020	A
Plátano	0,430	3	0,020	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)				

La prueba de comparación de Tukey confirma que existe una diferencia estadística relevante entre ambas fuentes de almidón ($p < 0.05$). Las medias de los tratamientos se dividieron completamente en grupos independientes: el recubrimiento de yuca, que tuvo una media de solubilidad de 0.147, fue asignado solamente al grupo "A". El recubrimiento de Plátano, por su parte, obtuvo un promedio muy superior de 0.430 y se situó solo dentro del grupo "B".

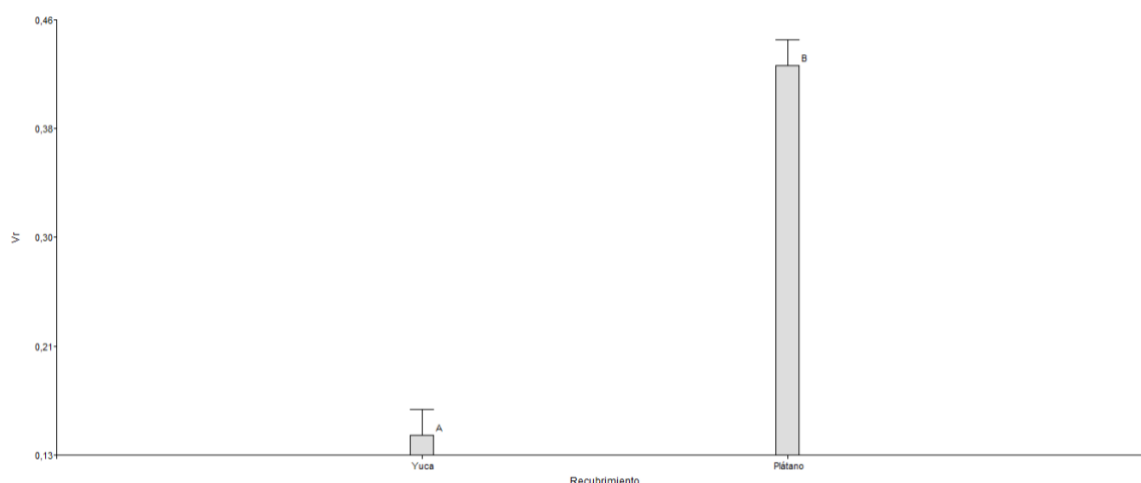


Ilustración 10. Comparación de la solubilidad de los recubrimientos

La representación visual muestra con total claridad la gran distancia que hay entre los dos tratamientos. La columna del almidón de plátano es casi tres veces más alta que la de la yuca. La prueba de que la yuca tiene una resistencia al agua mucho mayor, en comparación con el plátano, que se disuelve con gran facilidad, se debe a que las barras de error están totalmente separadas entre sí y contienen letras estadísticas diferentes (“A” y “B”).

3.8 Análisis sensorial

3.8.1 Apariencia

Tabla 38. Análisis de varianza para la apariencia

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	106,08	31	3,42	1,90	0,0171	
PANELISTA	101,66	29	3,51	1,95	0,0154	
TRATAMIENTO	4,42	2	2,21	1,23	0,2997	
Error	104,24	58	1,80			
Total	210,32	89				

El factor "Panelista" muestra un impacto estadísticamente significativo ($p = 0.0154$), lo que señala que los jueces utilizaron criterios o escalas individuales muy dispares para evaluar los atributos visuales. En cambio, el factor principal "Tratamiento" no muestra diferencias significativas en términos estadísticos ($p = 0.2997$). Esto evidencia que, a pesar de las diferencias naturales en cómo los evaluadores perciben las cosas, los cambios o

formulaciones probadas mantuvieron un aspecto sensorial que el panel vio como equivalente en términos generales.

Tabla 39. Comparación de medias de los panelistas para el atributo apariencia (Tukey).

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,31554				
Error: 1,7973 gl: 58				
PANELISTA	Medias	n	E.E.	
1	5,33	3	0,77	A
24	5,67	3	0,77	A
27	6,00	3	0,77	A
4	6,00	3	0,77	A
8	6,33	3	0,77	A
10	6,33	3	0,77	A
7	6,33	3	0,77	A
29	6,33	3	0,77	A
2	6,67	3	0,77	A
22	6,67	3	0,77	A
18	6,67	3	0,77	A
20	7,00	3	0,77	A
26	7,00	3	0,77	A
17	7,33	3	0,77	A
28	7,33	3	0,77	A
25	7,33	3	0,77	A
15	7,33	3	0,77	A
30	7,67	3	0,77	A
23	7,67	3	0,77	A
3	7,67	3	0,77	A
19	7,67	3	0,77	A
14	8,00	3	0,77	A
16	8,00	3	0,77	A
21	8,33	3	0,77	A
5	8,67	3	0,77	A
6	9,00	3	0,77	A
13	9,00	3	0,77	A
12	9,00	3	0,77	A
11	9,00	3	0,77	A
9	9,00	3	0,77	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)				

El test examinó a cada uno de los 30 panelistas por separado para determinar el origen de la variabilidad observada. Aunque las puntuaciones promedio otorgadas oscilan en un rango amplio que va desde el valor más bajo de 5.33 (Panelista 1) hasta la calificación máxima de 9.00 (Panelistas 6, 13, 12, 11 y 9), la prueba estadística agrupa a la totalidad de los jueces bajo una misma letra común (Grupo A). Esto quiere decir que ni la dispersión ni el error experimental hacen posible definir subgrupos de opinión críticos, lo que lleva a concluir

que no existe una división matemática significativa entre las valoraciones visuales de los panelistas.

Tabla 40. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo apariencia (Tukey)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,83260				
Error: 1,7973 gl: 58				
TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T2	7,03	30	0,24	A
T1	7,47	30	0,24	A
T3	7,53	30	0,24	A

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

Las medias conseguidas son muy parecidas: el Tratamiento T2, con un promedio de 7.03, fue el que tuvo el puntaje más bajo; le siguió el Tratamiento T1 con 7.47 y finalmente el Tratamiento T3, que obtuvo la nota más alta con 7.53. Se llega a la conclusión de que ninguno de los tratamientos probados modifica la aceptabilidad del aspecto de manera importante, ya que todos los tratamientos tienen "A" como letra común ($p > 0.05$).

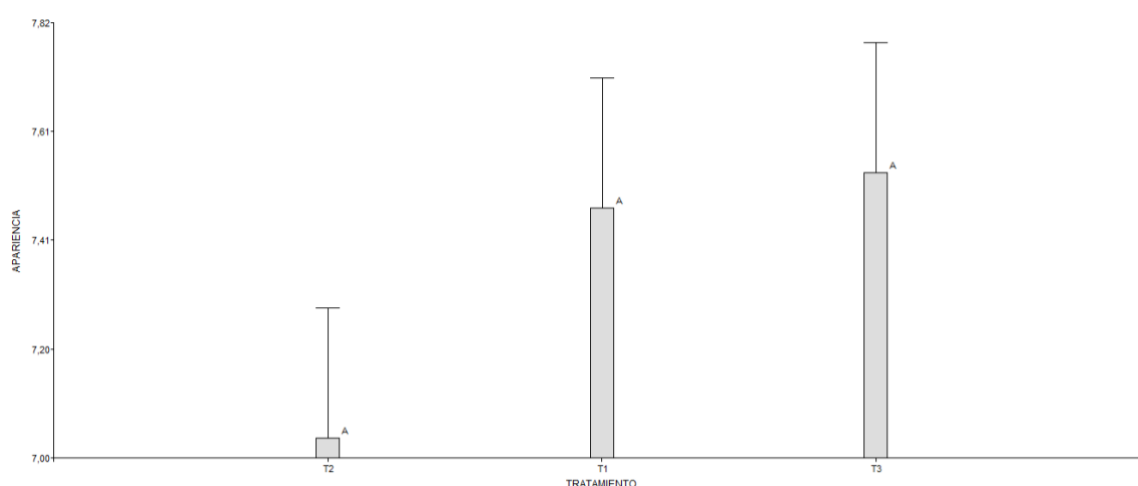


Ilustración 11. Evaluación sensorial de la apariencia

La homogeneidad en la evaluación sensorial de la apariencia se muestra con el gráfico, pese a que las columnas de los tratamientos T1 (7.47) y T3 (7.53) presentan un tamaño algo más alto en comparación con la columna del tratamiento T2 (7.03), esa diferencia es insignificante desde el punto estadístico.

3.8.2 Textura

Tabla 41. *Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo textura*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	102,38	31	3,30	1,25	0,2305
PANELISTA	101,96	29	3,52	1,33	0,1776
TRATAMIENTO	0,42	2	0,21	0,08	0,9235
Error	153,58	58	2,65		
Total	255,96	89			

El análisis de varianza concluye que no hay variaciones estadísticas relevantes en la textura, porque tanto el "Panelista" ($p = 0.1776$) como el "Tratamiento" ($p = 0.9235$) sobrepasan con creces el nivel de significancia alfa estándar ($p > 0.05$). El modelo global tampoco es relevante ($p = 0.2305$). Esto revela una percepción muy uniforme entre los jueces y asegura que los factores analizados no modifican la textura del producto.

