

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

### **Evaluación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca y gel de Aloe vera en la conservación de duraznos (*Prunus persica* L.)**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico

#### **Autores:**

Paula Marcela Cañar Armijos

Myriam Anabel Ludizaca Pérez

#### **Directora:**

Daniela Estefanía Zúñiga García

ORCID: 0000-0001-6351-0401

**Cuenca, Ecuador**

2023-05-04

### Resumen

Esta investigación fue de tipo cuantitativo experimental y tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca y gel de Aloe vera en la conservación de duraznos (*Prunus persica* L) durante la etapa postcosecha. A partir de un diseño completamente al azar, se elaboraron cuatro diferentes formulaciones del recubrimiento comestible con almidón de yuca (2% y 3%), gel de Aloe vera (25% y 35%) y 1% glicerol, las cuales fueron aplicadas mediante inmersión por 1 minuto sobre los duraznos desinfectados previamente con una solución 50 ppm cloro comercial. Estos fueron almacenados durante 9 días a 20°C y durante 14 días a 4°C. Se realizaron análisis fisicoquímicos de firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable y microbiológico de recuento de mohos y levaduras. El tratamiento 5 (35% gel de Aloe vera, 2% almidón de yuca y 1% glicerol) y el tratamiento 4 (25% gel de Aloe vera, 3% almidón de yuca y 1% glicerol) fueron los mejores para las temperaturas de 20 °C y 4°C, respectivamente, puesto que, de forma general, permitieron la formación de una barrera contra gases al retrasar la pérdida de peso y de firmeza, mantener relativamente estables los sólidos solubles, pH y acidez titulable; además presentaron un menor recuento de mohos y levaduras debido a la acción antifúngica del recubrimiento. El recubrimiento comestible fue sensorialmente imperceptible y aceptado por los consumidores, y presentó un costo justificado en relación a los beneficios que se obtienen.

*Palabras clave:* recubrimiento comestible, gel de Aloe vera, durazno, almidón de yuca

### Abstract

For this research it was conducted as a quantitative experiment, where the objective was to evaluate the effect of the application of an edible coating based on cassava starch and Aloe vera gel on the preservation of peaches (*Prunus persica* L) during the post-harvest stage. Based on a completely randomized design, four different formulations of the edible coating were prepared with cassava starch (2% and 3%), Aloe vera gel (25% and 35%) and 1% glycerol, which were applied by immersion for 1 minute on peaches previously disinfected with a 50 ppm chlorine solution. These were stored at 20°C for 9 days, and at 4°C for 14 days. Physicochemical analyses of firmness, loss of weight, total soluble solids, pH, titratable acidity and microbiological analysis of molds and yeasts counts were performed. Treatment 5 (35% Aloe vera gel, 2% cassava starch and 1% glycerol) and treatment 4 (25% Aloe vera gel, 3% cassava starch and 1% glycerol) were the best for temperatures of 20°C and 4°C respectively, since, in general, they allowed the formation of a barrier against gases by delaying the loss of weight and firmness, maintaining relatively stable soluble solids, pH and acidity; they also showed a lower count of molds and yeasts due to the antifungal action of the coating. The edible coating was imperceptible and accepted by consumers, and presented a justified cost in relation to the benefits obtained.

Keywords: edible coating, Aloe vera gel, peach, cassava starch

**Índice de contenidos**

Dedicatoria.....	7
Agradecimientos .....	9
Introducción .....	10
Objetivos.....	12
1. Contenido teórico.....	13
1.1. Durazno .....	13
1.2. Recubrimiento comestible.....	15
1.3. Aloe vera .....	21
1.4. Almidón de yuca .....	23
1.5. Glicerol .....	25
2. Metodología.....	27
2.1. Materiales y Métodos.....	27
2.2. Diseño experimental y análisis estadístico .....	29
2.3. Análisis fisicoquímico en muestra con tratamiento y sin tratamiento .....	31
2.4. Análisis microbiológico.....	32
2.5. Análisis sensorial .....	35
2.6. Análisis costo beneficio.....	35
3. Resultados y discusión .....	37
3.1. Análisis comparativo de las propiedades fisicoquímicas .....	37
3.2. Análisis comparativo microbiológico.....	49
3.3. Selección del mejor tratamiento .....	53
3.4. Análisis sensorial .....	54
3.5. Análisis del costo beneficio .....	55
4. Conclusiones .....	57
5. Recomendaciones .....	59
Referencias.....	60
Anexos.....	71

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Fórmula estructural del 1,2,3-propanotriol .....	26
<b>Figura 2</b> Firmeza en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 20°C .....	38
<b>Figura 3</b> Firmeza en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 4°C .....	39
<b>Figura 4</b> Porcentaje de pérdida de peso en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 20°C .....	41
<b>Figura 5</b> Porcentaje de pérdida de peso en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 4°C .....	42
<b>Figura 6</b> pH en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 20°C .....	45
<b>Figura 7</b> pH en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 4°C .....	46
<b>Figura 8</b> Halo formado por los tratamientos en la prueba de susceptibilidad microbiana .....	50
<b>Figura 9</b> Mohos y levaduras en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 4°C .....	53

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Aporte nutricional por cada 100 gramos de durazno .....	13
<b>Tabla 2</b> Cantidad de duraznos utilizados para los análisis .....	29
<b>Tabla 3</b> Factores de estudio .....	30
<b>Tabla 4</b> Formulación de los tratamientos propuestos.....	30
<b>Tabla 5</b> Prueba de Tukey para la firmeza durante el almacenamiento a 20°C .....	37
<b>Tabla 6</b> Prueba de Tukey para la firmeza durante el almacenamiento a 4°C .....	39
<b>Tabla 7</b> Prueba de Tukey para el porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento a 20°C.....	40
<b>Tabla 8</b> Prueba de Tukey para el porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento a 4°C.....	42
<b>Tabla 9</b> Prueba de Tukey para sólidos solubles totales durante el almacenamiento a 20°C .....	43
<b>Tabla 10</b> Prueba de Tukey para sólidos solubles totales durante el almacenamiento a 4°C .....	44
<b>Tabla 11</b> Prueba de Tukey para el pH durante el almacenamiento a 20°C .....	45
<b>Tabla 12</b> Prueba de Tukey para el pH durante el almacenamiento a 4°C .....	46
<b>Tabla 13</b> Prueba de Tukey para la acidez titulable durante el almacenamiento a 20°C .....	47
<b>Tabla 14</b> Prueba de Tukey para la acidez titulable durante el almacenamiento a 4°C .....	48
<b>Tabla 15</b> Resultados microbiológicos de las soluciones de recubrimiento comestible .....	49
<b>Tabla 16</b> Prueba de Tukey para el recuento de mohos y levaduras durante el almacenamiento a 20°C.....	51
<b>Tabla 17</b> Prueba de Tukey para el recuento de mohos y levaduras durante el almacenamiento a 4°C.....	52
<b>Tabla 18</b> Resultados del efecto de la aplicación del RC en duraznos .....	53
<b>Tabla 19</b> Prueba de Tukey para el análisis sensorial .....	55
<b>Tabla 20</b> Costo de producción total y unitario en dólares por cada 100 duraznos con tratamiento.....	55
<b>Tabla 21</b> Precio de venta en dólares de un durazno con recubrimiento.....	56

### Dedicatoria

Todo el esfuerzo que puse en este largo camino se lo dedico a Dios, por darme la fortaleza y salud para seguir adelante y culminar este sueño.

A mi madre, Pilar por ser fundamental en mi vida y ejemplo a seguir quien me ha dado todo su amor, paciencia y motivación para nunca rendirme y cumplir mis sueños, por ti soy la persona que soy hoy y que a pesar de las adversidades has estado a mi lado.

A mi abuela y madre Leonor, quien es esa luz que brilla en mi camino y me ha guiado con sabiduría para llegar a triunfar y no dejarme decaer jamás, por ser ejemplo de esfuerzo y fortaleza.

A mis hermanas Belén y Rafaela, por protegerme, creer en mí y ser mi más grande motivación, quienes me brindan sus fuerzas día a día para seguir adelante.

A mis tíos Patricio, Julio y Pablo, quienes me han brindado su amor y apoyo incondicional como una hija más y han confiado en mis capacidades para lograr cumplir mis metas.

A mis amigos Ariana, Martín, Joseline y Amira por brindarme palabras de aliento cuando más lo necesité y alegrarse de todos los pequeños y grandes logros de mi vida, pero sobre todo por ser un soporte en mis peores momentos.

A mi novio Eddy, quien me motiva a superarme cada día, me ayuda a confiar en mí y no me deja perder la fé en cumplir mis sueños.

*Paula*

## **Dedicatoria**

A mis padres, por su amor, sacrificio y dedicación, por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia se alcanzan las metas. A mi familia, que me ha apoyado desde el principio y me motiva a ser mejor cada día, gracias por creer en mí.

*Myriam*



**Agradecimientos**

A Dios, por guiarnos y darnos las capacidades para culminar esta trayectoria.

A la Universidad de Cuenca y a los docentes de Ingeniería Química, por su gran labor para nuestra formación profesional.

A nuestra tutora, Ingeniera Daniela Zúñiga, por compartirnos sus valiosos conocimientos, por su tiempo y paciencia a lo largo del desarrollo de esta investigación.

A nuestro asesor de laboratorio, Doctor Giovanni Larriva, por su orientación y experiencias compartidas.

A nuestros amigos y futuros colegas, por los momentos compartidos y por ser un apoyo a lo largo de esta etapa universitaria.

*Paula y Myriam*

## Introducción

Actualmente, existe interés en reducir las pérdidas de los cultivos y mantener las propiedades de los frutos durante un mayor periodo de tiempo, lo cual es una prioridad sobre todo para los productores. También los consumidores demandan frutos frescos con buenas propiedades de calidad en relación al aspecto, sabor, inocuidad y valor nutricional (Valencia-Chamorro & Torres-Morales, 2016; Velickova et al., 2013).

Entre los productos caducifolios más importantes a nivel mundial se encuentra el durazno (*Prunus persica* L.). Es un fruto redondo y carnoso que posee un sabor dulce, es muy apetecido por los consumidores debido a sus propiedades nutricionales, pues aporta vitamina C, A, fósforo, calcio, entre otros minerales y vitaminas esenciales (Africano & Almanza-Merchán, 2016; Cancino et al., 2018). El durazno se cultiva en varias provincias de Ecuador, como Tungurahua, Pichincha, Azuay, Imbabura, Chimborazo y Carchi, donde la demanda aumenta y con ello el cultivo, producción y comercio interno (Mena, 2022; Vinueza, 2021). Pero, debido a su elevada actividad metabólica y contenido de humedad el durazno es una fruta altamente perecedera, y en conjunto con métodos de almacenamiento no adecuados constituyen las principales razones de la pérdida postcosecha de esta especie. Este aspecto reduce el valor comercial del producto, generando pérdidas tanto para consumidores como productores (Africano & Almanza-Merchán, 2016).

De acuerdo a la FAO (2019), a nivel mundial se pierden alrededor del 14% de los alimentos producidos desde la postcosecha hasta el nivel minorista. Precisamente, en la etapa postcosecha, las pérdidas de los productos hortofrutícolas superan el 20% alrededor del mundo. En América Latina, el grupo de frutas y hortalizas representa la cifra más alta de pérdidas y desperdicios, ya que alcanzan tasas de hasta un 55% (FAO, 2016). Esta problemática también afecta a Ecuador, ya que investigaciones realizadas por la FAO-Ecuador precisan que en Quito se desperdicia aproximadamente 36500 toneladas de alimentos al año, producto de los 54 mercados y plataformas de comercialización que existen en la capital (Fajardo & Sangacha, 2020). Para disminuir estos porcentajes se han planteado distintas soluciones, como el almacenamiento a bajas temperaturas, aplicación de tratamientos térmicos, radiación gamma y ultravioleta, conservación por atmósfera controlada, y principalmente el uso de empaques de polímeros sintéticos, que si bien, son una alternativa accesible y de fácil uso, es poco amigable

con el medio ambiente debido a su baja biodegradabilidad, siendo uno de los principales causantes de la contaminación medioambiental (Hasan et al., 2021).

En los últimos años, el uso de recubrimientos comestibles ha constituido una alternativa favorable para prolongar el tiempo de vida útil de los productos hortofrutícolas en postcosecha, manteniendo la calidad, evitando la contaminación microbiana y reduciendo los residuos; lo que se debe a la preocupación de los consumidores sobre alimentos seguros y sobre el impacto negativo de los envases no biodegradables en el medio ambiente (Solano-Doblado et al., 2018). Los recubrimientos actúan como un método de conservación que permite que los consumidores reciban un producto de calidad en relación a sus características organolépticas y propiedades nutricionales, puesto que reducen la pérdida de peso, retrasan la senescencia, mejoran las propiedades mecánicas, y presentan propiedades de barrera a la transferencia de gases y solutos (Fernández Valdés et al., 2015; Hazrati et al., 2017).

Entre los componentes de un recubrimiento comestible se puede mencionar al almidón que es un biopolímero de bajo costo y fácil de conseguir, apto para la elaboración de dicho producto. Destaca por su ausencia de olor, sabor y olor, buena adherencia a la superficie de las frutas (Oyom et al., 2022), buenas propiedades de barrera contra gases, pero a causa de su alta permeabilidad al agua se ha investigado la introducción de aditivos que mejoren esta propiedad; entre éstos el empleo Aloe vera como un componente bioactivo (Mohd Nizam et al., 2021; G. P. Singh et al., 2022).