Tabla 42. *Comparación de medias de los panelistas para el atributo textura (Tukey)*

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,23809

Error: 2,6479 gl: 58

PANELISTA	Medias	n	E.E.
10	4,00	3	0,94 A
27	5,00	3	0,94 A
1	5,33	3	0,94 A
24	5,67	3	0,94 A
29	6,00	3	0,94 A
8	6,00	3	0,94 A
2	6,33	3	0,94 A
20	6,67	3	0,94 A
26	7,00	3	0,94 A
19	7,00	3	0,94 A
12	7,00	3	0,94 A
13	7,00	3	0,94 A
7	7,00	3	0,94 A
18	7,00	3	0,94 A
17	7,00	3	0,94 A
16	7,00	3	0,94 A
3	7,33	3	0,94 A
5	7,33	3	0,94 A
28	7,33	3	0,94 A
22	7,33	3	0,94 A
23	7,33	3	0,94 A
14	7,67	3	0,94 A
4	7,67	3	0,94 A
15	7,67	3	0,94 A
25	7,67	3	0,94 A
30	8,00	3	0,94 A
11	8,00	3	0,94 A
9	8,67	3	0,94 A
6	8,67	3	0,94 A
21	9,00	3	0,94 A

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

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey confirma que no se hallan diferencias estadísticas relevantes entre las valoraciones de los 30 jueces ($p > 0.05$). Todos los evaluadores coinciden en la letra común "A", aunque las calificaciones individuales oscilan en un rango entre una mínima de 4.00 (Panelista 10) y una máxima de 9.00 (Panelista 21). El panel, de acuerdo con la estadística, actuó de forma uniforme y los criterios para medir la textura fueron coherentes entre todos los participantes.

Tabla 43. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo textura (Tukey)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,01059
Error: 2,6479 gl: 58

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
T2	6,93	30	0,30	A
T1	7,03	30	0,30	A
T3	7,10	30	0,30	A

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

El test de Tukey para los tratamientos confirma oficialmente que no existe una diferencia estadística relevante entre los tratamientos examinados ($p > 0.05$). Los valores de la textura son muy parecidos y uniformes: el promedio del Tratamiento T2 fue 6.93, el del Tratamiento T1 fue 7.03 y el del Tratamiento T3 alcanzó 7.10. Dado que todos están agrupados en la misma categoría estadística (letra común "A"), se concluye que ninguna de las fórmulas probadas tiene un efecto o cambio real en las propiedades mecánicas y organolépticas de la textura.

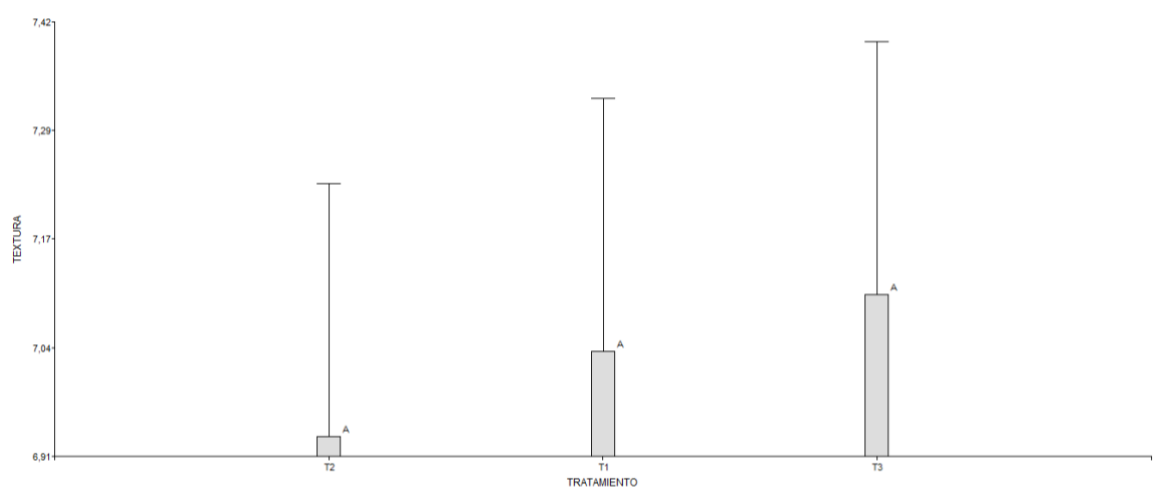


Ilustración 12. Evaluación sensorial de la textura

La visualización de datos permite verificar que no hay variabilidad entre tratamientos en el análisis sensorial. Las tres columnas de T2 (6.93), T1 (7.03) y T3 (7.10) muestran alturas casi iguales.

3.8.3 Color

Tabla 44. *Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	109,74	31	3,54	2,50	0,0013
PANELISTA	101,12	29	3,49	2,47	0,0017
TRATAMIENTO	8,62	2	4,31	3,05	0,0551
Error	82,04	58	1,41		
Total	191,79	89			

El ANOVA muestra que el factor "Panelista" tiene una diferencia estadística altamente significativa ($p = 0.0017$), lo que indica que los jueces evaluaron el aspecto cromático utilizando criterios diversos. En relación al elemento fundamental "Tratamiento", el valor conseguido ($p = 0.0551$) es un poco más alto que el nivel de significancia alfa estándar ($p = 0.05$). Por lo tanto, de acuerdo con el criterio estadístico riguroso, no se encuentran diferencias estadísticas relevantes entre los tratamientos, por lo que son considerados resultados marginales o de tendencia.

Tabla 45. Comparación de medias de los panelistas para el atributo color (Tukey)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,82854

Error: 1,4146 gl: 58

PANELISTA	Medias	n	E.E.		
8	5,00	3	0,69	A	
27	5,33	3	0,69	A	B
24	5,67	3	0,69	A	B
1	6,00	3	0,69	A	B
29	6,00	3	0,69	A	B
13	6,33	3	0,69	A	B
20	6,67	3	0,69	A	B
25	6,67	3	0,69	A	B
22	7,00	3	0,69	A	B
26	7,00	3	0,69	A	B
3	7,00	3	0,69	A	B
23	7,33	3	0,69	A	B
7	7,33	3	0,69	A	B
2	7,33	3	0,69	A	B
16	7,67	3	0,69	A	B
19	7,67	3	0,69	A	B
18	7,67	3	0,69	A	B
30	8,00	3	0,69	A	B
11	8,00	3	0,69	A	B
4	8,00	3	0,69	A	B
5	8,00	3	0,69	A	B
21	8,00	3	0,69	A	B
28	8,00	3	0,69	A	B
9	8,33	3	0,69	A	B
10	8,33	3	0,69	A	B
17	8,67	3	0,69	A	B
12	8,67	3	0,69	A	B
15	8,67	3	0,69	A	B
14	9,00	3	0,69		B
6	9,00	3	0,69		B

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

La prueba de Tukey determina que las calificaciones de algunos jueces presentan diferencias estadísticas importantes. Los promedios oscilan entre 5.00 (Panelista 8) y 9.00 (Panelistas 14 y 6). Los Panelistas 14 y 6 son solamente del Grupo B, y el Panelista 8 es solo del Grupo A. El grupo mayoritario de los evaluadores intermedios tienen ambas letras (Grupo A B). Esto revela matemáticamente que el panel tuvo una discrepancia de opiniones o puntos de vista visuales opuestos al juzgar el color del producto.

Tabla 46. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo color (Tukey)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,73865

Error: 1,4146 gl: 58

TRATAMIENTO Medias n E.E.

T2 7,10 30 0,22 A

T3 7,30 30 0,22 A

T1 7,83 30 0,22 A

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

El análisis de Tukey para los tratamientos ratifica oficialmente que no existe una diferencia estadística relevante entre las muestras examinadas ($p > 0.05$). Los promedios documentados indican que la media más baja fue para el Tratamiento T2 (7.10), después el Tratamiento T3 con 7.30, y por último llegó el Tratamiento T1 con 7.83, que fue el más alto. A pesar de que los tres tratamientos tienen la misma letra común "A", las modificaciones en la formulación no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en el color percibido.

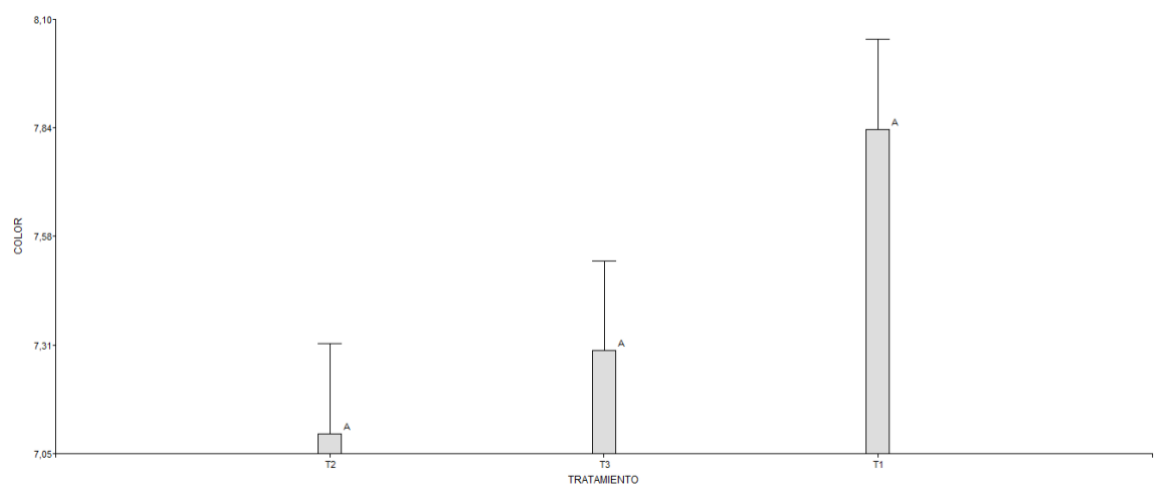


Ilustración 13. Evaluación sensorial del color

Se puede observar que la intensidad o la aceptación del color aumenta en el orden $T2 < T3 < T1$. Sin embargo, a pesar de la obvia diferencia gráfica entre las alturas de las columnas, la presencia de la letra "A" en la parte superior de cada barra demuestra formalmente que esta variación los tres tratamientos son estadísticamente iguales en términos de color.

3.8.4 Sabor

Tabla 47. *Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sabor*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	87,44	31	2,82	0,99	0,4942
PANELISTA	80,62	29	2,78	0,98	0,5104
TRATAMIENTO	6,82	2	3,41	1,20	0,3078
Error	164,51	58	2,84		
Total	251,96	89			

Los resultados muestran que no hay diferencias significativas en ningún tratamiento. El valor de "Panelista" ($p = 0.5104$) y el de "Tratamiento" ($p = 0.3078$) son significativamente superiores a 0.05. El modelo en su totalidad tampoco es significativo ($p = 0.4942$). Esto indica que el sabor del producto fue percibido de manera bastante parecida por todos, y que las modificaciones hechas en las muestras no cambiaron el sabor de un modo que la gente sea capaz de notar desde una perspectiva estadística.

Tabla 48. Comparación de medias de los panelistas para el atributo sabor (Tukey)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,42134

Error: 2,8364 gl: 58

PANELISTA	Medias	n	E.E.	
27	4,67	3	0,97	A
10	4,67	3	0,97	A
8	5,67	3	0,97	A
1	6,33	3	0,97	A
11	6,33	3	0,97	A
24	6,33	3	0,97	A
4	6,33	3	0,97	A
16	6,67	3	0,97	A
25	6,67	3	0,97	A
5	6,67	3	0,97	A
20	6,67	3	0,97	A
22	7,00	3	0,97	A
18	7,00	3	0,97	A
14	7,00	3	0,97	A
29	7,00	3	0,97	A
26	7,00	3	0,97	A
7	7,00	3	0,97	A
12	7,00	3	0,97	A
13	7,00	3	0,97	A
28	7,67	3	0,97	A
17	7,67	3	0,97	A
15	7,67	3	0,97	A
2	7,67	3	0,97	A
19	7,67	3	0,97	A
30	7,67	3	0,97	A
23	8,00	3	0,97	A
21	8,00	3	0,97	A
6	8,33	3	0,97	A
3	8,67	3	0,97	A
9	8,67	3	0,97	A

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

El análisis revela que no existen diferencias significativas entre los panelistas ($p > 0.05$). El sistema los clasifica a todos ellos con la misma letra "A", a pesar de que un evaluador otorgó una calificación baja de 4.67 (Panelistas 27 y 10) y otro, alta, de 8.67 (Panelistas 3 y 9). En términos simples, los evaluadores coincidieron y valoraron el sabor con criterios bastante similares.

Tabla 49. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo sabor (Tukey)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,04595

Error: 2,8364 gl: 58

TRATAMIENTO Medias n E.E.

T3 6,63 30 0,31 A

T2 7,20 30 0,31 A

T1 7,23 30 0,31 A

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

El análisis indica que no hay distinciones significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$). Las notas promedio de sabor fueron casi idénticas: el Tratamiento T3 sacó 6.63, el Tratamiento T2 obtuvo 7.20 y el Tratamiento T1 logró 7.23. Dado que los tres tratamientos incluyen la letra "A", se infiere que todos ellos son igualmente aceptados en términos de sabor.

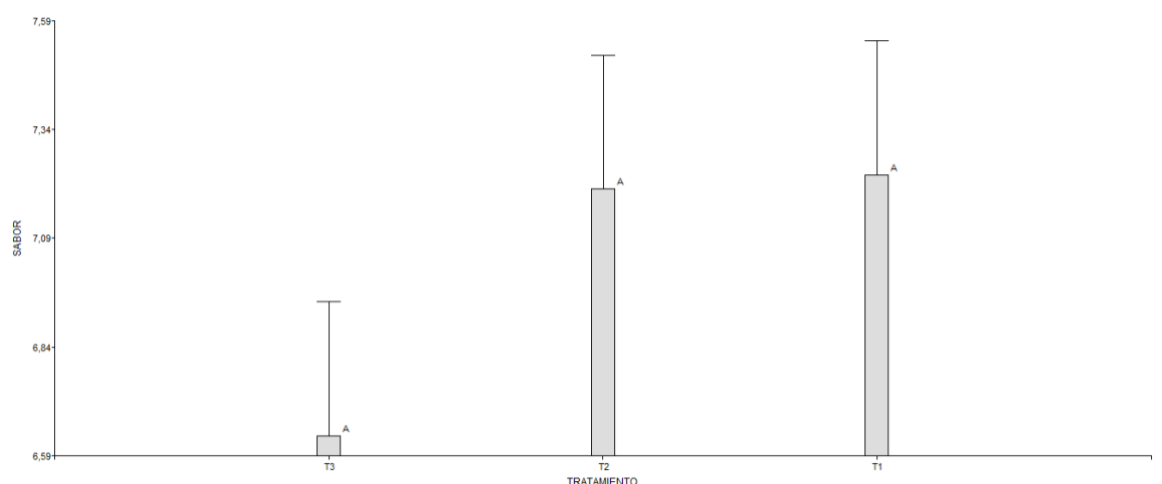


Ilustración 14. Evaluación sensorial del sabor

Se observa que la barra de la muestra T3 es un poco más baja que las de las muestras T1 y T2. No obstante, esta ligera variación visual no es considerada estadísticamente. La letra “[A]” situada por encima de las tres columnas nos indica sin ninguna duda que los tres productos tienen el mismo sabor.

3.8.5 Olor

Tabla 50. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo olor

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	133,44	31	4,30	2,70	0,0005
PANELISTA	128,49	29	4,43	2,78	0,0005
TRATAMIENTO	4,96	2	2,48	1,56	0,2197
Error	92,38	58	1,59		
Total	225,82	89			

El análisis demuestra que el factor "Panelista" tiene un impacto muy significativo ($p = 0.0005$), lo cual indica que los jueces percibieron el olor de maneras muy diferentes entre sí. En cambio, no se observan diferencias significativas en el factor "Tratamiento" ($p = 0.2197$), pues el valor excede 0.05. En resumen, las fórmulas tienen un olor casi idéntico, a pesar de que cada catador tenga su propia sensibilidad olfativa.

Tabla 51. Comparación de medias de los panelistas para el atributo aroma (Tukey)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,06249

Error: 1,5927 gl: 58

PANELISTA	Medias	n	E.E.	
25	5,00	3	0,73	A
4	5,33	3	0,73	A
29	5,33	3	0,73	A
24	5,67	3	0,73	A
1	5,67	3	0,73	A
27	5,67	3	0,73	A
19	5,67	3	0,73	A
8	6,00	3	0,73	A
13	6,33	3	0,73	A
28	6,33	3	0,73	A
3	6,67	3	0,73	A
22	6,67	3	0,73	A
2	6,67	3	0,73	A
21	7,00	3	0,73	A
7	7,00	3	0,73	A
5	7,00	3	0,73	A
14	7,00	3	0,73	A
23	7,33	3	0,73	A
16	7,33	3	0,73	A
15	7,33	3	0,73	A
10	7,33	3	0,73	A
18	7,67	3	0,73	A
26	8,00	3	0,73	A
12	8,33	3	0,73	A
20	8,67	3	0,73	A
17	8,67	3	0,73	A
30	8,67	3	0,73	A
6	9,00	3	0,73	A
9	9,00	3	0,73	A
11	9,00	3	0,73	A

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

El test de Tukey los clasifica todos dentro de la misma letra “A”. Esto nos sugiere que las diferencias individuales se diluyen en el margen de error del experimento y, por lo tanto, no existe una distinción significativa suficiente como para dividir a los jueces en grupos independientes.

Tabla 52. Comparación de medias de los tratamientos para el atributo aroma (Tukey)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,78378

Error: 1,5927 gl: 58

TRATAMIENTO Medias n E.E.

T3 6,73 30 0,23 A

T1 7,10 30 0,23 A

T2 7,30 30 0,23 A

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

Los resultados demuestran de manera concluyente que no existe una diferencia importante entre las muestras ($p > 0.05$). Las evaluaciones medias otorgadas al olor fueron muy uniformes: el Tratamiento T1 logró 7.10, el Tratamiento T2 llegó a 7.30 y el Tratamiento T3 tuvo un promedio de 6.73. Se llega a la conclusión de que el aroma no se modificó con ninguno de los tratamientos al notar que todos tienen la misma letra "A".