Existen estudios que corroboran la efectividad de los recubrimientos comestibles a base de Aloe vera y almidón, en frutas como tomate cherry, piña y guayaba, donde se ha evidenciado que son una alternativa favorable para conservar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, logrando retrasar la pérdida de peso y controlar la descomposición fúngica (Achipiz et al., 2013; Buelvas Caro et al., 2019; Ortega-Toro et al., 2017).

Por lo antes mencionado, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca y gel de Aloe vera en la conservación de duraznos (*Prunus persica* L.) durante la etapa postcosecha.

## Objetivos

### *Objetivo general*

Evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca y gel de Aloe vera en la conservación de duraznos (*Prunus persica* L.) durante la etapa postcosecha.

### *Objetivos específicos*

- ◆ Realizar diferentes formulaciones de un recubrimiento comestible a base de almidón de yuca y gel de Aloe vera y su aplicación en duraznos (*Prunus persica* L.) mediante el método de inmersión.
- ◆ Evaluar el comportamiento de los duraznos (*Prunus persica* L.) con y sin tratamiento durante el almacenamiento a temperatura ambiente y de refrigeración a través de análisis físicoquímicos (pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles, pH y acidez titulable) y microbiológicos (recuento de mohos y levaduras).
- ◆ Analizar las características organolépticas de los duraznos (*Prunus persica* L.) tratados con el mejor recubrimiento comestible mediante un análisis sensorial.
- ◆ Realizar un análisis del costo beneficio comparando los duraznos con tratamiento y sin tratamiento.

## 1. Contenido teórico

### 1.1. Durazno

#### 1.1.1. Generalidades

El durazno o melocotón (*Prunus persica* L.) es un frutal perteneciente al género *Prunus* de la familia Rosaceae originario de China y es sembrado en zonas de trópico alto. El fruto es una drupa de gran tamaño de forma más o menos redonda, con una epidermis delgada, un mesocarpo carnoso y un endocarpo de hueso que contiene la semilla (Bassi et al., 2016).

La FAO reporta que el durazno es uno de los frutales más difundidos a nivel mundial; los frutos de hueso corresponden a la sexta producción frutícola de importancia en el mundo, en la que los duraznos y nectarines representan más del 50% (Gonzales & Espinoza, 2019).

La mayor parte de los cultivos de duraznos son de la variedad “Conservero” ya que su morfología presenta mayor firmeza, mejor tamaño y rendimiento. La variedad “Pepa de Oro” es más tradicional, por su sabor dulce y jugosidad. No obstante, la variedad “Diamante” gana espacios y oportunidades dentro de los cultivos frutícolas, ya que los agricultores lo ven como una alternativa más rentable, ya que, al ser de cultivo precoz, las cosechas se dan cada siete meses, con un rendimiento entre 30 a 50 kg por planta, además, presentan alta calidad de pulpa y °Brix (Vinueza, 2021).

#### 1.1.2. Composición química y valor nutricional

El durazno es un fruto con un alto contenido en carbohidratos y bajo contenido en proteínas y grasa. En la Tabla 1 se presenta el aporte nutricional del durazno.

**Tabla 1**

*Aporte nutricional por cada 100 gramos de durazno*

Generalidades	Minerales	Vitaminas
Agua (g) 88.87	Calcio,Ca (mg) 6	Vitamina C (mg) 6.6
Energía (kcal) 39	Hierro,Fe (mg) 0,25	Vitamina A (IU) 326
Proteína (g) 0.91	Magnesio,Mg (mg) 9	Vitamina K (µg) 2,6
Lípidos totales (g) 0.25	Fósforo,P (mg) 20	
Carbohidratos (g) 9.54	Potasio,K (mg) 190	
Ceniza (g) 0.43	Fluoruro (mg) 4	
Fibra total (g) 1.5		

*Nota.* Fuente: (Quiñonez Estacio, 2019).

### 1.1.3. *Deterioro postcosecha*

Las pérdidas postcosecha hace referencia al cambio de la disponibilidad, comestibilidad, salubridad o calidad de los productos que impida su consumo. Pero también involucra alteraciones en la apariencia de los productos, lo que afecta su valor en el mercado (D. Singh et al., 2021). Las frutas de hueso, como el durazno, se deterioran fácilmente después de la cosecha y pierden su calidad en un corto periodo de tiempo que oscila entre varios días hasta una o dos semanas (Paladines et al., 2014). Los principales daños postcosecha que afectan a los duraznos se indican a continuación.

#### ◆ *Daños mecánicos*

Los daños mecánicos se deben principalmente a una manipulación poco cuidadosa de los frutos durante su transporte y almacenamiento, esto hace que sean más propensos a ataques microbianos, pérdida de agua e intercambio de gases (D. Singh et al., 2021). El durazno presenta un ablandamiento prematuro que se produce en poco tiempo, siendo el parámetro que mayores pérdidas postcosecha genera, ya que facilita los daños mecánicos. El ablandamiento consiste en un proceso de modificaciones en la estructura de la pared celular que implican la despolimerización de glicanos y la solubilización de la pectina (D'Ambrosio et al., 2013; Fruk et al., 2014).

#### ◆ *Daños fisiológicos*

El durazno, al ser una fruta climatérica, se caracteriza por un rápido aumento en la emisión de etileno, el cual es responsable de regular los cambios durante la maduración y de acelerar la senescencia, en consecuencia su concentración influye directamente en la calidad del fruto (Africano P. et al., 2015). Las reacciones bioquímicas y enzimáticas que ocurren durante la maduración requieren oxígeno como sustrato, por lo que se produce un incremento en la tasa de respiración. El aumento de la respiración provoca cambios fisicoquímicos como cambios en el color, disminución de la acidez titulable, aumento de los sólidos solubles totales y el ablandamiento de la pulpa (Riva et al., 2020). Por otra parte, la transpiración incide directamente en la pérdida de peso del fruto. Desde que el durazno es cosechado deja de recibir agua de la planta madre y comienza a perder humedad a través de la transpiración, lo que representa el 97% de su pérdida de peso total. A la vez, este aspecto se relaciona con la pérdida de turgencia en la epidermis del durazno que es evidenciada con aparición de arrugas; hecho que significa no

sólo una disminución en la apariencia y valor comercial, sino también una menor cantidad de fruta comercializada (Feippe, 2014; Riva et al., 2020).

◆ *Acción microbiana*

Los nutrientes que poseen los alimentos, tales como proteínas, polisacáridos y lípidos sirven como los nutrientes necesarios para el crecimiento y reproducción de los microorganismos, lo cual provoca el deterioro del alimento y se proyecta como un riesgo para la salud humana (Sun et al., 2022). El durazno es un producto perecedero, principalmente por su alto contenido de agua, propiedad que favorece la actividad microbiana de especies de hongos y bacterias que contribuyen a la descomposición del producto (Africano & Almanza-Merchán, 2016; D. Singh et al., 2021).

◆ *Factores medioambientales*

La temperatura es el factor más importante de deterioro y es el medio básico para controlar el crecimiento microbiano. La humedad afecta el estado de los alimentos, pues, provoca cambios en su actividad acuosa. El crecimiento microbiológico es favorecido por una elevada temperatura y alta humedad relativa. Por ello, las frutas deben almacenarse en un entorno que no altere negativamente sus características originales (Zhao et al., 2022).

#### **1.1.4. Producción del durazno en Ecuador**

Los frutales caducifolios, entre ellos el durazno, se cultivan en la sierra ecuatoriana en las provincias de Tungurahua, Pichincha, Azuay, Imbabura, Chimborazo y Carchi, aunque la siembra se ha acoplado mejor a los valles de Azuay, Tungurahua, Cotopaxi y Chimborazo, debido a que están más próximos a la región amazónica, pues ofrecen un clima templado y una altura de entre los 1600 y 3200 metros sobre el nivel del mar (Mena, 2022). En Ecuador, la producción de durazno oscila alrededor de 3125 toneladas métricas por año y se cultivan aproximadamente 664 hectáreas a nivel nacional, siendo Azuay y Pichincha las de mayor superficie con 245 y 212 hectáreas, respectivamente (Arahana et al., 2012; Pilapaña, 2013)

### **1.2. Recubrimiento comestible**

#### **1.2.1. Generalidades**

Un recubrimiento comestible (RC) es una capa fina de material comestible que se aplica sobre la superficie de un alimento como una envoltura protectora creando una barrera entre el medio ambiente y el producto (Maringgal et al., 2020). La fabricación de los recubrimientos comestibles es considerada una técnica postcosecha segura y sencilla para mejorar la conservación de los productos frescos (Oyom et al., 2022). Los RC pueden ser elaborados a partir de tres componentes principales: material base, plastificante y solvente (Avramescu et al., 2020).

#### 1.2.1.1. *Material base*

Los materiales base incluyen polisacáridos, proteínas y lípidos, los mismos que se describen a continuación.

##### ◆ *Polisacáridos*

Proviene de diversas fuentes que pueden ser animales, vegetales, marinas o microbianas, entre los que se encuentran la pectina, carragenina, goma xantán y almidón. Debido a su naturaleza polimérica y alto peso molecular son usados para formar la matriz estructural del recubrimiento, aportando buenas propiedades de barrera contra el oxígeno, aroma y una buena resistencia, pero al ser un material hidrofílico, su aplicación es limitada por tener una alta permeabilidad al agua; sin embargo, la adición de diferentes agentes ayuda a mejorar esta propiedad (Kumar et al., 2021; Solano-Doblado et al., 2018).

##### ◆ *Proteínas*

La proteína natural se puede encontrar en dos formas: fibrosa como la zeína del maíz, la soya y la proteína del suero, que tienen cadenas polipeptídicas largas; y globular como el colágeno con una estructura plegada esférica. Proporcionan excelentes propiedades mecánicas y de barrera contra compuestos hidrofóbicos como el aroma y el aceite. Pero, al igual que los polisacáridos, presentan una baja resistencia a la pérdida de humedad. Así mismo, tienen otra desventaja, ya que pueden contener fracciones alérgicas para ciertos consumidores (Blancas-Benitez et al., 2022).

##### ◆ *Lípidos*

Son compuestos hidrofóbicos que se originan de fuentes naturales como plantas, animales e insectos. Debido a su baja polaridad forman recubrimientos con buenas propiedades de barrera



contra la pérdida de humedad, reducen la transpiración y mejoran la apariencia y brillo, pero presentan malas propiedades mecánicas en consecuencia de su falta de cohesión e integridad estructural. Dentro de los lípidos más utilizados están el aceite mineral o vegetal, la cera de abeja, la cera de parafina y la cera de carnauba (Blancas-Benitez et al., 2022; Mohamed et al., 2020).

#### **1.2.1.2. *Plastificante***

Es un material de bajo peso molecular, cuyo principal propósito dentro del RC es disminuir las fuerzas intermoleculares del polímero, aumentando el movimiento de las cadenas poliméricas, mejorando la flexibilidad y disminuyendo su fragilidad, por otra parte, también ayuda a incrementar la permeabilidad a los gases y al agua (Avramescu et al., 2020; Mohamed et al., 2020). Actualmente, los plastificantes más utilizados son el glicerol, propilenglicol, sorbitol y ciertos oligosacáridos (Firdous et al., 2023).

#### **1.2.1.3. *Solvente***

Es el medio de dispersión de todos los componentes del recubrimiento, por lo que debe adaptarse a la naturaleza química de estos. Por lo general, se emplean solventes como el agua y soluciones acuosas de etanol (Avramescu et al., 2020).

### **1.2.2. *Propiedades***

Los RC deben contar con ciertas características que permitan mejorar la integridad y la calidad de los alimentos, algunas de estas son: estar libres de sustancias tóxicas y ser seguros para la salud, mejorar las propiedades de barrera y mecánicas (Blancas-Benitez et al., 2022). A continuación, se describen brevemente las propiedades funcionales más importantes.

#### ◆ *Comestibilidad y biodegradabilidad*

Para mantener la característica de ser comestibles, los componentes de RC deben ser de grado alimentario y encontrarse dentro de las sustancias GRAS (Generalmente Reconocidas Como Seguras) de acuerdo a la FDA, evitando componentes tóxicos, alergénicos o no admisibles. De igual manera, los constituyentes deben ser biodegradables y seguros para el medio ambiente (Han, 2014).

#### ◆ *Protección mecánica*

El recubrimiento debe proteger al producto de daños mecánicos que puedan ser producidos por impacto, presión, vibración, entre otros factores. Por lo general, los RC tienen menor resistencia a la rotura que los envases plásticos convencionales. Con respecto a la elongación, los valores de elongación de los recubrimientos son comparables con los correspondientes a los plásticos comunes (Han, 2014).

◆ *Barrera contra gases*

Los fenómenos de transferencia de masa provocan el deterioro de los parámetros de calidad de las frutas (Han, 2014). Por ello, los RC deben restringir el intercambio de gases como oxígeno y dióxido de carbono; especialmente, su aplicación en frutas climatéricas ayuda a disminuir la tasa de respiración (Avramescu et al., 2020; Blancas-Benitez et al., 2022). Con los RC también se busca crear una barrera contra la migración de la humedad, a fin de evitar el crecimiento de microorganismos perjudiciales o la pérdida de peso de los alimentos (Maringgal et al., 2020). Además, los recubrimientos crean una barrera contra la migración del aroma (Kumar et al., 2021).