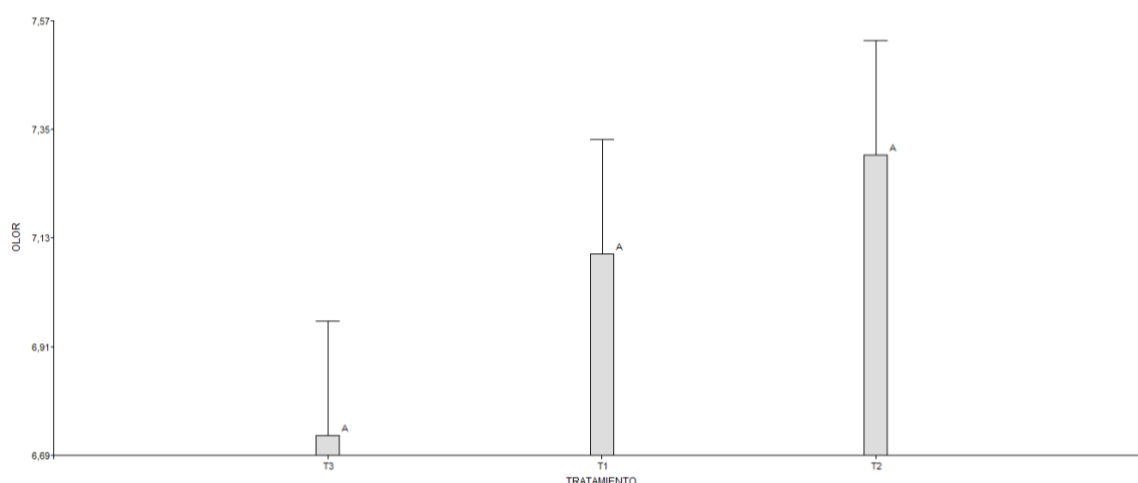


Ilustración 15. Evaluación sensorial del olor

Se observa en el gráfico que la barra de T3 es un poco más baja que las de T1 y T2. No obstante, la estadística nos demuestra que esa distancia no es relevante. La letra "A" ubicada en cada columna indica que, para el panel olfativo, los tres tratamientos se comportan de manera idéntica.

4 Discusión

Los resultados obtenidos mostraron que el pH aumentó de manera gradual durante los 16 días de almacenamiento, desde 3,44 en el día cero hasta 4,04 en el día dieciséis. El análisis de varianza reveló que el tipo de recubrimiento, tiempo de almacenamiento y su interacción presentaban diferencias muy relevantes ($p < 0,0001$). El tratamiento sin recubrimiento mostró el aumento de pH más alto (4,33), y el que se hizo con almidón de yuca tuvo la cifra final más baja (3,83), después del recubrimiento de almidón de plátano (3,97). Estos hallazgos evidencian que los recubrimientos comestibles retrasaron las transformaciones fisicoquímicas vinculadas al metabolismo del fruto a lo largo de su almacenamiento.

Se puede atribuir el aumento del pH que se ha notado en este estudio a la utilización progresiva de los ácidos orgánicos durante la respiración y al proceso natural de senescencia del fruto. A medida que el almacenamiento progresa, la concentración de ácidos como el málico y el cítrico se reduce, lo que causa un incremento del pH. Durante la conservación poscosecha, este comportamiento ha sido ampliamente documentado en frutas frescas.

Los hallazgos son consistentes con la información (Medina-Jaramillo et al., 2019), sobre recubrimientos hechos de almidón para preservar arándanos (*Vaccinium meridionale*). Estos escritores notaron que el uso de recubrimientos comestibles redujo la velocidad de la respiración y facilitó que se mantuviera estable durante más tiempo el equilibrio fisicoquímico del fruto, lo que retrasó el aumento del pH y amplió su vida útil. Los autores explicaron que este comportamiento se debió a que las películas crearon una barrera semipermeable que limitó el intercambio de dióxido de carbono y oxígeno entre el fruto y el entorno.

Del mismo modo, (Medina-Jaramillo C. et al., 2020) llevaron a cabo una investigación sobre un recubrimiento biodegradable hecho con almidón de carvacrol/alginato que fue aplicado en arándanos andinos; Descubrieron que los frutos que se cubrieron mantuvieron sus propiedades fisicoquímicas durante más tiempo en comparación con el tratamiento de control. Según los autores, el revestimiento redujo la intensidad de la respiración y retrasó el consumo de los ácidos orgánicos que permiten conservar la acidez propia del fruto. Esta conducta es coherente con las conclusiones alcanzadas en este estudio.

La mayor efectividad observada en el recubrimiento desarrollado con almidón de yuca tal vez puede estar relacionada con la formación de una capa más uniforme con mejores propiedades de barrera contra el oxígeno y el vapor de agua, lo que permitió reducir la

intensidad de la respiración y retrasar el metabolismo relacionado con la formación de una capa más uniforme con mejores propiedades de barrera contra el oxígeno y el vapor de agua , lo que permitió reducir la intensidad de la respiración y así retrasar el metabolismo de los ácidos. Esto indica que los recubrimientos son una alternativa prometedora para mantener la calidad física y química de los alimentos

El análisis estadístico reveló que el contenido de humedad no mostró variaciones significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, los días de almacenaje ni la interrelación de ambos elementos. Los valores se mantuvieron casi sin cambios a lo largo de todo el periodo experimental, lo que muestra que ninguno de los recubrimientos alteró en gran medida la cantidad de agua del fruto.

El arándano tiene una epidermis con una capa cerosa natural (floración) se debe la estabilidad observada; esta capa funciona como una barrera fisiológica contra la deshidratación. Si esta protección natural se combina con un recubrimiento comestible, el impacto sobre el contenido de humedad puede ser restringido, particularmente en lapsos breves de almacenamiento o cuando las condiciones ambientales propician la preservación del fruto. Por tanto, el hecho de que no se encuentren diferencias estadísticas no significa necesariamente que los recubrimientos sean ineficaces; Simplemente indica que el nivel de humedad interna del fruto se mantendrá constante en todos los tratamientos.

Los resultados concuerdan con (Duan et al., 2011), donde analizaron varios recubrimientos comestibles en arándanos frescos guardados en condiciones comerciales y afirmaron que la habilidad para mantener la humedad está determinada tanto por el tipo de recubrimiento como por el sistema de almacenamiento utilizado. Algunos recubrimientos disminuyeron en parte la pérdida de agua, según notaron los autores; no obstante, las diferencias no siempre fueron importantes por el escaso índice de transpiración del arándano y por el efecto que tiene la cutícula natural del fruto a modo de protección.

(Oliveira et al., 2018) demostraron en una investigación sobre recubrimientos biodegradables hechos de almidón de yuca aplicados a arándanos refrigerados que, a pesar de que estos ayudaron a reducir la respiración y preservar otras características de calidad, la humedad del fruto se mantuvo más o menos igual durante el almacenamiento, sin variaciones significativas en comparación con el tratamiento control. Los escritores argumentan que el contenido de agua del fruto se determina en su mayoría por la relación entre transpiración y

condiciones ambientales, y que los recubrimientos tienen un impacto más significativo sobre variables fisiológicas como la respiración y el retraso de la maduración.

Por lo tanto, se puede concluir que los recubrimientos comestibles analizados son una opción apropiada para conservar arándanos, ya que estabilizan el contenido de humedad sin afectar de manera desfavorable las propiedades fisicoquímicas del producto.

Los resultados mostraron que la firmeza de los arándanos se reduce con el tiempo en el almacenamiento; no obstante, los frutos cubiertos con almidón de yuca mantuvieron niveles más altos de firmeza en comparación con el tratamiento hecho con almidón de plátano y con el tratamiento control. Este comportamiento indica que el recubrimiento fabricado con almidón de yuca demoró el proceso de ablandamiento del fruto al reducir la pérdida de agua y restringir el intercambio gaseoso con el entorno, lo cual pospuso las transformaciones fisiológicas relacionadas con la maduración.

La pérdida de firmeza en la poscosecha está vinculada con el deterioro de la pared celular, que se produce principalmente por el trabajo de enzimas como la β -galactosidasa, la pectinmetilesterasa y la poligalacturonasa. Estas enzimas hidrolizan las pectinas que tienen a su carga mantener unidas las células del tejido vegetal. Asimismo, cuando se pierde agua, la presión de turgencia disminuye, lo que propicia que el fruto se ablande. En esta línea, los recubrimientos comestibles operan como barreras semipermeables que disminuyen la transpiración y la respiración, manteniendo la estructura celular por más tiempo.

Los descubrimientos que se han obtenido son congruentes con los de (Almeida et al., 2024), quienes llevaron a cabo la evaluación de coberturas biodegradables hechas con aceite esencial de limoncillo y almidón de yuca oxidado, estos últimos fueron usados en el mango "Palmer". los frutos cubiertos mantuvieron una firmeza notable más alta que el tratamiento sin recubrimiento durante la conservación en refrigeración. se debió a que la barrera creada por el recubrimiento provocó un retraso en la maduración y una reducción de la pérdida de agua, lo que facilitó que el tejido vegetal conservara su integridad durante un período más prolongado.

(Yadav et al., 2025) realizó un estudio de un recubrimiento de aceite esencial de limoncillo y almidón de semilla de mango, que se aplicó sobre guayaba. Se descubrió que los frutos recubiertos mantuvieron una dureza de 6,45 N al término del almacenamiento, mientras que el tratamiento control llegó solamente a 3,48 N. la conclusión de que la película redujo la respiración, la deshidratación y el estrés oxidativo, lo que retrasó el proceso de ablandamiento

del fruto. A pesar de que el material usado fue distinto al utilizado en este estudio, los dos estudios están de acuerdo en que los recubrimientos hechos con polisacáridos son una táctica efectiva para mantener la firmeza de las frutas después de la cosecha.

Los resultados de este estudio también son consistentes con las otras variables que se evalúan. También, el hecho de que en este tratamiento el pH suba menos indica que la actividad respiratoria ha disminuido, lo que retrasa la degradación de las partes estructurales de la pared celular. La menor pérdida de peso y la menor permeabilidad al vapor de agua fueron características del tratamiento con almidón de yuca, lo que ayudó a preservar la turgencia celular y a incrementar así la firmeza de los arándanos. hecho de que en este tratamiento el pH suba menos indica que la actividad respiratoria ha disminuido, lo que retrasa la degradación de las partes estructurales de la pared celular.

En general, los hallazgos indican que el revestimiento hecho con almidón de yuca tiene cualidades funcionales superiores para mantener la firmeza de los arándanos durante su almacenamiento. Su habilidad para demorar los cambios fisiológicos relacionados con la maduración y restringir el despojo de agua posibilitó que la textura del fruto se conserve por un período más largo. Sin embargo, investigaciones posteriores pueden examinar distintas concentraciones de almidón y la inclusión de compuestos bioactivos o aceites esenciales para mejorar las propiedades mecánicas de las películas y extender la vida útil de los frutos.

Para el estudio del color en el parámetro L^* (luminosidad) se vio afectado de manera significativa tanto por la interacción entre el día de almacenamiento y el tipo de recubrimiento ($p = 0,0009$) como por el tiempo de almacenamiento ($p < 0,0001$), pero no así por el tipo de recubrimiento solo ($p = 0,2343$). En Líneas generales, la luminosidad se reduce de manera gradual durante el almacenamiento, lo que demuestra un oscurecimiento natural de los arándanos a medida que su proceso de conservación avanza. Sin embargo, los frutos cubiertos con almidón de plátano y almidón de yuca mostraron una reducción más paulatina de los valores de L^* en comparación con el tratamiento sin recubrimiento. Esto indica que ambos recubrimientos ayudarán a demorar las alteraciones visuales vinculadas con el deterioro poscosecha.

La disminución de luminosidad detectada durante el almacenamiento puede ser resultado de procesos fisiológicos que son característicos de la maduración, como la degradación de los pigmentos naturales, la pérdida de agua en el tejido vegetal y la oxidación de las sustancias fenólicas. Estos cambios disminuyen la capacidad de reflejar la luz y

favorecen el oscurecimiento superficial del fruto. Los recubrimientos comestibles funcionan como barreras semipermeables que reducen la transpiración y el ritmo respiratorio, lo que limita el contacto del tejido con el oxígeno y hace que las reacciones oxidativas, que son las causantes de la variación de color, se retrasen.

Los hallazgos son coherentes con los de (Medina-Jaramillo C. et al., 2020), que examinaron coberturas de alginato que incluían carvacrol en arándanos andinos (*Vaccinium meridionale*). Los autores notaron que las frutas recubiertas conservaron altos niveles de luminosidad durante el almacenamiento en refrigeración, en contraposición al control del tratamiento. Esto sugiere que el recubrimiento redujo la oscuridad superficial y favoreció que la fruta mantuviera su aspecto comercial durante más tiempo. Los investigadores explicaron que este comportamiento se debe a la disminución de la velocidad de oxidación de compuestos fenólicos y de la respiración, lo cual es resultado del efecto barrera del recubrimiento

Sobre las Coordenadas a^* y b^* , los análisis estadísticos indicaron que el tiempo de almacenamiento y la clase de recubrimiento no generaron variaciones significativas ($p > 0,05$). Esto señala que la fuerza de los tonos azul-amarillo (b^*) y rojizo (a^*) se mantuvo constante durante el período de evaluación. Dichos descubrimientos indican que los recubrimientos hechos con almidón de plátano y almidón de yuca no alteraron la constitución de los pigmentos que dan al arándano su color distintivo, manteniendo así su aspecto natural.

Este comportamiento es consistente con el que reportaron (Huang et al., 2024), quienes realizaron a cabo una evaluación exhaustiva de recubrimientos comestibles en arándanos y descubrieron que las coordenadas a^* y b^* mostraron pocas alteraciones durante la conservación, mientras que la variación cromática principal se dio en la luminosidad (L^*). Los autores llegaron a la conclusión de que la estabilidad de estas coordenadas es el resultado de una buena conservación de los pigmentos responsables del color típico del fruto y las antocianinas.

En resumen, los hallazgos alcanzados posibilitan concluir que la coloración natural del arándano no se vio alterada de manera significativa por el recubrimiento con almidón de yuca y almidón de plátano, además de que estos ayudaron a conservar la estabilidad del parámetro L^* durante su almacenamiento. Que no haya diferencias en las coordenadas a^* y b^* señala que los pigmentos propios del fruto se mantuvieron estables, mientras que la interacción significativa entre el recubrimiento y el tiempo muestra que la efectividad de estos materiales

depende del intervalo de almacenamiento. Estos descubrimientos apoyan la posibilidad de que los recubrimientos con base de almidón sean una opción para mantener la calidad visual de los arándanos sin modificar sus propiedades cromáticas naturales.

Se demostró que la pérdida de peso se incrementó con el tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos, pero los arándanos revestidos con almidón de yuca registraron la pérdida más baja, a diferencia del tratamiento sin recubrimiento, que tuvo las cifras más elevadas. Este comportamiento evidencia que los recubrimientos comestibles funcionaron como un obstáculo que atenuó la pérdida de agua y retrasó el daño del fruto.

La conducta observada coincide con lo que (Cortés Rodríguez et al., 2020) informaron, las cuales evaluaron un recubrimiento multifuncional, compuesto por cera de abejas, quitosano, proteína de azúcar y almidón de yuca. Este fue aplicado sobre mora andina (*Rubus glaucus*). Los autores descubrieron que, tras diez días de almacenamiento con refrigeración, el recubrimiento disminuyó en un 39,6 % la pérdida de peso en comparación con el tratamiento control. Los estudiosos sostienen que este efecto fue causado porque la película redujo la migración de agua del tejido vegetal al entorno y también disminuyó la rapidez de los procesos fisiológicos relacionados con el proceso de maduración, lo cual extendió la duración útil del fruto.

Sin embargo, los resultados que se obtuvieron no coinciden totalmente con los reportados por (Obenland et al., 2022), autores de una evaluación de varios recubrimientos experimentales y comerciales en arándanos (*Vaccinium corymbosum*); ellos encontraron que ningún recubrimiento fue capaz de reducir la pérdida de peso durante el almacenamiento de manera significativa. Los autores señalan que este comportamiento puede tener que ver con la existencia de la típica capa cerosa (floración) de los arándanos, que podría deteriorarse al aplicar el recubrimiento y reducir así la efectividad de la película protectora.

Los resultados también son consistentes con las otras variables analizadas en este estudio. El revestimiento de almidón de yuca mostró la menor permeabilidad al vapor de agua y, a la vez, tuvo la pérdida de peso más baja; esto demuestra que existe una correlación directa entre las dos propiedades. Una baja permeabilidad restringe la difusión del vapor de agua a través de la película, lo cual ayuda a preservar el contenido de agua en el fruto y disminuye la fuerza de los procesos fisiológicos que causan su deterioro. Además, este tratamiento mostró que el pH aumentó más lentamente durante el almacenamiento, lo cual indica que el metabolismo respiratorio ha disminuido y los ácidos orgánicos se han conservado más.

En conjunto indican que el recubrimiento hecho con almidón de yuca mostró un rendimiento superior al de los recubrimientos hechos con almidón de plátano para disminuir la pérdida de peso de los arándanos durante el almacenamiento. La reducción de la deshidratación y el mantenimiento de la calidad fisicoquímica del fruto pueden ser explicados por este comportamiento, que se debe a sus propiedades superiores como barrera contra el vapor de agua. Para mejorar las propiedades de barrera y extender aún más la vida útil de los arándanos, se aconseja que los estudios posteriores examinen distintas concentraciones de almidón, la adición de compuestos hidrofóbicos o combinaciones con otros biopolímeros

Para el resultado de permeabilidad se encontró que el tipo de almidón empleado tuvo un impacto importante en la permeabilidad al vapor de agua de las películas biodegradables ($p = 0,0018$). El recubrimiento hecho con almidón de yuca tuvo una permeabilidad mucho más baja (0,3356) que el recubrimiento hecho con almidón de plátano (0,3829), lo cual indica que tiene mayor habilidad para funcionar como barrera contra la migración del vapor de agua. Esta característica es particularmente relevante en recubrimientos para frutas frescas, puesto que una permeabilidad reducida ayuda a evitar la pérdida de humedad, a postergar la deshidratación y a preservar el estado del producto durante su almacenamiento.

La estructura de la red polimérica y las propiedades estructurales del almidón de yuca son factores que probablemente contribuyen a la baja permeabilidad de este recubrimiento la formación de una matriz más densa se ve favorecida por la distribución de la amilopectina y amilosa, lo que disminuye los espacios vacíos en los que las moléculas de agua pueden transitar.

Una investigación de (Bertuzzi et al., 2007), demostró que el espesor de la película, la organización de la red polimérica y el contenido de plastificante tienen un gran impacto en la permeabilidad al vapor del agua en películas de almidón. Los autores evidenciaron que una estructura más compacta disminuye la movilidad de las moléculas de agua dentro del material, lo cual reduce considerablemente su permeabilidad. investigación, el recubrimiento hecho con almidón de yuca mostró mejores propiedades de barrera que el recubrimiento hecho con almidón de plátano; este comportamiento es lo que lo explica.