◆ *Vehículo de compuestos activos*

Los recubrimientos comestibles se usan como portadores de sustancias activas, tales como antimicrobianos, antioxidantes, colorantes y vitaminas. De todas las mencionadas, la actividad microbiana ha sido la más investigada para prolongar el tiempo de vida útil de los alimentos (Aguirre-Joya et al., 2018). El crecimiento microbiano es uno de los principales factores que aceleran el deterioro de los alimentos, provocando la pérdida de color, textura, valor nutricional y calidad. A causa de esto, se han incorporado agentes antimicrobianos naturales en la matriz polimérica del recubrimiento que ayuden a reducir o restringir el crecimiento de microorganismos al dañar sus células, protegiendo al alimento (Kumar et al., 2021; Sapper & Chiralt, 2018).

### **1.2.3. Métodos de Aplicación**

Suhag et al. (2020) exponen que la elección del método usado para la aplicación del recubrimiento influye en la efectividad del proceso y depende de las características superficiales y geometría del alimento. Durante la formación del recubrimiento, los materiales se extienden sobre la superficie del alimento y, posteriormente se produce la adhesión entre el RC y la superficie del producto (Kumar et al., 2021). A continuación, se describen las principales técnicas de aplicación de recubrimiento.

#### ◆ *Inmersión*

Consiste en sumergir al producto en la solución formadora del recubrimiento durante un determinado tiempo, luego drenar el exceso y finalmente dejar secar a temperatura ambiente o con un secador para evaporar el solvente y dejar el recubrimiento sobre la superficie del producto. Este método permite obtener una distribución uniforme cuando los alimentos requieren una cobertura total (Atieno et al., 2019). Esta es la principal técnica usada a nivel de laboratorio debido a su simplicidad de ejecución y bajo costo (Suhag et al., 2020). Sin embargo, puede ocurrir la formación de un recubrimiento grueso que cause problemas con la respiración del alimento y el crecimiento de microorganismos en el envase de inmersión (Andrade et al., 2012).

#### ◆ *Pulverización*

La solución formadora del recubrimiento es pulverizada sobre el producto en forma de gotas muy pequeñas a través de una boquilla, que al tener una mayor área superficial cubren áreas del producto (Kumar et al., 2021). Se forma una capa uniforme debido a la similitud en la distribución de tamaño de la gota y se usa en productos de gran tamaño; sin embargo, no se recomienda su uso para soluciones altamente viscosas, pues, no se pulverizan y bloquean las boquillas (Atieno et al., 2019; Firdous et al., 2023).

#### ◆ *Lecho fluidizado*

Este método aplica una capa muy fina del recubrimiento sobre partículas muy pequeñas o de muy baja densidad de productos secos. La solución del recubrimiento se pulveriza a través de un conjunto de boquillas y al mismo tiempo, el producto a recubrir es fluidizado con aire caliente (Firdous et al., 2023; Kumar et al., 2021). El proceso requiere menor tiempo que las otras técnicas, además, proporciona una cobertura completa y evita la formación de cúmulos. A pesar de ello, este método implica costos elevados, se necesita mayor cantidad de recubrimiento por la pérdida en la pared de columna durante la pulverización, y puede ocurrir deformaciones en la superficie recubierta por una evaporación prematura (Suhag et al., 2020).

#### ◆ *Panning*

Esta técnica consiste en colocar el alimento a recubrir en un contenedor redondo giratorio. La solución formadora del recubrimiento es repartida directamente o atomizada en el contenedor, el producto es rotado para distribuir el recubrimiento uniformemente sobre su superficie y el secado

se produce a temperatura ambiente o con aire forzado a una mayor temperatura. Es un método utilizado para aplicar capas finas o gruesas sobre productos duros y casi esféricos; adicionalmente, previene la humedad y la pérdida de lípidos (Andrade et al., 2012; Tufan et al., 2021).

#### **1.2.4. Pruebas microbiológicas**

Los mohos y levaduras son organismos fúngicos que toleran mejor la acidez, por ello, los alimentos de pH bajo como las frutas son sensibles a las alteraciones por estos microorganismos. El crecimiento de hongos contribuye a la pérdida y desperdicio de los alimentos (Snyder & Worobo, 2018), por ello, para conocer la calidad microbiológica de un producto entre los métodos más comunes está el recuento en placa (Reyes, 2020).

Los coliformes son los microorganismos más usados como indicadores de calidad y están representados por cuatro géneros de la familia *Enterobacteriaceae*, entre ellos se encuentra la bacteria *Escherichia coli*, cuya presencia en el alimento indica una posible contaminación fecal, pues está relacionada con la flora intestinal (Vásquez et al., 2013). Para su cuantificación se usan medios cromógenos debido a que son rápidos, sencillos y fiables, se basan en sustancias químicas que dan un precipitado coloreado en la presencia de ciertas enzimas específicas del microorganismo. El medio Chromocult da una coloración roja para coliformes totales y una coloración azul para *E. coli* (Carrillo & Lozano, 2008).

La prueba de susceptibilidad microbiana tiene el objetivo de evaluar la respuesta de un microorganismo a un antimicrobiano, reflejando su capacidad para inhibir el crecimiento de una población. Uno de los métodos usados por ser fácil y rápido de realizar es el de disco difusión, en donde el antimicrobiano se difunde radialmente formando un gradiente de concentración; se obtienen resultados cualitativos sobre la sensibilidad o resistencia al medir el diámetro de las zonas de inhibición alrededor de los discos que contiene el antimicrobiano (Porres & Ruiz, 2018).

La siembra a profundidad se debe realizar sobre la placa de agar previamente fundido y enfriado hasta 50°C (en estado líquido) en la que se coloca una alícuota de la muestra diluida utilizando una pipeta estéril, se rota y cuando se solidifica la muestra, se incuba, de esta manera las colonias de microorganismos crecen tanto en la superficie del agar como dentro del mismo, es decir, a diferentes niveles de profundidad. Este método se utiliza generalmente para el recuento

de microorganismos anaerobios facultativos o microaerófilos. Se recomienda realizar el conteo de microorganismos en un período de 2 a 5 días (Ramírez et al., 2017).

### 1.3. Aloe vera

#### 1.3.1. Generalidades

El *Aloe vera* L. es la especie herbácea, xerófila y suculenta más popular e importante de la familia Asphodelaceae o Liláceas. Su nombre proviene del árabe “alloeh” que significa sustancia brillante y amarga, y la palabra “vera” del latín que significa verdadero. Existen 360 especies, originarias de las regiones secas y calientes del norte y este de África. Posee un tallo corto con hojas perennes en forma de roseta que pueden alcanzar tamaños de hasta 50 cm cuando alcanza su madurez en 4 o 5 años (Gutiérrez-López et al., 2012). Sus hojas están compuestas por tres capas, una externa denominada corteza o exocarpo que representa del 20 al 30% del peso total de la planta y posee color verde; una capa central denominada parénquima, filete, pulpa o gel que es transparente y de textura gelatinosa y fibrosa, esta capa representa del 65 al 80% del peso total. Entre el parénquima y el exocarpo están los conductos de aloína que son como canales orientados de manera longitudinal y es por donde circula el acíbar o látex el cual es secretado por la planta como mecanismo de defensa gracias a su olor y sabor desagradable (Bonilla Bonilla & Jiménez Herrera, 2016a).

#### 1.3.2. Gel de Aloe vera

##### ◆ *Composición química*

El mucílago o gel de la hoja de Aloe vera tiene una composición química constituida por una mezcla compleja de compuestos, del total, el 99,5% agua y 0,5% de material sólido. Se caracteriza por tener la presencia de compuestos fenólicos que se clasifican en dos grandes grupos principales que son: las cromonas, dentro de las cuales se tiene la aloensina, y antraquinonas (libres y glicosiladas) como la barbaloina y aloemodina. El acíbar contenido en la planta tiene como principal componente a la aloína (Gutiérrez-López et al., 2012).

Adicionalmente, el gel está compuesto por enzimas como amilasa y catalasa, minerales entre los que se encuentran calcio, hierro y zinc, sacáridos como manosa, glucosa, fructosa, celulosa, glucomanano, etc., vitaminas A, C, E y del complejo B, y aminoácidos como la lisina, cisteína, glicina, ácidos grasos, entre otros (Bonilla Bonilla & Jiménez Herrera, 2016a).

◆ *Propiedades funcionales*

La mayoría de las propiedades funcionales del Aloe vera se deben a la sinergia de varios de los componentes fenólicos y carbohidratos, dentro de los cuales se tiene efecto antiinflamatorio y analgésico, inmunomodulador, gastroprotector, actividad antimicrobiana y cicatrización (Bonilla Bonilla & Jiménez Herrera, 2016).

Dentro de las propiedades generales, en estudios in vivo se demuestra la capacidad del gel Aloe vera de inhibir la inflamación, con un efecto dosis-dependiente; inclusive en la artritis inducida y también una mejora en el proceso de cicatrización (Bonilla Bonilla & Jiménez Herrera, 2016) Por otro lado, la actividad inmunomoduladora se debe principalmente a la concentración de acemanano, en la cual varios estudios demuestran que se requieren concentraciones relativamente altas para lograr la activación de macrófagos, que son los encargados de detectar y destruir bacterias y otros organismos dañinos (Gutiérrez-López et al., 2012).

Las principales funciones que cumple el gel de Aloe vera en los recubrimientos comestibles es actividad antimicrobiana, antioxidante y formador de barrera contra gases. En cuanto a la acción antibacteriana, Bonilla Bonilla & Jiménez Herrera (2016) afirman que el potencial de acción antibacteriana del extracto acuoso liofilizado de Aloe vera en concentraciones entre 10 y 50 mg/mL mediante un ensayo de difusión de agar con una cantidad reducida de cepas: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y una levadura la *Candida albicans*, se obtuvieron resultados de crecimiento solamente de *Staphylococcus aureus* y este fue una ligera actividad, para el resto de microorganismos no se encontró ningún tipo de respuesta.

Para la actividad antioxidante, un estudio demostró que la capacidad antioxidante del gel Aloe vera se debe al contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y antraquinonas. Los anillos de flavonoides tienen un gran potencial de inhibición ante la generación de especies reactivas de oxígeno. Las antraquinonas contribuyen a la capacidad antioxidante mediante la peroxidación de lípidos. Los compuestos fenólicos actúan reduciendo el estrés oxidativo, presentando correlación lineal entre su concentración y la capacidad antioxidante. Sin embargo, la capacidad antioxidante del gel Aloe vera, en su totalidad, depende de la concentración utilizada en la composición del recubrimiento comestible (Franco Quino et al., 2016).

Al incluir gel aloe vera dentro de la composición de un recubrimiento comestible, contribuye a la formación de una barrera de gas que inhibe el intercambio de gas entre el producto y la atmósfera de almacenamiento, lo que deriva en el retraso de la respiración y con ello el retardo de la maduración, además, ayuda a proteger el producto del ablandamiento de la textura (Zevallos Marchan, 2017).

◆ *Producción en Ecuador*

En Ecuador, el cultivo de sábila *Barbadensis* Miller es considerado no tradicional por su bajo nivel de producción y exportación. A pesar de ello, se pueden encontrar cultivos de esta especie en regiones semiáridas tales como cercanías de Santa Elena, Loja, Quito, Manabí, Imbabura, El Oro y Guayas, los cuales están destinados a abastecer el mercado interno y externo para el desarrollo de nuevos productos. La provincia de Santa Elena se considera la mayor productora de sábila en Ecuador, ya que en esta zona se ha instalado el grupo Santa Catalina de Colonche formando la empresa “Corporación Ecuatoriana Colonche Line”, en donde se procesan las hojas de sábila para obtener la materia prima, este grupo cuenta con aproximadamente 50 hectáreas de producción, donde se tienen más de 700 mil plantas de sábila. La materia prima extraída se exporta principalmente a Italia, y en menor cantidad a Estados Unidos, Holanda y Suiza para elaborar bebidas y cosméticos (Holguín Lozano & Vásconez Nieto, 2015).

## **1.4. Almidón de yuca**

### **1.4.1. Generalidades**

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), también conocida como mandioca, es un arbusto leñoso perenne perteneciente a la familia *Euphorbiaceae*, originaria de América tropical. Su cultivo se encuentra en zonas tropicales e incluso con suelos de mala calidad se adapta a periodos de sequía prolongados; además, se considera una de las especies más eficientes en cuanto a la producción de almidón, por lo tanto es un producto fiable tanto para la alimentación humana, de animales y diversas aplicaciones industriales (Zhu, 2015). La yuca se presenta como productos fermentados (modificados) o no fermentados. Entre los no fermentados se incluyen la harina y el almidón, para lo cual la yuca se procesa primero en forma de pellets para luego ser transformada en dichos productos (Chisenga et al., 2019).

### **1.4.2. Composición**

El almidón es el principal componente de la raíz de yuca, alcanzando hasta el 80% de su peso seco (Oyom et al., 2022). La amilosa y la amilopectina son los constituyentes principales del almidón, también se encuentran trazas de otros elementos como lípidos y proteínas. La amilosa es un polímero de cadena lineal con un contenido aproximado entre 20-25%, es determinante en las propiedades del almidón. En tanto, la amilopectina es un polímero de cadena ramificada con un contenido entre 75-80% (G. P. Singh et al., 2022; Zhu, 2015). En aplicaciones como la fabricación de recubrimientos biodegradables las propiedades del almidón nativo son de gran importancia, pues hacen que éste sea funcional y sea una materia prima potencial, sin requerir modificaciones previas (Bernal Bustos et al., 2017).