Además, los resultados están relacionados con las otras variables que se han evaluado en esta investigación. El recubrimiento de almidón de yuca, que tuvo la menor permeabilidad al vapor de agua, fue también el tratamiento que experimentó la pérdida de peso más baja y un aumento más gradual del pH a lo largo del almacenamiento. Este comportamiento

demuestra que una barrera al vapor de agua más eficiente disminuye la transpiración y limita el intercambio de gases, lo que reduce la intensidad respiratoria y retrasar el deterioro fisiológico del fruto.

Por otro lado, se ha destacado en estudios recientes sobre recubrimientos polisacarídicos que, a pesar de que los materiales fabricados con almidón tienen una resistencia natural reducida al vapor de agua por su naturaleza hidrofílica, siguen siendo uno de los biopolímeros más empleados gracias a su bajo precio, biodegradabilidad y gran habilidad para crear películas. Se pueden mejorar sus propiedades añadiendo compuestos plastificantes específicos o hidrofóbicos.

Los resultados de solubilidad señalan que el tipo de almidón empleado en la fabricación del recubrimiento tuvo un impacto importante en la solubilidad de las películas biodegradables ($p = 0,0005$) el recubrimiento hecho con almidón de yuca tuvo una solubilidad significativamente más baja (0,147) que el recubrimiento hecho con almidón de plátano (0,430). Esto indica que las películas de almidón de yuca tienen más resistencia cuando están en contacto con el agua. Este atributo es ventajoso para las aplicaciones en frutas frescas porque un recubrimiento con poca solubilidad permite que conserve su integridad estructural por más tiempo y siga cumpliendo su función de protección durante el almacenamiento.

Las características fisicoquímicas propias de cada fuente botánica de almidón pueden ser la causa de la discrepancia observada. La organización de las moléculas de amilopectina y amilosa, el nivel de la cristalinidad y la fuerza de los enlaces de hidrógeno en la matriz del biopolímero son los factores que determinan esencialmente la solubilidad. En películas con baja solubilidad, las cadenas poliméricas tienen una estructura más apretada, lo que obstaculiza que el agua penetre y disminuye la disolución del material. Como resultado, el recubrimiento hecho con almidón de yuca demostró una estructura más estable que el recubrimiento hecho con almidón de plátano cuando se expuso al agua.

Esta investigación es coherente con (Silva et al., 2019) que idearon películas biodegradables hechas de almidón de yuca y reportaron porcentajes bajos de solubilidad (de 10 a 23 %), concluyendo que una solubilidad más baja incrementa la estabilidad del filme y promueve su uso como recubrimiento para frutas frescas. Los escritores indicaron que la inclusión de elementos estructurales aumenta la cohesión molecular de la película, lo que reduce el número de compuestos solubles liberados en el contacto con el agua.

Además, (Chiumarelli y Hubinger, Stability, solubility, mechanical properties and barrier properties of cassava starch–carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples, 2012) examinaron películas hechas con almidón de yuca y cera de carnauba, descubriendo que la reducción de la solubilidad estaba relacionada directamente con una mayor resistencia al vapor del agua y con propiedades de barrera más favorables. Los autores indican que las películas con menor solubilidad mantienen su estructura por más tiempo, lo que permite una menor transferencia de humedad y mejora la preservación de frutas con un procesamiento mínimo. Estos resultados respaldan la conducta que se ha registrado en esta investigación, donde el recubrimiento de almidón de yuca produjo la solubilidad más baja y luego también mostró una pérdida de peso más favorable del fruto.

Además, (Criollo-Feijóo et al., 2020) analizaron películas creadas con almidón nativo de plátano y afirmaron que este tipo de almidón genera películas con una afinidad mayor hacia el agua, por la gran cantidad de grupos hidroxilo que contiene la del polisacárido. Esta propiedad mejora la absorción de agua y ayuda a que la película se disuelva parcialmente cuando está en contacto con ambientes húmedos, una conducta que concuerda con el hecho de que este estudio ha encontrado una solubilidad más alta del recubrimiento de almidón de plátano.

Desde un ángulo tecnológico, una solubilidad reducida es una propiedad que se busca en los revestimientos para la conservación poscosecha, porque hace posible que la película siga pegada al fruto por más tiempo sin que se interrumpa. Esto ayuda a preservar la barrera contra el intercambio de vapor de agua y gases, lo que reduce indirectamente los procesos de deshidratación y retrasa la degradación del producto a nivel fisiológico.

Estudios realizados sobre películas biodegradables hechas a partir de almidón de plátano se muestran también que las propiedades funcionales del recubrimiento están sujetas a la estructura del almidón utilizado. Se decide que los materiales con una organización molecular más elevada tienen una absorción de agua menor y una estabilidad física superior, cualidades apreciadas para su uso en poscosecha. El almidón de yuca presentó una resistencia más alta a la disolución que el almidón de plátano en esta investigación, lo cual concuerda con estas observaciones.

Los resultados del análisis sensorial evidenciaron que los arándanos recubiertos con almidón de yuca obtuvieron una mayor aceptación por parte de los panelistas en comparación con el recubrimiento de almidón de plátano y el tratamiento control. Los atributos de textura,

sabor, aroma, color y aceptabilidad general tuvieron buenas calificaciones, lo que significa que la aplicación del recubrimiento no perjudicó las propiedades organolépticas de la fruta. Estos hallazgos indican que el recubrimiento posibilitó la preservación de la calidad sensorial durante el almacenamiento, lo cual es un elemento crucial para la aceptación del cliente.

La habilidad de los recubrimientos comestibles para reducir la pérdida de agua y la velocidad respiratoria del fruto, lo que retrasa las modificaciones vinculadas a la maduración, puede ser una razón por la que se mantiene la aceptabilidad sensorial. Los recubrimientos ayudan a mantener características como la textura, el gusto y el aspecto, elementos que afectan de manera directa cómo se reciben por los consumidores, al conservar la firmeza, controlar la deshidratación y mantener un equilibrio entre ácidos orgánicos y azúcares. Además, dado que las películas están hechas de almidones naturales, no se producen sabores o aromas raros que podrían perjudicar la evaluación sensorial.

Las observaciones van de acuerdo con (Medina-Jaramillo C. et al., 2020), que estudiaron recubrimientos de alginato con carvacrol sobre arándanos andinos (*Vaccinium meridionale*). Se descubrió por parte de los autores que los frutos cubiertos con alginato tienen calificaciones de aceptabilidad más altas que el límite establecido como aceptable (≥ 5 en la escala hedónica), sin distinciones significativas en apariencia y color con relación al tratamiento control. Solo las formulaciones con más carvacrol redujeron un poco la aceptación a causa de que había un leve aroma herbario residual. Lo que se ha observado en este estudio, en el que los recubrimientos hechos con almidón preservan las propiedades sensoriales propias de la fruta sin tener un impacto negativo en su aceptación por parte de los compradores, está respaldado por estos resultados.

Del mismo modo, (Huang et al., 2024) examinaron una cobertura comestible hecha con microcápsulas de timol, glucomanano de konjac y goma gellan que se usó en arándanos 'Bluegold'. Los autores informaron que, en comparación con los tratamientos sin recubrimiento, los frutos cubiertos retuvieron mediciones sensoriales más altas durante 42 días de almacenamiento, manteniendo la firmeza, el color y la aceptación general. Asimismo, llegaron a la conclusión de que la calidad sensorial se mantiene en línea con el mantenimiento de los parámetros fisicoquímicos del fruto; esto es congruente con los hallazgos de este estudio, en el que los tratamientos que mostraron una pérdida de peso más baja y una firmeza más alta también tuvieron una buena aceptación sensorial.

Asimismo, resaltan (Gidado et al., 2025) en una investigación reciente que uno de los criterios más importantes para determinar lo efectivo que es un recubrimiento comestible es la aprobación del consumidor. Elaborados con polisacáridos, como el almidón, las

formulaciones tienden a tener una gran aceptación sensorial porque crean películas transparentes, sin color ni sabor que mantienen el aspecto, el olor y el gusto natural de las frutas sin añadir características no deseadas.

Las observaciones de la evaluación sensorial también son consistentes con las variables fisicoquímicas que se han analizado en el estudio actual. El tratamiento que mostró la menor pérdida de peso, menor permeabilidad al vapor de agua y una mejor preservación de la firmeza fue el recubrimiento con almidón de yuca. Estas características probablemente ayudarán a sostener una apreciación positiva de la calidad general del fruto y su textura durante la evaluación sensorial. Esta relación muestra que mantener las propiedades fisicoquímicas tiene un efecto positivo en la aceptación por parte del consumidor.

5 Conclusiones

El uso de recubrimientos comestibles hechos de almidón de yuca y almidón de plátano logró que los arándanos mantuviesen su calidad poscosecha mientras eran almacenados. No obstante, el recubrimiento de almidón de yuca mostró un rendimiento superior, pues ayudó a conservar las propiedades fisicoquímicas del fruto en condiciones más favorables, sobre todo en lo que se refiere a la pérdida de peso, la firmeza y la permeabilidad al vapor de agua.

En todos los tratamientos, el pH se fue incrementando gradualmente durante el almacenamiento, lo que indica que el proceso de maduración avanzó y que hubo un consumo de ácidos orgánicos. Sin embargo, el pH de las frutas recubiertas con almidón de yuca aumentó más lentamente, lo que demuestra una actividad metabólica inferior y una conservación óptima de la calidad del fruto.

La humedad fue disminuyendo poco a poco durante el almacenamiento por los procesos naturales de transpiración. No obstante, los recubrimientos comestibles disminuyeron esta pérdida; el almidón de yuca fue el tratamiento que preservó la mayor cantidad de humedad, lo cual ayudó a mantener la turgencia celular.

Respecto a las propiedades de las películas, el revestimiento realizado con almidón de yuca mostró una menor permeabilidad al vapor de agua, lo que demuestra una mayor capacidad barrera contra la transferencia de humedad. Esta particularidad tuvo una relación directa con la reducción de peso más pequeña que se observa en los frutos tratados con este recubrimiento.

Todos los tratamientos mostraron un aumento en la pérdida de peso a medida que el almacenamiento avanzaba; no obstante, el recubrimiento de almidón de yuca reduce notoriamente este proceso en comparación con el tratamiento sin recubrimiento, evidenciando una eficacia superior para restringir la deshidratación de los arándanos.

La resistencia fue decreciendo gradualmente a lo largo del almacenamiento a causa de las transformaciones fisiológicas propias de la maduración; no obstante, los frutos que se recubrieron con almidón de yuca mantuvieron una mayor fortaleza mecánica en relación con los otros tratamientos, evidenciando así su habilidad para postergar el ablandamiento del tejido vegetal.

La coordenada L^* de la evaluación colorimétrica se reduce con el tiempo de almacenaje, lo que señala un oscurecimiento progresivo de las frutas. Sin embargo, los

recubrimientos lograron que esta reducción de la luminosidad fuera más lenta. Las coordenadas a^* y b^* no mostraron diferencias notables, lo que sugiere que los recubrimientos no modificaron el color típico del arándano.

El análisis sensorial demostró que los recubrimientos de almidón de plátano y almidón de yuca conservaron una buena aceptación en lo que respecta a sus características visuales, olfativas, gustativas, estéticas y la aceptabilidad general, sin provocar cambios negativos en la percepción del consumidor.

En Resumen, los hallazgos indican que el recubrimiento hecho con almidón de yuca es la opción más adecuada para extender la vida útil y mantenerla calidad fisicoquímica y sensorial de los arándanos, ya que tiene un mejor desempeño que el recubrimiento hecho con almidón de plátano y el procedimiento sin recubrimiento.

6 Recomendaciones

- Evaluar diferentes concentraciones de almidón de yuca y almidón de plátano para determinar la formulación que proporcione las mejores propiedades mecánicas y de barrera en los recubrimientos comestibles.
- Incorporar compuestos bioactivos naturales, como aceites esenciales, extractos vegetales o antioxidantes naturales, con el propósito de mejorar las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de los recubrimientos y prolongar aún más la vida útil de los arándanos.
- Realizar estudios de almacenamiento durante periodos más prolongados y bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa para evaluar el comportamiento de los recubrimientos en escenarios similares a los de comercialización y distribución.
- Complementar futuras investigaciones con análisis microbiológicos más amplios, incluyendo bacterias, mohos y levaduras, para determinar el efecto de los recubrimientos sobre la inocuidad y estabilidad microbiológica del fruto.

7 Referencias Bibliográficas

- Acosta, S. (2014). *Propiedades de films de almidón de yuca y gelatina. Incorporación de aceites esenciales con efecto antifúngico [Tesis Doctoral]*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/handle/10251/35891>
- Almeida, M., Silva, G., Gondim, G., Ferraz Alves, C., Costa Silva, M., Braga Mendes, B., . . . Veloso, C. (2024). Maintenance of postharvest quality of ‘Palmer’ mango coated with biodegradable coatings based on cassava starch and emulsion of lemongrass essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 277. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134323>
- Álvarez, U. M., Gómez, N. A., y Natalia, D. M. (2022). Recubrimiento a base de almidón de plátano (Musa ABB) para la protección del plátano de exportación. *Acta Agronómica*, 71(4), 357-368. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28122022000400357&script=sci_arttext
- Álvarez Arenas, C., Fermín, N., García, J., Peña, E., y Martínez, A. (2013). Evaluación del efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible en melones (Cucumis melo L., var. cantaloupe) cortados y almacenados en refrigeración. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 25 (2), 218-226. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739462012>
- Andrade, J. C., Acosta, D. L., Bucheli, M., y Osorio, O. (2014). Desarrollo de un Recubrimiento Comestible Compuesto para la Conservación del Tomate de Árbol (Cyphomandra betacea S.). *Información tecnológica*, 25(6), 57-66. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000600008>
- AOAC. (1982). *Official Method 981.12: pH of Acidified Foods*. AOAC International.
- AOAC. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC International.
- Ávila González, J. R. (2024). *Desarrollo de películas a base de almidón de plátano con reforzamiento de bagazo de naranja [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]*. Biblioteca Digital de la Universidad UAH. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/6014>

- Avila Guerrero, K. O. (2023). *Manejo agronómico del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L), en el Ecuador [Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023]*. Repositorio Institucional UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13844>
- Bertuzzi, M., Castro Vidaurre, E., Armada, M., y Gottifredi, J. (2007). Water vapor permeability of edible starch based films. *Journal of Food Engineering*, 80, 972-978. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.07.016>
- Blueberries Consulting. (2 de Abril de 2020). *Arándanos: Firmeza de la fruta, una condición en permanente análisis*. Retrieved 5 de Octubre de 2025, from Blueberries Consulting: <https://blueberriesconsulting.com/arandanos-firmeza-de-la-fruta-una-condicion-en-permanente-analisis/>
- Caiza, C. (2024). Avances y perspectivas en la tecnología de recubrimientos comestibles de alimentos: una revisión de su aplicación en la industria alimentaria. *Reciena*, 4(1), 15-26. <https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/92>
- Cañar Armijos, P. M., y Ludizaca Pérez, M. A. (2023). *Evaluación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca y gel de aloe vera en la conservación de duraznos (Prunus persica L.) [Tesis de Grado, Universidad de Cuenca]*. Repositorio Institucional de la Universidad de Cuenca .
- Castillo, C. (2024). *Recubrimientos comestibles aplicados en Berries (arándanos y frutillas) para mejorar su poscosecha [Memoria de título]*. Repositorio Institucional Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/204447>
- Castro García, M., Espinoza Posligua, V., García Montes, Y., López Mantuano, M., Molina Basurto, R., y Lavayen Delgado, E. (2017). Recubrimiento comestible de quitosano, almidón de yuca y aceite esencial de canela para conservar pera (Pyrus communis L. cv.“Bosc”). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 42-53.
- Chang, L. (2016). *Desarrollo de una nueva película biodegradable activa con deliberación controlada de extracto de propóleo rojo cubano [Tesis Doctoral]*. Universidad de la Habana. [https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2138870/TDLiliam_Maria_Chang_Bravo_\[2016\].pdf](https://accesoabierto.uh.cu/files/original/2138870/TDLiliam_Maria_Chang_Bravo_[2016].pdf)
- Chiumarelli, M., y Hubinger, M. (2012). Stability, solubility, mechanical properties and barrier properties of cassava starch–carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut

- apples. *Food Hydrocolloids*, 28(1), 59-67.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.006>
- Chiumarelli, M., y Hubinger, M. (2014). Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid. *Food Hydrocolloids*, 38, 20-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.11.013>
- Cortés Rodríguez, M., Villegas Yépez, C., Gil Gonzalez, J. H., y Ortega-Toro, R. (2020). Effect of a multifunctional edible coating based on cassava starch on the shelf life of Andean blackberry. *Heliyon*, 6(5). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(20\)30819-7](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)30819-7)
- Criollo-Feijóo, J., García-González, C., Ayala-Armijos, J., Martínez-Mora, E., y Cuenca Mayorga, F. (2020). Propiedades físicas y mecánicas de películas comestibles elaboradas con plátanos ecuatorianos no exportables. *Revista de Ciencias Agroveterinarias*, 19(4), 386-391.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5965/223811711942020386>
- Deltsidis, A., Rubio, Z., y Espinoza, N. (2024). *Cosecha y Manejo Postcosecha de Arándanos*. University of Georgia Cooperative Extension.
<https://fieldreport.caes.uga.edu/publications/C1269-SP/cosecha-y-manejo-postcosecha-de-arandanos/>
- Díaz-Camposano, E. G., Hinojosa-Moyano, A. L., Bernal-Gutiérrez, A. E., y Moreira-Macías, R. W. (2025). Effect of edible cassava starch coating on physical and sensory properties of strawberries. *Packaging Technology and Science*, 10(3), 627-641.
- Duan, J., Wu, R., Strik, B., y Zhao, Y. (2011). Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 59(1), 71-79.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521410001808>
- Enríquez, M., Velasco, R., y Ortiz, V. (2012). Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 182-192. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000100021&script=sci_arttext
- Escobar Hernández, A., Márquez Cardozo, C. J., Restrepo Flores, C. E., Cano Salazar, J. A., y Patiño Gómez, J. H. (2014). Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento

- comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas. *Acta Agronómica*, 63 (1), 1-12.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427739462012>
- Espiella-Angarita, S., Granados-Conde , C., Leon-Mendez, G., Torrenegra-Alarcon, M., y Osorio-Fortich , M. (2023). Evaluación del impacto de un recubrimiento comestible en la conservación de la guayaba (*Psidium guajava*). @ *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 21(2), 100-113.
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/es/article/view/2643/7361>
- Gidado, M., Nagoor Gunny, A., Gopinath, S., Devi, M., Jayavalli, R., y Ilyas, R. A. (2025). Challenges in selecting edible coating materials for fruit postharvest preservation and recent advances in edible coating techniques: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 62(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13197-025-06214-1>
- Guagalango , C. (2025). *Evaluación del efecto de tres soluciones nutritivas en la producción del cultivo de arándano (Vaccinium Corymbosum L) variedad biloxy [Trabajo de titulación]*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
<https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7529bfce-c8e2-4907-8cab-f3cd7b8135fb/content>
- Guevara Vásquez, L. I., Mora Cañas, M. E., Pinos López, R. E., y Cuarán Guerrero, M. S. (2025). La comercialización del arándano como alternativa de inversión para la exportación en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13.
<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/763>
- Huang, P., Ding, J., Liu, C., Li , H., Li , X., Liu, Y., y Qin, W. (2024). Comprehensive Evaluation of the Edible Coating on Postharvest Quality of Blueberry. *Acta Horticulturae Sinica*, 51(6). <https://doi.org/https://doi.org/10.16420/j.issn.0513-353x.2023-0393>
- INEN. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10. Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 1842. Productos vegetales y de frutas – Determinación de pH (IDT)*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.