### **1.4.3. Propiedades funcionales**

El almidón es la principal fuente de energía de la alimentación humana y al ser es un componente funcional está presente en varios productos alimenticios, esto se debe a sus propiedades de viscosidad, retrogradación y elementos adhesivos, por lo que es usado como espesante, agente gelificante o agente estabilizante (Mohamad Yazid et al., 2018).

El almidón es el polisacárido de origen vegetal más usado para la elaboración de bioplásticos debido a su abundancia y rentabilidad (Thakur et al., 2019); sin embargo, el almidón destaca también por tener excelentes propiedades de barrera contra gases debido a los enlaces de hidrógeno y supera a otros biopolímeros al ser incoloro, inodoro e impermeable a los aromas (Oyom et al., 2022). Además, el almidón de yuca tiene buenas propiedades para la elaboración de películas debido a su alto contenido de amilosa (17%), pudiendo formar una matriz polimérica continua (Sondari et al., 2018).

La aplicación del almidón en los RC se basa en dos propiedades fundamentales: la gelatinización y la retrogradación (Zhu, 2015). Los gránulos de almidón se solubilizan cuando se calientan y llegan a cierta temperatura, permitiendo que los granos comiencen a absorber agua, se hinchen, aumenten su volumen y finalmente se rompan, momento en el que la amilosa y la amilopectina se dispersan en el agua. Este proceso se conoce como gelatinización e involucra una transición de un estado semicristalino a uno amorfo, aumentando la viscosidad. Por otro lado, la retrogradación ocurre cuando, al enfriarse, las cadenas de almidón gelatinizado se reorganizan dando lugar a estructuras más ordenadas; esta propiedad afecta la permeabilidad, solubilidad y propiedades mecánicas del recubrimiento (Mohd Nizam et al., 2021; Thakur et al., 2019). De acuerdo a Utami et al. (2014) y Chiumarelli & Hubinger (2014), el almidón de yuca alcanza su



gelatinización a temperaturas relativamente bajas que oscilan entre 60-75°C, produciendo un gel muy claro, estable y con una baja tendencia a la retrogradación.

## 1.5. Glicerol

### ◆ *Generalidades*

El glicerol ( $C_3H_8O_3$ ) o glicerina (nombre comercial) es un compuesto líquido a temperatura ambiente, viscoso, incoloro, inodoro y ligeramente dulce. Posee propiedades higroscópicas debido a sus 3 grupos fenólicos, es fácilmente soluble en agua y alcoholes, ligeramente soluble en disolventes orgánicos como éteres y dioxanos, e insoluble en hidrocarburos. En estado puro posee una densidad de  $1,261\text{g/cm}^3$ , un punto de fusión de  $18,2^\circ\text{C}$  y un punto de ebullición de  $290^\circ\text{C}$ , temperatura a la cual se descompone dando acroleína que es un compuesto de alta toxicidad (Lafuente Aranda, 2017).

Según Lafuente Aranda (2017) la glicerina forma parte de aceites y grasas vegetales y animales como mono, di o triglicéridos, es decir, glicerol y una, dos o tres moléculas de ácidos grasos saturados o insaturados, respectivamente. También forma parte de fosfolípidos, específicamente de fosfoglicéridos o fosfoacilgliceroles, es decir, glicerol, ácidos grasos y grupo fosfato, los cuales integran la membrana celular de vegetales y animales.

Es usado frecuentemente en la elaboración de biopolímeros, debido a sus propiedades plastificantes y humectantes, buena compatibilidad y baja volatilidad. Posee la capacidad de interactuar específicamente con enlaces de hidrógeno, permitiendo una formación estable. Debido a su capacidad plastificante, la interacción entre este y el polímero de almidón permite la higroscopicidad, dando un efecto adicional en la absorción de humedad. Al momento de agregar glicerol en los recubrimientos, aumenta la flexibilidad debido a que disminuye las atracciones intermoleculares aumentando la movilidad de las cadenas poliméricas, y por su estructura permite obtener películas más uniformes y mejor humectadas (Arrieta Almario, 2018).

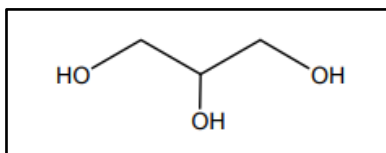
### ◆ *Composición*

El glicerol es un alcohol que posee tres grupos hidroxilos (-OH), también denominado 1,2,3-trihidroxipropano o 1,2,3- propanotriol, es uno de los principales productos de degradación digestiva de lípidos y también aparece como producto intermedio de la fermentación alcohólica. Como se presenta en la Figura 1 el glicerol no tiene ningún carbono asimétrico y no presenta

estereoisomería, pero es una molécula proquiral, porque si se esterifican los grupos –OH de los C-1 y C-3 con sustituyentes diferentes, el C-2 pasa a ser un carbono asimétrico (Lafuente Aranda, 2017).

### Figura 1

*Fórmula estructural del 1,2,3-propanotriol*



Nota. Fuente: (Lafuente Aranda, 2017).

#### ♦ *Glicerol en biopolímeros*

El glicerol es una molécula altamente flexible y capaz de formar enlaces hidrógeno inter e intramoleculares. Su uso frecuente en biopolímeros se debe principalmente a sus propiedades humectantes, posee una alta efectividad como plastificante, gran compatibilidad y baja volatilidad con habilidad para interactuar específicamente con enlaces de hidrógeno, lo cual da como resultado una formación estable. Al tener una alta capacidad plastificante, ayuda a tener una interacción directa entre el plastificante y el polímero permitiendo higroscopicidad lo cual dará un efecto adicional en la absorción de humedad. Al aumentar la cantidad de plastificante (glicerol), la flexibilidad de las películas aumenta debido a que el glicerol es un poliol que sirve para unir cadenas. Este factor de aumento es determinante en la capacidad de absorción de la película formada, ya que al interactuar con la estructura del polímero mediante enlaces hidrógeno se forma una red de enlaces, abriendo espacios, cambiando una estructura rígida y compacta a una más porosa y flexible que permite una mayor absorción de humedad (Arrieta Almario, 2018).

## 2. Metodología

Este trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo experimental y para determinar el efecto del recubrimiento comestible sobre la conservación de los duraznos se empleó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial. Todos los análisis realizados para cumplir el objetivo de este Trabajo de Titulación se llevaron a cabo en el laboratorio de Análisis Microbiológico de Aguas de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, en Cuenca-Ecuador. Los duraznos utilizados para los experimentos tuvieron un índice de madurez (Sólidos Solubles Totales/Acidez Titulable) de  $15 \pm 1$  °Brix/%ácido cítrico.

### 2.1. Materiales y Métodos

#### 2.1.1. Acondicionamiento de la materia prima

##### ♦ Durazno

###### a) Recepción

Los duraznos de la variedad Diamante se cosecharon manualmente de los cultivos de la parroquia Bulán, del cantón Paute, en la provincia del Azuay. Se almacenaron a temperatura ambiente (20°C) en contenedores de plástico hasta su uso.

###### b) Selección y clasificación

Los duraznos ya cosechados fueron seleccionados considerando su apariencia física, es decir sin daño mecánico y actividad fúngica visible. El parámetro para la clasificación fue el tamaño de la fruta, considerando un diámetro de  $5\text{cm} \pm 2\text{ cm}$ , para ello se utilizó un calibrador pie de rey (BP-257). Se escogieron los duraznos con el fin de tener homogeneidad en el análisis y se dividieron en dos lotes, uno para la temperatura de almacenamiento a 20°C (100 unidades) y para la temperatura de refrigeración a 4°C (130 unidades).

###### c) Lavado y desinfectado

Todos los duraznos se lavaron con agua potable para eliminar restos de tierra, luego, se preparó una solución de 50 ppm de hipoclorito de sodio (cloro comercial) y se sumergieron los duraznos por 15 minutos para controlar patógenos. Finalmente, se efectuó un último lavado con agua destilada y se dejó secar a temperatura ambiente (20°C). Al final de esta etapa, los duraznos estaban listos para ser recubiertos con el tratamiento.

- ◆ *Almidón de yuca*
  - a) *Recepción y almacenamiento*

Se adquirió almidón de yuca comercial y se almacenó en un ambiente fresco y seco.

- ◆ *Gel de Aloe vera*
  - a) *Recepción y almacenamiento*

Se adquirió el gel de Aloe vera comercial pasteurizado y se almacenó en refrigeración (4°C) hasta su empleo.

### **2.1.2. Elaboración y aplicación del recubrimiento comestible**

La elaboración y aplicación del recubrimiento comestible se puede observar en el Anexo A.

- ◆ *Elaboración del recubrimiento comestible*

La elaboración del recubrimiento comestible se realizó de acuerdo al método propuesto por Díaz et al. (2017). Se preparó 1000 ml del recubrimiento, inicialmente se pesó el almidón de yuca, el gel de Aloe vera y la glicerina, según se muestra en la Tabla 4 y Tabla 5, adicionalmente se empleó agua destilada como solvente. El almidón de yuca se mezcló con la mitad de agua destilada (ver Tabla 5) en agitación constante y empleando una placa calefactora (JOANLAB PCE-E9000), hasta que se alcanzó la gelatinización del almidón a una temperatura de 65°C. Por otro lado, el gel de Aloe vera se mezcló con el glicerol y la otra mitad de agua destilada (según el tratamiento), y se agregó paulatinamente a la anterior mezcla hasta llegar a una temperatura de 72°C, en la cual se mantuvo durante 15 minutos para lograr la pasteurización del recubrimiento. Posteriormente, se dejó enfriar las soluciones a temperatura ambiente (20°C).

- ◆ *Aplicación del recubrimiento comestible*

La aplicación del recubrimiento sobre los duraznos se realizó mediante el método de inmersión, para lo cual se sumergieron los frutos en las soluciones correspondientes durante 1 minuto, después fueron escurridos para quitar el exceso, con ayuda de mallas. Los duraznos recubiertos se colocaron en bandejas de aluminio de 45cm x 29cm y fueron secados a temperatura ambiente (20°C) por 4 horas.

- ◆ *Almacenamiento*

Las bandejas con 130 duraznos se almacenaron durante 14 días en refrigeración a 4°C y 75%HR, y las bandejas con 100 duraznos se almacenaron en una cabina herméticamente cerrada durante 9 días a temperatura de 20°C. Considerando que en el día 0 fue la aplicación del recubrimiento sobre los duraznos. En la Tabla 2 se indican las unidades de durazno utilizadas para cada análisis a las temperaturas establecidas.

**Tabla 2**

*Cantidad (unidades) de duraznos utilizados para los análisis*

Análisis	Ambiente 20°C						Refrigeración 4°C						
	Día de análisis						Día de análisis						
	1	3	5	7	9	Total	1	3	5	8	12	14	Total
Pérdida de peso	10u	0u <sup>a</sup>	0u <sup>a</sup>	0u <sup>a</sup>	0u <sup>a</sup>	10u	10u	0u <sup>b</sup>	0u <sup>b</sup>	0u <sup>b</sup>	0u <sup>b</sup>	0u <sup>b</sup>	10u
Firmeza/Sólidos solubles totales/pH/Acidez titulable*	10u	10u	10u	10u	10u	50u	10u	10u	10u	10u	10u	10u	60u
Recuento de mohos y levaduras	10u	10u	10u	10u	10u	40u	10u	10u	10u	10u	10u	10u	60u
<b>Total</b>	<b>30u</b>	<b>20u</b>	<b>20u</b>	<b>10u</b>	<b>20u</b>	<b>100u</b>	<b>30u</b>	<b>20u</b>	<b>20u</b>	<b>20u</b>	<b>20u</b>	<b>20u</b>	<b>130u</b>

*Nota.* La tabla presenta las unidades de duraznos usadas en cada día de análisis para los dos métodos de almacenamiento, se incluye la repetición ( $u$ =unidad de durazno). \*Los análisis de firmeza, sólidos solubles totales, pH y acidez titulable se realizaron en la misma muestra en cada día. <sup>a</sup>Se realizó el análisis en la misma muestra del día 1 (20°C). <sup>b</sup>Se realizó el análisis en la misma muestra del día 1 (4°C).

## 2.2. Diseño experimental y análisis estadístico

### ◆ *Diseño experimental*

En esta investigación se empleó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial para evaluar los efectos del recubrimiento comestible sobre la conservación del durazno. Los factores de estudio y métodos de almacenamiento se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3***Factores de estudio*

Factor A: concentración de gel de Aloe vera		Factor B: concentración de almidón de yuca		Temperatura de almacenamiento
A1	25% (p/v)	B1	2% (p/v)	Ambiente (20°C)
A2	35% (p/v)	B2	3% (p/v)	Refrigeración (4°C)

*Nota.* %p/v es la relación en porcentaje entre la masa del soluto (g) y el volumen de la solución (ml).

A partir de ello, se realizaron 4 formulaciones y 10 tratamientos con 2 repeticiones. Las formulaciones se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4***Formulación de los tratamientos propuestos*

Formulación	Almacenamiento a 20°C	Almacenamiento a 4°C
A1B1*	T1	T2
A1B2*	T3	T4
A2B1*	T5	T6
A2B2*	T7	T8
Control (sin recubrimiento)	T9	T10

*Nota.* En todas las formulaciones, el porcentaje restante corresponde al solvente (agua destilada). \*Se utilizó 1% (p/v) de glicerol como plastificante en todas las formulaciones.

◆ *Análisis estadístico*

Los resultados fueron analizados con el software IBM SPSS Statistics, en el cual se generó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores (tiempo de almacenamiento y el tratamiento aplicado) con un intervalo de confianza de 95% ( $p \leq 0.05$ ), para establecer la existencia de diferencias significativas de las variables dependientes: firmeza, porcentaje de pérdida de peso, sólidos solubles totales, pH, acidez titulable y recuento de mohos y levaduras. Se efectuó la prueba de Tukey con las variables que presentaron diferencias significativas para encontrar el mejor tratamiento. Por último, los mejores tratamientos de los análisis anteriores se realizaron un análisis sensorial, también se sometieron a un ANOVA de un factor (tratamiento aplicado).

### 2.3. Análisis fisicoquímico en muestra con tratamiento y sin tratamiento

Para determinar la efectividad del recubrimiento comestible comparado con las muestras sin recubrimiento se realizaron análisis de: firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles totales, pH y acidez titulable, descritos en los apartados siguientes.

#### ◆ *Firmeza*

De acuerdo a la metodología propuesta por Noreña Noya (2019), la firmeza de los duraznos con y sin tratamiento se evaluó con un texturómetro (WAGNER FT02), la variable considerada es la fuerza de penetración en Newtons producida por la rotura del tejido, utilizando una sonda de 5 mm de diámetro a una velocidad de 5 mm/s. Las medidas se tomaron en la zona ecuatorial del durazno en cuatro puntos diferentes y se calculó el promedio para obtener el valor real. Los análisis se ejecutaron en los días 1, 3, 5, 7 y 9 en las muestras a 20°C y en los días 1, 3, 5, 8, 12 y 14 en las muestras a 4°C. La cantidad de duraznos utilizados se muestra en la Tabla 2.

#### ◆ *Pérdida de peso*

Se registró el valor del peso inicial de los duraznos con y sin tratamiento en el día 1, y se realizó un control durante el tiempo de almacenamiento en los días 3, 5, 7 y 9 en las muestras a 20°C y en los días 3, 5, 8, 12 y 14 en las muestras a 4°C. La cantidad de duraznos utilizados se muestra en la Tabla 2. Los resultados se expresaron como el porcentaje de pérdida de peso, de acuerdo a la Ecuación 1.

$$\text{Porcentaje de Pérdida de Peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \cdot 100 \quad (1)$$

#### ◆ *Sólidos solubles totales (SST)*

De acuerdo a la NTE INEN-ISO 2173:2013, se empleó el método refractométrico. Se colocaron 2 gotas del jugo extraído de los duraznos rallados (con y sin tratamiento) en el prisma del refractómetro (American Optical Corporation) de escala 0-30°Brix y se leyó el valor de sólidos solubles totales en °Brix. Se realizó esta prueba en los días 1, 3, 5, 7 y 9 en las muestras a 20°C y en los días 1, 3, 5, 8, 12 y 14 en las muestras a 4°C. La cantidad de duraznos utilizados se muestra en la Tabla 2.

#### ◆ *pH y acidez titulable (AT)*

Para la determinación del pH y la acidez titulable se preparó una disolución 10% (p/v) de durazno en agua destilada. Conforme la NTE INEN-ISO 1842:2013, el valor de pH se observó directamente de la escalada del potenciómetro (Boeco BT-600) previamente calibrado, obteniendo el promedio de dos determinaciones. El análisis de la acidez se realizó según la NTE INEN-ISO 750, mediante una titulación potenciométrica con un equipo (potenciómetro) de marca Boeco BT-600 y con NaOH 1N en agitación constante con un agitador magnético (Boeco MSH-420) hasta alcanzar un pH de 8.1. El porcentaje de acidez (%AT) se determinó como ácido cítrico presente en el durazno mediante la Ecuación 2. Estos análisis fueron realizados a las muestras a 20°C en los días 1, 3, 5 y 9, y a las muestras a 4°C en los días 1, 3, 5, 8, 12 y 14. La cantidad de duraznos utilizados para cada análisis se muestra en la Tabla 2.

$$\%AT = \frac{V_{NaOH} \cdot N_{NaOH} \cdot k \cdot m_{eq}}{V_{muestra}} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde:

$V_{NaOH}$  = Volumen de NaOH consumido en la titulación en ml

$N_{NaOH}$  = Normalidad de NaOH

$m_{eq}$  = miliequivalente del ácido cítrico

$V_{muestra}$  = Volumen de la muestra en ml

$k = 1$

## 2.4. Análisis microbiológico

### 2.4.1. Análisis microbiológico de las soluciones del recubrimiento comestible

Con las soluciones preparadas de recubrimiento: A1B1, A1B2, A2B1, A2B2 (Tabla 4), se procedieron con las siembras para mohos, levaduras y para coliformes totales.

#### 2.4.1.1. Recuento de mohos y levaduras

##### ♦ Siembra y almacenamiento

Se empleó como referencia la normativa NTE INEN 1529-10 donde el medio de cultivo agar (Plate Count Agar-Neogen Company) previamente esterilizado en autoclave (HANDYCLAVE Model LS-1), se colocó en una caja Petri y se dejó enfriar a temperatura ambiente (20°C). Se utilizó una alícuota de 1 ml de la solución muestra y se sembró a profundidad, asegurándose que la muestra se homogenice con el medio. La caja sembrada se selló con parafilm y se almacenó en una estufa (Memmert SNB 200) a 20°C.



◆ *Recuento*

Se realizó el recuento de las colonias de mohos y levaduras según la NTE INEN 1529-10, para lo cual se empleó un contador manual (BIOBASE J-2) al transcurrir 3 días desde la siembra. Con los resultados de cada tratamiento se calculó el número de unidades propagadoras de colonias (UPC) por gramo mediante la Ecuación 3.

$$UPC/g = \frac{N \times ID}{v} \quad (3)$$

Donde:

$N$  = promedio de colonias

$ID$  = inverso de la dilución

$v$  = volumen de la muestra inoculada

#### **2.4.1.2. Recuento de coliformes totales y fecales**

◆ *Siembra y almacenamiento*

Como referencia se empleó la normativa NTE INEN 1529-7:2013, por lo que se utilizó Chromocult Agar como medio de cultivo, el cual se dejó solidificar en cajas Petri a temperatura ambiente. Con una pipeta estéril se tomó 1 ml de la muestra, se vertió sobre el medio y se homogeneizó para asegurar su distribución. Las cajas selladas con parafilm fueron almacenadas en una estufa (Memmert SNB 200) a 37,5°C.

◆ *Recuento*

De acuerdo a la normativa NTE INEN 1529-7:2013, para evaluar la existencia de colonias, después de 24 horas de incubación, se observó si existían aquellas de color rojo-violeta relacionadas con coliformes totales y de color azul relacionadas con la presencia de coliformes fecales, principalmente *E. coli*.

#### **2.4.1.3. Prueba de susceptibilidad microbiana en las soluciones del recubrimiento comestible**

La prueba de susceptibilidad microbiana se realizó por el método de disco difusión con el objetivo de determinar si la cepa microbiana presente en los duraznos es resistente o sensible al recubrimiento comestible. Esta prueba se aplicó a los tratamientos A1B1, A1B2, A2B1, A2B2 (Tabla 4).

La metodología empleada fue similar a la establecida por Servicios Antimicrobianos (s. f.), para lo cual se realizó una suspensión con suero fisiológico y con las colonias del cultivo preparado previamente para el recuento de mohos y levaduras. Por otra parte, se preparó 500 ml de medio de cultivo con agar (Plate Count Agar-Neogen Company), se esterilizó en el autoclave (HANDYCLAVE Model LS-1), se colocó en 2 placas Petri y se dejó solidificar a temperatura ambiente (20°C). Con la ayuda de un hisopo estéril se inoculó la suspensión (suero+colonias) sobre la superficie de la caja Petri, sembrando por estría en todas las direcciones para asegurar la distribución. Se cortaron discos de papel filtro de aproximadamente 6 mm de diámetro y se sumergió en cada tratamiento. Posteriormente, con una pinza estéril se colocó un disco de cada tratamiento en cada placa, sobre la superficie de agar ya sembrada (en total 4 discos en una placa, uno de cada tratamiento) manteniendo una distancia de aproximadamente 3 cm uno del otro. Una placa fue almacenada en refrigeración a 4°C y una placa fue incubada en una estufa (Mettler SNB 200) a 20 °C, en ambos casos durante 24 horas. Para verificar si los microorganismos son resistentes o no a la acción del recubrimiento, luego de transcurridas 24 horas se comprobó la formación de un halo alrededor de cada disco y se midió su diámetro.

#### **2.4.2. Análisis microbiológico en duraznos con tratamiento y sin tratamiento**

Para evaluar la efectividad microbiológica del recubrimiento comestible se realizó el recuento de mohos y levaduras en los duraznos con tratamiento y sin tratamiento, descrito en el siguiente apartado.

##### **2.4.2.1. Recuento de mohos y levaduras**

Este análisis se realizó a las muestras de duraznos con y sin tratamiento en los días 1, 3, 5 y 9 para las muestras a 20°C, y en los días 1, 3, 5, 8, 12 y 14 para las muestras a 4°C. La cantidad de duraznos utilizados se muestra en la Tabla 2.

###### **◆ Preparación de la muestra**

Se empleó de referencia la NTE INEN 1529-2. Se cortó con una cuchilla estéril una muestra de 10 g del durazno, se procesó utilizando 90 ml de agua destilada durante 1 minuto para obtener la Solución Muestra. Se prepararon las 10 soluciones de los diferentes tratamientos y del control.

###### **◆ Siembra y almacenamiento**

Se utilizó de referencia la normativa NTE INEN 1529-10, para ello se prepararon 500 ml de medio agar (Plate Count Agar-Neogen Company) y se esterilizó en el autoclave (HANDYCLAVE Model LS-1), luego se dejó enfriar el medio a temperatura ambiente (20°C) y se depositó en una caja Petri. Se tomó una alícuota de 1 ml de la Solución Muestra con ayuda de una pipeta estéril y se vertió sobre el medio para la siembra, la cual se agitó en círculos para homogeneizar. Las cajas sembradas se sellaron con parafilm y se almacenaron en una estufa (Memmert SNB 200) a 20°C.

◆ *Recuento*

El recuento se realizó de forma similar al recuento de mohos y levaduras en las soluciones del recubrimiento de la sección 2.4.1.1, conforme la NTE INEN 1529-10. Los resultados se expresaron en UPC/g mediante la Ecuación 3.

## 2.5. Análisis sensorial

Se realizó una evaluación sensorial de carácter afectivo o hedónico, mediante la “Prueba de aceptabilidad”, para determinar si existen diferencias apreciables por el consumidor entre los duraznos con tratamiento y sin tratamiento (Cordero-Bueso et al., 2017).

Se prepararon las muestras de duraznos con la misma técnica y con las concentraciones que mostraron los mejores resultados para cada temperatura de almacenamiento. Se estableció un jurado de 10 jueces no entrenados pertenecientes a la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de Cuenca. Se repartió de manera simultánea tres muestras de duraznos a todos los jueces participantes, una muestra A (durazno con mejor tratamiento en ambiente), una muestra B (durazno sin tratamiento) y una muestra C (durazno con mejor tratamiento en refrigeración). A su vez se entregó la hoja de evaluación con la escala hedónica con cinco categorías (1= inaceptable, 2= mala, 3=ni buena, ni mala, 4= buena, 5= muy buena), en la cual se evaluaron atributos como sabor, color, olor y textura (Cordero-Bueso et al., 2017).

## 2.6. Análisis costo beneficio

Luego de escoger el mejor tratamiento para cada tipo de almacenamiento (temperatura ambiente y refrigeración), se estimó el costo correspondiente al uso de equipos e insumos complementarios, adquisición de materia prima, mano de obra y suministros, utilizados en la

producción del durazno con recubrimiento. Posteriormente, se calculó el costo unitario y precio de venta mediante las Ecuaciones 4 y 5, de acuerdo a Toalombo Gallo (2014) y Cahuaya (2021).

◆ *Costo unitario*

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo Total}}{\text{Número de unidades producidas}} \quad (4)$$

◆ *Precio de venta*

$$\text{Precio de venta} = \text{Costo Total} + \text{Margen de utilidad} + \text{Imprevistos} \quad (5)$$

### 3. Resultados y discusión

En este apartado se presentan los resultados y análisis del comportamiento de las propiedades físicoquímicas y microbiológicas de los duraznos con recubrimiento y sin recubrimiento durante el almacenamiento postcosecha a 4°C y 20°C, así como los análisis microbiológicos del recubrimiento comestible. Además, se exponen los resultados del análisis sensorial y del costo beneficio de los mejores tratamientos encontrados.

#### 3.1. Análisis comparativo de las propiedades físicoquímicas

##### 3.1.1. Firmeza

###### ◆ Resultados del almacenamiento al ambiente

Como se observa en la Tabla 5, los resultados de firmeza expresados en Newtons se han dividido en dos subconjuntos. La firmeza del durazno disminuyó durante el almacenamiento independientemente del tratamiento aplicado. Se observó que los tratamientos T3, T5 y T7 tienen valores de firmeza mayores al control mostrando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). En base a las medias resultantes, el tratamiento 7 mostró el valor más alto de firmeza (43,06 N) a lo largo del tiempo de análisis; sin embargo, al observar la gráfica de firmeza (Figura 2), el **tratamiento 5** mantuvo el valor de la firmeza de 48,36 N a 38,81 N, disminuyendo la firmeza paulatinamente y sin cambios drásticos en comparación con los otros tratamientos que presentan irregularidades como el tratamiento 1, y una baja significativa del valor de la firmeza como el tratamiento 7 en el día 5.