- INEN. (2014). *Colorimetría. parte 4: espacio cromático $L^*a^*b^*$ CIE 1976*. Quito, Ecuador: INEN.
- INEN. (2014). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 11664-4: Colorimetría. Parte 4: Espacio cromático $L^*a^*b^*$ CIE 1976 (ISO 11664-4:2008, IDT)*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Jaime-Guerrero, Álvarez-Herrera, J., y Ruiz-Berrio, H. (2022). La aplicación poscosecha de acibenzolar-S-metil y extractos vegetales afecta las propiedades fisicoquímicas de los frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agronomía Colombiana*, 40 (1), 58-68. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-99652022000100058&script=sci_arttext
- McHugh, T., Avena-Bustillos, R., y Krochta, J. (1993). Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *Journal of food science*, 58(4), 899-903. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb09387.x>
- Medina-Jaramillo, C., Estevez-Areco, S., Goyones , S., y López-Córdova, A. (2019). Caracterización de almidones aislados de papas nativas colombianas y su aplicación como nuevos recubrimientos comestibles para arándanos silvestres andinos (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Polymers*, 11(12), 1937. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym11121937>
- Medina-Jaramillo, C., Quintero-Pimiento , C., Díaz-Díaz , D.-D., Goyanes , S., y López-Córdova , A. (2020). Improvement of Andean Blueberries Postharvest Preservation Using Carvacrol/Alginate-Edible Coatings. *Polymers*, 12(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym12102352>
- Medina-Jaramillo, C., Quintero-Pimiento, C., Díaz-Díaz, D., Goyanes, S., y López-Córdova, A. (2020). Mejora de la conservación poscosecha de los arándanos andinos mediante recubrimientos comestibles de carvacrol/alginato. *Polymers*, 12(10), 2352. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym12102352>
- Montoya, J., Quintero, V., y Lucas, J. (2014). Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominico hartón (musa paradisiaca abb). 19(2), 214-233. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/14bae4fa-34ae-4448-b8ab-e2f790252250/content>

- Mora Palma, R. M., Feregrino Pérez, A. A., y Contreras Padilla, M. (2021). Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4605-4625.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.644
- Nucifora, M. (2021). *Recubrimientos comestibles para prolongar la vida útil de arándanos [Tesina de grado]*. Repositorio Institucional Universidad de Belgrano.
<http://repositorio.ub.edu.ar/handle/123456789/9677>
- Obenland, D., Leyva Gutierrez, F., y Wang, T. (2022). Investigations into Determinants of Blueberry Coating Effectiveness. *Foods*, 12(1), 174.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12010174>
- Oliveira, Í., Ribeiro, A., Mello-Farias, P., Malgarim, M., Galvão Machado, M., y Pérez Lamela, C. (2018). Recubrimientos biodegradables en arándanos. Conservación postcosecha refrigerada en atmósfera modificada. *Revista Internacional de Agricultura Experimental*, 20(4), 1-11.
<https://doi.org/https://doi.org/10.9734/JEAI/2018/39138>
- Oyom, W., Xu, H., Liu, Z., Long, H., Li, Y., Zhang, Z., . . . Prusky, D. (2022). Effects of modified sweet potato starch edible coating incorporated with cumin essential oil on storage quality of ‘early crisp’. 153.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643821016285>
- Pauta Luna, D. A. (2018). *Recubrimientos comestibles a base de almidón y goma de gelano para la conservación postcosecha de manzana [Tesis de Máster, Universidad Politécnica de Valencia]*. Repositorio Institucional UPV.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/99194>
- Pico Poma, J. P., Sarabia Guevara, D. A., y Vargas Peralvo, E. A. (2023). Recubrimientos comestibles: una alternativa para la conservación de frutas. *Opuntia Brava*, 15(4), 313-327. <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/1850>
- 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*, 19(1).
<https://www.redalyc.org/journal/813/81355612003/81355612003.pdf>

- Robayo, D. (2025). *Evaluación del efecto de un inhibidor de etileno en el comportamiento poscosecha de arándano (Vaccinium sp.) en tres índices de color en el campus Salache 2024-2025 [Tesis de Doctorado, Universidad Técnica de Cotopaxi]*. Repositorio institucional . <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/123456789/14506>
- Sánchez Apráez, A. K. (2024). *Sistema de predicción en la producción de arándanos [Bachelor's thesis, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador]*. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28368>
- Santiago, M. (2015). *Elaboración y caracterización de películas biodegradables [Mestría en Ciencias Alimentarias]*. Universidad Veracruzana. <http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/46809>
- Sapper, M., y Chiralt, A. (2018). Recubrimientos a base de almidón para la conservación de frutas y verduras. *Coatings*, 8 (5), 152. <https://doi.org/10.3390/coatings8050152>
- Silva , O., Pella, M., Pella, M., Caetano, J., Simões, M., Bittencourt, P., y Dragunski, D. (2019). Synthesis and characterization of a low solubility edible film based on native cassava starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 128, 290–296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.01.132>
- Tinoco-Plasencia, C. J., Zambrano-Casimiro, L. M., Roque-Paredes, O., Chávez-Mayta, R. W., Maguiña-Vásquez, B. M., y Espejo Calderón, J. W. (2023). Los arándanos, generalidades y desarrollo en el mercado mundial: una revisión de literatura. *Paideia XXI*, 13(1), 125-140. <https://doi.org/10.31381/paideia.v13i1.5674>
- Torat, M. G., Sharma, R. R., Sethi, S., y Verma, M. K. (2020). Effect of edible coatings on quality of blueberry fruits under supermarket storage conditions. *Indian J Agric Sci*, 90(4), 780-783. <https://pdfs.semanticscholar.org/09a2/4e6f29f6848723da9f31c0315f27d2721226.pdf>
- Vargas Cazares, K. P. (2024). *Evaluación de un recubrimiento de almidón de plátano macho y aceite esencial de toronja aplicado en champiñón [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo]*. Biblioteca Digital UAEH. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/handle/231104/6243>
- Vargas Oros, L. Á., y Mora Ríos, I. E. (2023). *Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca (Manihot esculenta) en la conservación post-cosecha de papaya (Carica papaya)*

y plátano (*Musa paradisiaca*) [Tesis de Pregado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios] . Repositorio Institucional de la UNAMAD.

<https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/995>

Vargas y Vargas, M., Mayorga-Patrón, M., Tamayo-Cortez, J., y Toledo-López, V. (2024). Evaluación de un recubrimiento comestible biodegradable sobre la calidad del chile habanero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 15(3).
<https://doi.org/10.29312/remexca.v15i3.3295>

Yadav, A., Kumar, N., Upadhyay, A., Pavlic, B., Kumar, A., y Kaushik, N. (2025). A Sustainable Approach to Turning Mango Kernel Waste Starch Into Edible Coating With Lemongrass Essential Oils for Shelf-Life Extension of Guava Fruits . *Stach*, 77(10). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/star.70107>

Zambrano, D. (2022). *Efecto de un recubrimiento comestible de harina de cáscara de plátano y áloe vera sobre la calidad postcosecha de la fresa (Fragaria x ananassa)* [Artículo Científico]. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí .

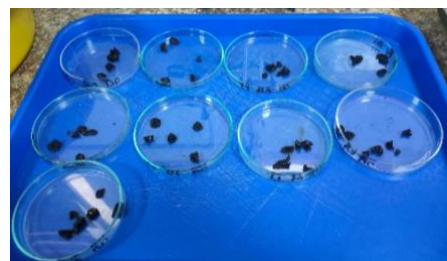
Zapata Criollo, D. M. (2019). *Evaluación de biopelículas formuladas a partir de almidón de banano verde (Musa paradisiaca) y yuca (Manihot esculenta) con gel de sábila (Aloe vera)*, [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio UNP-Institucional.
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUMP_3f18e9023bc066420d1ef0ffc270cc09

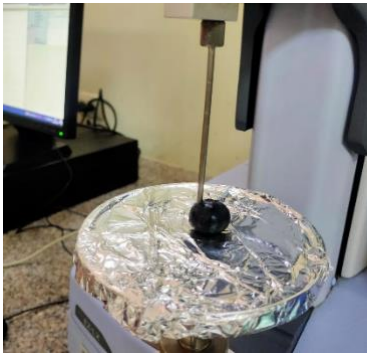
Anexos

Preparación de los recubrimientos



Análisis fisicoquímicos





Análisis sensorial