**Tabla 5**

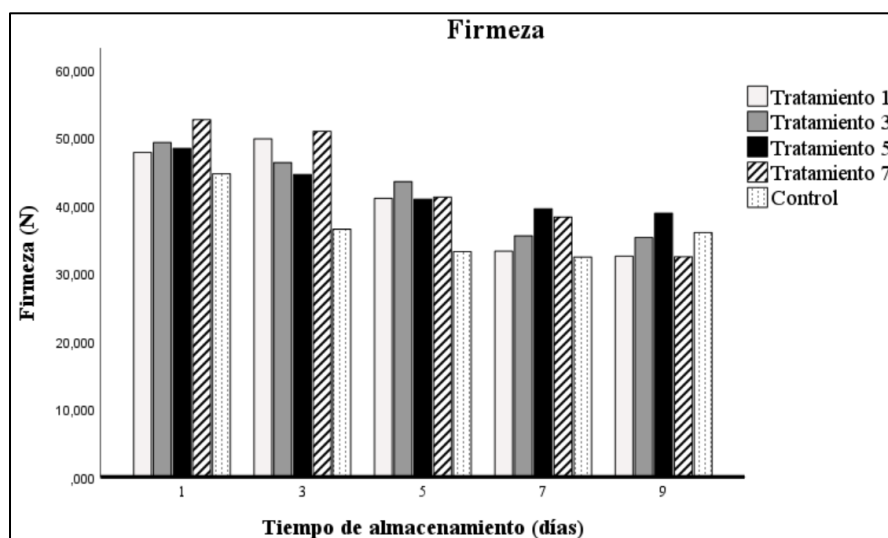
*Prueba de Tukey para la firmeza durante el almacenamiento a 20°C*

HSD Tukey Firmeza (N)			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Control	10	36,52	
Tratamiento 1	10	40,85	40,85
Tratamiento 3	10		41,94
Tratamiento 5	10		42,40
Tratamiento 7	10		43,06

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

**Figura 2**

*Firmeza en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 20°C*



El tratamiento 5 retrasó el ablandamiento de la fruta, probablemente debido al efecto del gel de Aloe vera (35% p/v), ya que este componente actúa como una barrera contra gases, disminuyendo la actividad metabólica que provoca la pérdida de la firmeza y de humedad (Maan et al., 2021), este resultado es coherente con otros estudios, donde el gel de gel de Aloe vera retrasa la pérdida de la firmeza durante el almacenamiento de frutos climatéricos y no climatéricos, tales como papaya (Mendy et al., 2019), fresas (Sogvar et al., 2016), duraznos variedad “Roma” y “Flat” y nectarines (Paladines et al., 2014).

#### ◆ *Resultados del almacenamiento en refrigeración*

Como se observa en la Tabla 6, los resultados de firmeza expresados en Newtons se presentan en un solo grupo, ya que no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre todos los tratamientos y el control. La firmeza disminuyó durante el almacenamiento indistintamente del tratamiento aplicado; pero, el **tratamiento 4** es el que presentó el mayor valor de firmeza (41,375 N) a lo largo de todo el análisis, además al observar la Figura 3, también es el que mostró la máxima firmeza en el día 14 (37,14 N), en comparación con los demás tratamientos.

**Tabla 6**

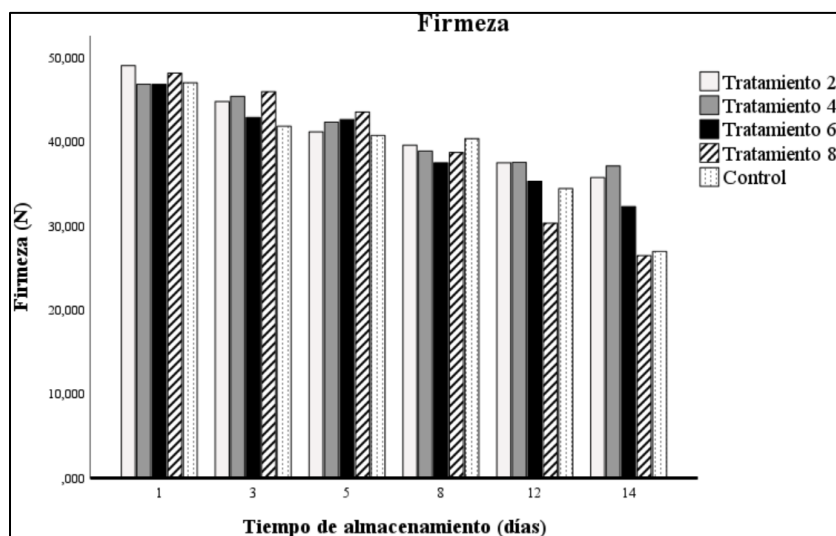
*Prueba de Tukey para la firmeza durante el almacenamiento a 4°C*

HSD Tukey Firmeza (N)		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
Control	12	38,58
Tratamiento 8	12	38,87
Tratamiento 6	12	39,59
Tratamiento 2	12	41,33
Tratamiento 4	12	41,38

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

**Figura 3**

*Firmeza en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 4°C*



El uso del RC de almidón de yuca 3% (p/v) y gel de Aloe vera 25% (p/v) (tratamiento 4) contribuyó a la reducción de la pérdida de la firmeza del durazno. Esto puede atribuirse en parte a que el almidón de yuca proporcionó una superficie más elástica que permitió la interacción con el fruto, resultando en la reducción de la pérdida de firmeza (Cortés Rodríguez et al., 2020). Esta afirmación se corrobora en otros estudios donde se ha observado diferentes recubrimientos a base de almidón de yuca con concentración de: 5% (p/v) en plátano Hartón (Márquez Cardozo et al., 2015), 3% (p/v) papaya (Praseptiangga et al., 2017) y 3,5% (p/p) en mora (Cortés Rodríguez et al., 2020). Por otra parte, el gel de Aloe vera ha dado resultados similares en una proporción de 25% (p/v) en: frutillas (Sogvar et al., 2016), duraznos (Hazrati et al., 2017) y papaya (Mendy et al., 2019). Puede afirmarse que el Aloe vera cumple un papel preventivo contra las

enzimas que degradan la pared celular; además, al perder menos agua gracias al RC, se mantiene la presión de turgencia de la pared celular, lo que resulta en una mejor calidad del fruto (Dhall, 2013).

### 3.1.2. Pérdida de peso

◆ *Resultados del almacenamiento al ambiente*

Como se muestra en la Tabla 7 los resultados de pérdida de peso expresados en porcentaje se presentan en tres grupos, por lo que este parámetro si presenta diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), siendo el tratamiento 5 el mejor de todos los tratamientos; pero, el control pertenece al mismo subconjunto. En la Figura 4 se observa como la pérdida de peso aumentó significativamente conforme pasaron los 9 días de análisis para cada tratamiento y el control; esta tendencia se mantuvo similar entre el tratamiento 5 de 4,88% a 18,46% y el control de 4,38% a 18,44%, hasta el día 7, en cambio, en el día 9 se visualiza una diferencia en la que el control presentó un valor superior de pérdida de peso (24,52%) al **tratamiento 5** (23,36%).

**Tabla 7**

*Prueba de Tukey para el porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento a 20°C*

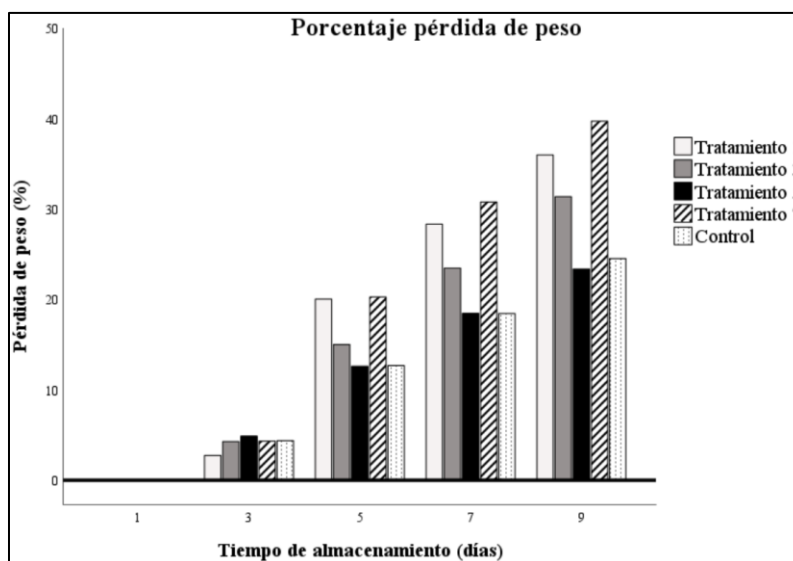
HSD Tukey Pérdida de peso (%)				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tratamiento 5	10	11,86		
Control	10	12,00		
Tratamiento 3	10		14,82	
Tratamiento 1	10			17,41
Tratamiento 7	10			19,01

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.



**Figura 4**

*Porcentaje de pérdida de peso en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 20°C*



El tratamiento 5 al tener un 2% (p/v) almidón de yuca y 35% (p/v) gel Aloe vera, contribuyó a la formación de barrera contra gases en comparación con los otros tratamientos. Lo cual fundamenta en que el gel de Aloe Vera posee propiedades higroscópicas que ayudan a la formación de una barrera entre la fruta y el ambiente, que previene las transferencias externas (Brishti et al., 2013), principalmente, actúa como barrera contra la pérdida de humedad, impidiendo la respiración normal de la fruta, reduciendo la deshidratación, dando como resultado menor pérdida de peso durante el almacenamiento (Mendy et al., 2019).

Algunos estudios demuestran esta teoría al presentar resultados similares, como en papaya con un recubrimiento 99% (p/v) gel Aloe vera, donde se reduce en mayor porcentaje el peso en la fruta sin tratamiento que la que tiene tratamiento (Brishti et al., 2013). También, en algunas frutas de hueso, donde la concentración de Aloe vera fue del 100%, la pérdida de peso en frutas sin recubrimiento fue mayor que en frutas con recubrimiento (Paladines et al., 2014).

#### ◆ *Resultados del almacenamiento en refrigeración*

La Tabla 8 muestra que los valores de la pérdida de peso expresados en porcentaje se dividen en dos grupos, presentando diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), donde los tratamientos 2 y 4 presentaron la menor pérdida de peso con 8,32% y 12,27%, respectivamente. Esto se

comprueba al observar la Figura 5, en donde el **tratamiento 2** obtuvo una tendencia de pérdida de peso más baja en comparación a los demás tratamientos y el control.

**Tabla 8**

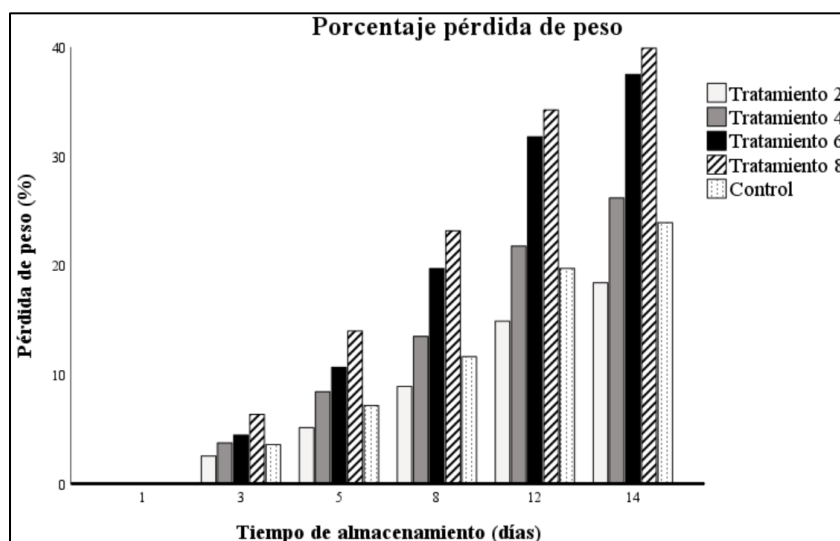
*Prueba de Tukey para el porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento a 4°C*

HSD Tukey Pérdida de peso (%)			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 2	12	8,32	
Control	12	11,01	
Tratamiento 4	12	12,27	
Tratamiento 6	12		17,36
Tratamiento 8	12		19,62

Nota. N es el tamaño de la muestra.

**Figura 5**

*Porcentaje de pérdida de peso en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 4°C*



La pérdida de peso de las frutas está relacionada principalmente por la respiración de la fruta, la velocidad de pérdida de agua y la temperatura de almacenamiento (Estrada Mesa et al., 2015); dentro de este concepto, el tratamiento 2, al tener 25% (%p/v) de gel Aloe vera, 2% (%p/v) de almidón de yuca y 1% (p/v) de glicerina, configuran un recubrimiento comestible capaz de formar una barrera de gases y mitigar la respiración normal de la fruta, además el almacenamiento a baja temperatura (4°C) contribuye a la conservación de la misma. Este resultado, va acorde al estudio realizado por Reales A et al. (2016) en donde se afirma que los tratamientos analizados

a base de almidón de yuca (3%), gel de Aloe vera (5%-15%-25%) y glicerol (1%) presentan baja permeabilidad del agua, mejorando las propiedades de barrera.

### 3.1.3. Sólidos solubles totales

#### ◆ Resultados del almacenamiento al ambiente

Como se muestra en la Tabla 9, los valores de SST expresados en °Brix no obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos durante los 9 días de análisis, por lo que se presentan en un solo grupo. Este parámetro mostró un aumento en todos los tratamientos; sin embargo, se mantuvieron relativamente estables los SST en el **tratamiento 3** (11,26 °Brix).

**Tabla 9**

*Prueba de Tukey para sólidos solubles totales durante el almacenamiento a 20°C*

HSD Tukey SST (°Brix)		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
Tratamiento 3	10	11,26
Tratamiento 1	10	11,94
Control	10	12,32
Tratamiento 5	10	12,36
Tratamiento 7	10	12,87

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

El incremento de SST se explica por la degradación hidrolítica de polisacáridos en azúcares simples que pueden ser utilizados como sustrato en reacciones metabólicas de respiración (Amaiz et al., 2019). En este caso, la aplicación del RC (T3 y T5) presentó un menor aumento de °Brix, lo que podría atribuirse a que se crea una barrera que ralentiza el proceso de respiración, por lo tanto la formación de azúcares es más lenta (Buelvas Caro et al., 2019). Este resultado concuerda con lo reportado por Achipiz et al. (2013), quienes estudiaron la guayaba almacenada a 19°C y 77,5 %HR con un RC a base de 20% (p/v) de Aloe vera y 2%, 3% y 4% de almidón de papa, encontrando una tendencia creciente de SST en todos los tratamientos y diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con el fruto sin recubrir.

#### ◆ Resultados del almacenamiento en refrigeración

La Tabla 10 indica que los valores de sólidos solubles totales expresados en °Brix se dividen en dos grupos, donde existe una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre el tratamiento 4 con un valor

de 11,31 °Brix y el tratamiento 6 con un valor de 12,66 °Brix, siendo el **tratamiento 4** el que presenta el menor valor.

**Tabla 10**

*Prueba de Tukey para sólidos solubles totales durante el almacenamiento a 4°C*

HSD Tukey SST (°Brix)			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Tratamiento 4	12	11,31	
Control	12	11,86	11,86
Tratamiento 2	12	12,29	12,29
Tratamiento 8	12	12,38	12,38
Tratamiento 6	12		12,66

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

El tratamiento 4 y el control muestran ligeras variaciones en los valores de SST a lo largo del tiempo de almacenamiento, el cual es un comportamiento similar al reportado por Vieira et al. (2016) en moras recubiertas con Aloe vera y quitosano, donde se observaron variaciones tanto en moras con tratamiento y sin tratamiento; este aspecto podría deberse a que el hongo que se desarrolla en el fruto consume azúcares, principalmente la glucosa. Además, el incremento de SST observado en este análisis, se puede atribuir a la pérdida de agua del fruto, aumentando la concentración de azúcares (Hazrati et al., 2017).

### 3.1.4. pH

#### ◆ *Resultados del almacenamiento al ambiente*

La Tabla 11 presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos por lo que se distribuyeron en tres grupos. El tratamiento que presentó el menor pH fue el 5, con un valor de 4,33. En la Figura 6 se muestra que el control tiene una tendencia ascendente y que al final de los días de análisis (día 9) obtuvo el valor de pH más alto, siendo este de 4,82. Por el contrario, el **tratamiento 5** mantiene relativamente estable el valor de pH a lo largo del análisis (4,20 a 4,49), alcanzando el valor más bajo en el día 9, en comparación con los otros tratamientos y el control.

**Tabla 11**

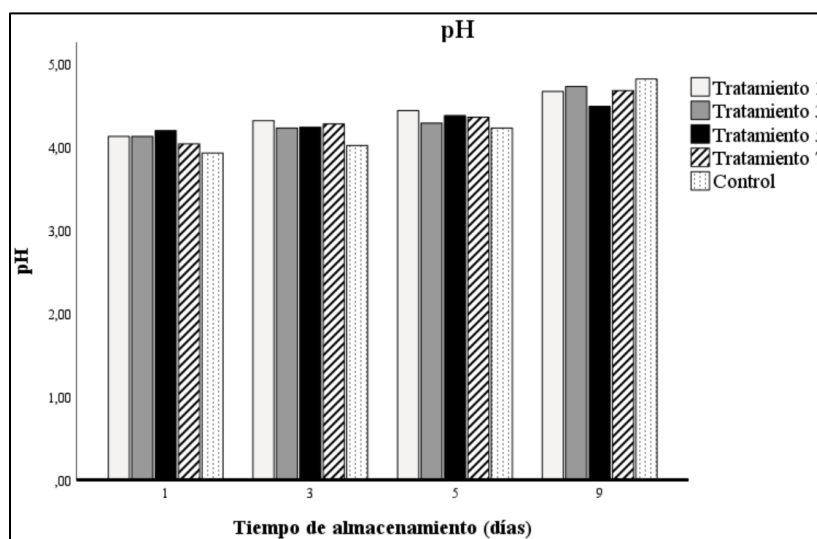
*Prueba de Tukey para el pH durante el almacenamiento a 20°C*

HSD Tukey pH				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Control	8	4,25		
Tratamiento 5	8		4,33	
Tratamiento 7	8		4,34	
Tratamiento 3	8		4,35	
Tratamiento 1	8			4,39

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

**Figura 6**

*pH en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 20°C*



El tratamiento 5, mantiene relativamente estable el valor de pH a lo largo del análisis, ya que al tener una concentración de gel de Aloe vera (35% p/v) aporta a la formación de una buena barrera de permeabilidad contra gases, permitiendo disminuir la respiración del durazno, retrasando la maduración. Esto se fundamenta en que gel Aloe vera disminuye la respiración normal de la fruta, lo que conlleva a la disminución de la producción de etileno y por ende disminuye la maduración, bajando la producción de ácidos afectando al pH (Cañizares et al., 2019). Este resultado concuerda con los estudios realizados por (Sogvar et al., 2016)) en donde se obtuvo que todos las fresas con recubrimiento tuvieron un aumento del pH, sin embargo, este valor se mantuvo menor al de las fresas sin recubrimiento.

◆ *Resultados del almacenamiento en refrigeración*

Como se muestra en la Tabla 12, los valores de pH se dividen en tres grupos, donde el control presenta diferencias significativas en comparación con los demás tratamientos. El tratamiento 6 presenta el menor valor de pH (4,21), sin embargo, no existen diferencias significativas con el tratamiento 2 y 4. Durante el proceso el **tratamiento 4** mostró una tendencia oscilante y el menor valor de pH (4,33) al final del análisis (día 14), mientras que el **tratamiento 2** es el que más estable mantiene su valor desde el día 1 hasta el 14 (4,06 a 4,44) (Figura 7).

**Tabla 12**

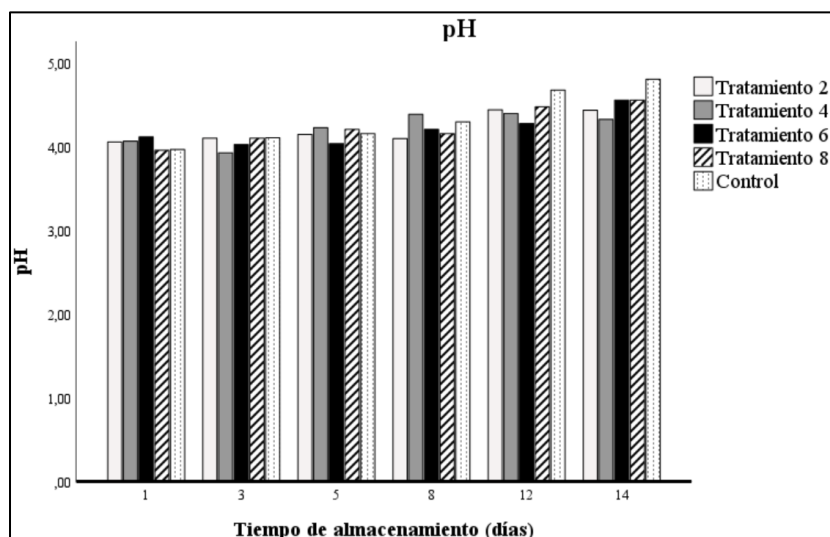
*Prueba de Tukey para el pH durante el almacenamiento a 4°C*

HSD Tukey pH				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tratamiento 6	12	4,21		
Tratamiento 2	12	4,22	4,22	
Tratamiento 4	12	4,23	4,23	
Tratamiento 8	12		4,25	
Control	12			4,34

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

**Figura 7**

*pH en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 4°C*



La oscilación presentada en la tendencia del tratamiento 4 puede acreditarse principalmente al origen de las áreas de muestreo de cada durazno. Además, el aumento del valor de pH en los

tratamientos se ve afectado por la senescencia progresiva de los duraznos (Buelvas Caro et al., 2019).

### 3.1.5. Acidez titulable

#### ◆ Resultados del almacenamiento al ambiente

Como se muestra en la Tabla 13, los valores de AT para los diferentes tratamientos obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), por lo que se distribuyeron en tres grupos, siendo el control el que tiene el valor más bajo de AT (0,61%) y el tratamiento 7 el valor más alto (0,76%). Durante el proceso, tanto el **tratamiento 1** como el **tratamiento 5** mantuvieron relativamente estable la AT hasta el día 5 de almacenamiento, con un valor inicial de 0,70% y uno final de 0,77%, en ambos casos, siendo un comportamiento óptimo para este parámetro, además mostraron valores promedios de 0,72% (Anexo D).

**Tabla 13**

*Prueba de Tukey para la acidez titulable durante el almacenamiento a 20°C*

HSD Tukey Acidez titulable (%)				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Control	8	,61		
Tratamiento 1	8		,72	
Tratamiento 5	8		,72	
Tratamiento 3	8		,724	
Tratamiento 7	8			,76

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

La rápida reducción de la AT de la muestra control puede deberse a los cambios metabólicos de la fruta ocasionados por la oxidación de los ácidos orgánicos presentes, que son sustratos en el proceso respiratorio (Villegas & Albarracín, 2016). Los tratamientos 1 y 5 pudieron mantener estable esta propiedad, probablemente debido a que el RC reduce el ingreso de oxígeno requerido para la respiración del fruto restringiendo el consumo de los ácidos orgánicos, principalmente el ácido cítrico presente en el durazno (García-Figueroa et al., 2019). Estos resultados están en concordancia con los obtenidos por Achipiz et al. (2013) en guayabas con RC a base de almidón y Aloe vera almacenadas a temperatura ambiente (19°C), donde se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y el control. Otro estudio que respalda los resultados obtenidos es el de Guillén et al. (2013), en el cual, durante el almacenamiento a

20°C de duraznos y ciruelas sin tratamiento, la AT mostró una rápida reducción, mientras que esta reducción fue significativamente más baja en los frutos recubiertos con Aloe vera.

A diferencia de los estudios citados, el incremento de la AT al final del almacenamiento (día 9) en todos los tratamientos analizados podría explicarse por la presencia de almidón en el RC, puesto que ocurre su degradación en azúcares reductores y su conversión en ácido pirúvico, lo cual incrementa la AT (Torres et al., 2013). Además, durante la maduración se produce una disminución de los polisacáridos de la pared celular, aumentando el contenido de ácido galacturónico, lo que produciría el mismo efecto mencionado (Parra, 2017).

◆ *Resultados del almacenamiento en refrigeración*

La Tabla 14 muestra que los valores de acidez titulable se presentan en el mismo subconjunto, por lo que no se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos; pero, durante el proceso, el **tratamiento 4** mantuvo la AT relativamente estable, con un valor inicial de 0,608% hasta un valor de 0,704% en el día 8, y un valor promedio a los 14 días de almacenamiento de 0,81% (Anexo E).

**Tabla 14**

*Prueba de Tukey para la acidez titulable durante el almacenamiento a 4°C*

HSD Tukey Acidez titulable (%)		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
Control	12	,72
Tratamiento 6	12	,77
Tratamiento 8	12	,79
Tratamiento 4	12	,81
Tratamiento 2	12	,81

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

El aumento de la AT al inicio y una posterior disminución al final del almacenamiento, es un comportamiento que también ha sido observado por Mendy et al. (2019) en la papaya recubierta con gel de Aloe vera (15%-25%-50%). Esta variación posiblemente ocurre porque el durazno, al ser un fruto climatérico, alcanza su madurez después de ser cosechado, almacenando ácidos orgánicos que se acumulan durante el desarrollo temprano del fruto hasta alcanzar un pico; luego, la AT disminuye debido al proceso de maduración del fruto, donde se usan los ácidos orgánicos como sustratos respiratorios (Cepeda M. et al., 2021; Pinzón-Sandoval et al., 2022).



Por otra parte, la relativa estabilidad en la AT que proporcionan los tratamientos 2 y 4 puede deberse a que el RC a base de gel de Aloe vera (25% en ambos casos) reduce la permeabilidad a los gases, provocando una modificación de la atmósfera interna con menor concentración de oxígeno, disminuyendo la tasa de respiración y por lo tanto evitando cambios en los parámetros de calidad del durazno (Paladines et al., 2014). En una investigación realizada por Hazrati et al. (2017) se estudiaron duraznos con y sin recubrimiento de gel de Aloe vera, donde se observó, en los frutos sin recubrimiento, una disminución de la AT más rápida y en mayor medida, situación que coincide con lo planteado en este análisis.

## 3.2. Análisis comparativo microbiológico

### 3.2.1. Análisis microbiológico en las soluciones del recubrimiento comestible

En este apartado se realizó un análisis microbiológico específicamente al recubrimiento comestible para verificar la presencia de mohos y levaduras, coliformes totales y fecales, además de una prueba de susceptibilidad microbiana.

**Tabla 15**

*Resultados microbiológicos de las soluciones de recubrimiento comestible*

Tratamiento/Formulación	Mohos y levaduras (UPC/g)	Coliformes totales y fecales (NMP/g)	Halo formado (mm)
T1-T2 / A1B1	$N_E < 1,0 \times 10^0$	Ausencia	2 <sup>a</sup> -11 <sup>b</sup>
T3-T4 / A1B2	$N_E < 1,0 \times 10^0$	Ausencia	5 <sup>a</sup> -14 <sup>b</sup>
T5-T6 / A2B1	$N_E < 1,0 \times 10^0$	Ausencia	7 <sup>a</sup> -13 <sup>b</sup>
T7-T8 / A2B2	$N_E < 1,0 \times 10^0$	Ausencia	0 <sup>a</sup> -10 <sup>b</sup>

*Nota.*  $N_E$  es el número estimado de colonias. <sup>a</sup>Resultado del almacenamiento a temperatura ambiente 20°C. <sup>b</sup>Resultado del almacenamiento a temperatura de refrigeración 4°C.

El conteo de mohos y levaduras resultante de la siembra a profundidad, expresados en la Tabla 15, muestran que en todos los tratamientos las colonias formadas no superan a 1 UPC/g, esto se atribuye a que, al pasteurizar la muestra durante el tiempo indicado y la temperatura adecuada, los tratamientos eliminan casi en su totalidad las posibles colonias de microorganismos que puedan afectar a las propiedades de los frutos.

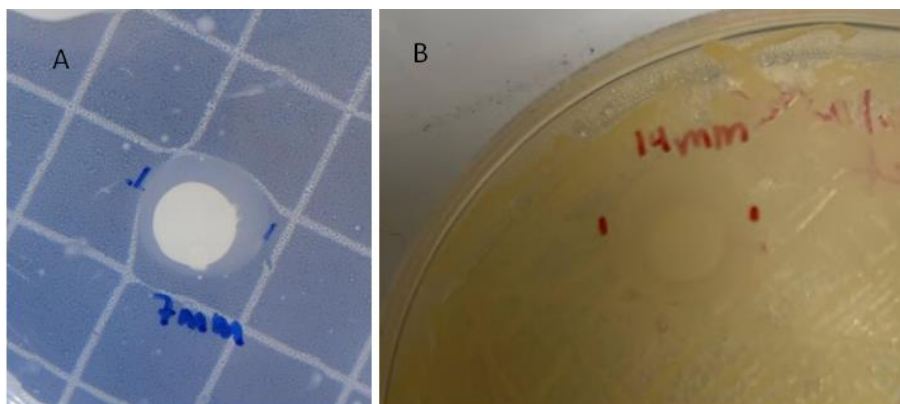
La determinación de coliformes totales y fecales mostró ausencia de los mismos (Tabla 15). Los resultados obtenidos están dentro del rango establecido de acuerdo a Moreno & Patiño (2010), donde el nivel de aceptación (m) es <3 NMP/g para alimentos. De esta manera se aseguró que

el recubrimiento esté libre de microorganismos patógenos que puedan ser transmitidos al durazno y alterar los resultados de los análisis.

La medición del halo formado alrededor de los discos sumergidos en los diferentes tratamientos (Tabla 15) indica la sensibilidad o resistencia de los microorganismos al tratamiento. A temperatura ambiente, con el tratamiento 5 se obtuvo una baja resistencia de la cepa microbiana presente en el durazno, mientras que este mismo efecto se obtuvo con el tratamiento 4 a temperatura de refrigeración. Estos resultados son de gran utilidad para la determinación del mejor tratamiento.

### Figura 8

*Halo formado por los tratamientos en la prueba de susceptibilidad microbiana*



*Nota.* A: formación de un halo de 7 mm del tratamiento 5. B: formación de un halo de 14 mm del tratamiento 4.

### 3.2.2. Recuento de mohos y levaduras en duraznos con tratamiento y sin tratamiento

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del recuento de mohos y levaduras de los duraznos con tratamiento y sin tratamiento almacenados a 20°C y 4°C.

#### ◆ *Resultados del almacenamiento al ambiente*

Como se muestra en la Tabla 16, existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre todos los tratamientos y el control, dividiendo a todos en 5 grupos, siendo el **tratamiento 5** el que obtuvo el menor valor medio ( $2,3975 \times 10^2$ ) expresado en UPC/g. Se observó que el recuento aumentó para todos los tratamientos durante el tiempo de almacenamiento, sin embargo, al final del

análisis, el control presentó el valor más alto de recuento ( $1,78 \times 10^3$ ) y el tratamiento 5 el más bajo ( $5,49 \times 10^2$ ) (Anexo F).

**Tabla 16**

*Prueba de Tukey para el recuento de mohos y levaduras durante el almacenamiento a 20°C*

		HSD Tukey Mohos y levaduras (UPC/g)				
Tratamiento	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
Tratamiento 5	8	2,40x10 <sup>2</sup>				
Tratamiento 3	8		2,98x10 <sup>2</sup>			
Tratamiento 1	8			3,13x10 <sup>2</sup>		
Tratamiento 7	8				5,28x10 <sup>2</sup>	
Control	8					7,75x10 <sup>2</sup>

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

Todos los tratamientos controlaron el desarrollo de mohos y levaduras después de 9 días de almacenamiento, pero en mayor medida el tratamiento 5, lo cual hace evidente que el RC tiene un efecto antifúngico, hecho que podría deberse a la presencia de quinonas y compuestos fenólicos en el Aloe vera, que crean una atmósfera modificada en el fruto y frena la tasa de crecimiento de los microorganismos (Vieira et al., 2016). Este resultado concuerda con el estudio realizado por Ortega-Toro et al. (2017), en donde se encontró que el Aloe vera incorporado en una matriz de almidón fue eficaz en el control del crecimiento de varios hongos, principalmente *Fusarium oxysporum*.

◆ *Resultados del almacenamiento en refrigeración*

Como se muestra en la Tabla 17, los valores del recuento de mohos y levaduras expresados en UPC/g se dividen en 3 subconjuntos, donde se observan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre el grupo del control con los tratamientos 4 y 6, con valores de  $5,19 \times 10^2$  y  $3,77 \times 10^2$ , respectivamente. Durante el proceso, se observó que a los 12 días de almacenamiento los **tratamientos 4 y 6** presentaron el menor recuento en comparación con los otros tratamientos y el control, con valores de  $9,72 \times 10^2$  y  $8,56 \times 10^2$ , respectivamente.

**Tabla 17**

*Prueba de Tukey para el recuento de mohos y levaduras durante el almacenamiento a 4°C*

HSD Tukey Mohos y levaduras (UPC/g)				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Tratamiento 6	10	3,77x10 <sup>2</sup>		
Tratamiento 4	10		5,19x10 <sup>2</sup>	
Tratamiento 8	10			5,75x10 <sup>2</sup>
Control	10			5,85x10 <sup>2</sup>
Tratamiento 2	10			6,11x10 <sup>2</sup>

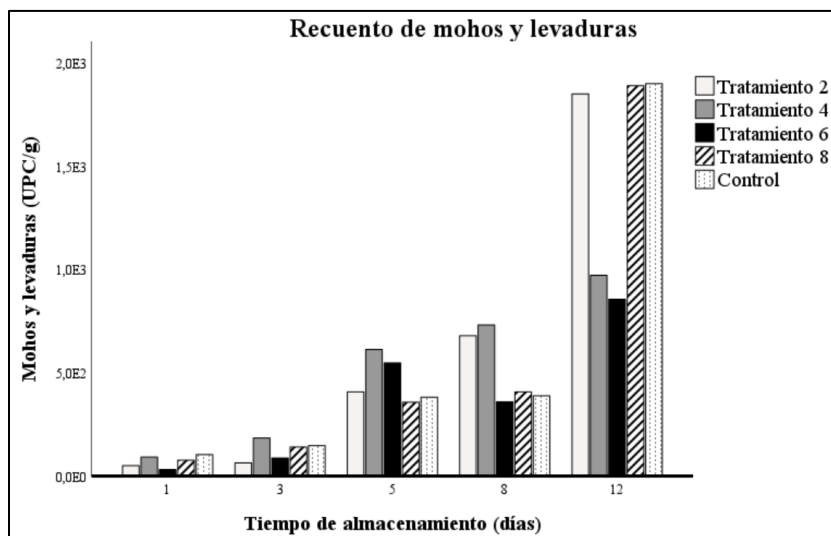
*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

En este caso, al igual que los tratamientos a temperatura ambiente, el efecto antifúngico del recubrimiento también se puede atribuir al Aloe vera. Algunas investigaciones han mostrado que el recuento de mohos y levaduras para algunas frutas recubiertas con Aloe vera y almacenadas a 4-5°C era menor que el control (sin recubrimiento), entre ellas se encuentra la fresa (Sogvar et al., 2016), mora (Vieira et al., 2016) y guayaba (García-Mera et al., 2017).

Debido a que no se encuentra disponible una normativa para duraznos frescos, se comparó los resultados con los obtenidos por Gonzales & Espinoza (2019) a los 15 días de almacenamiento, en donde el mayor valor fue de 9,50x10<sup>3</sup> UPC/g, tomando este valor como límite. En la Figura 8, se observa que los tratamientos 4 y 6 son los únicos que se encuentran por debajo de este valor hasta el día 12, por lo que aún serían aptos para el consumo. Pero al día 14, el valor de todos los tratamientos supera 9,50x10<sup>3</sup>, por lo que ya no se podrían comercializar para el consumo (datos no considerados para el análisis ANOVA), además la apariencia física de los frutos estaba deteriorada. También se hace evidente el efecto de la temperatura en la conservación de la fruta, tal como se ha podido constatar al comparar los resultados que fueron obtenidos a 20°C, donde en día 9 el control ya superó el límite microbiológico mientras que, en día 9 en el almacenamiento a 4°C todavía se encontraba por debajo del límite.

**Figura 9**

*Mohos y levaduras en duraznos con recubrimiento comestible y control durante el almacenamiento a 4°C*



**3.3. Selección del mejor tratamiento**

De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos, se obtuvo la siguiente tabla.

**Tabla 18**

Resultados del efecto de la aplicación del RC en duraznos

Parámetros analizados	Temperatura 20°C (ambiente)		Temperatura 4°C (refrigeración)	
	Mejor tratamiento	Hallazgo	Mejor tratamiento	Hallazgo
Firmeza	T5	Menor pérdida de la firmeza	T4	Menor pérdida de la firmeza
Pérdida de peso	T5	Menor porcentaje de pérdida de peso	T2	Menor porcentaje de pérdida de peso
Sólidos solubles totales	T3	Mantiene relativamente estable	T4	Menor incremento
pH	T5	Mantiene relativamente estable	T2 y T4	Mantiene relativamente estable

Acidez titulable	T1 y T5	Mantienen relativamente estable	T4	Mantiene relativamente estable
Recuento de mohos y levaduras	T5	Menor recuento	T4 y T6	Menor recuento

Al analizar los resultados presentados en la Tabla 18, para el almacenamiento al ambiente (20°C) se puede establecer el tratamiento 5 como el mejor en la conservación de la mayoría de las propiedades analizadas, a excepción de los SST, Además, la prueba de susceptibilidad microbiana mostró que el T5 formó el halo de inhibición de mayor diámetro, por lo que los microorganismos son sensibles a este tratamiento.

Por otro lado, para los resultados obtenidos en el almacenamiento a refrigeración (4°C), de acuerdo a la Tabla 18 el tratamiento 4 es el que mejor conserva el durazno a lo largo del análisis (14 días), ya que presenta mejores resultados en la mayoría de parámetros, a pesar de tener en los parámetros de pérdida de peso y pH el tratamiento 2 como el mejor, el tratamiento 4 no difiere significativamente del mismo, como lo expresado en los análisis respectivos. A esto se le añade que, en los resultados de susceptibilidad microbiana, el halo de inhibición formado por el tratamiento 4 es el de mayor diámetro (ver Tabla 16), lo que sugiere una mejor acción ante mohos y levaduras, por lo que este tratamiento resulta como el mejor.

### 3.4. Análisis sensorial

El ANOVA del análisis sensorial aplicado a los tratamientos resultantes como los mejores (T4 y T5) muestra que no existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos y el control para todos los parámetros sensoriales analizados, puesto que se encuentran en el mismo subconjunto. En los parámetros organolépticos de color, olor, sabor y textura, el tratamiento 4 y 5 y el control resultan como “buenos” según la escala hedónica aplicada para evaluar sensorialmente los duraznos, por lo que el consumidor acepta el producto, además de que el mismo no percibe una diferencia importante entre los duraznos con tratamiento aplicado y sin tratamiento, lo que deriva en que el recubrimiento no aportó ningún cambio organoléptico objetable, resultado que se busca al realizar el análisis sensorial (Anexo H).

**Tabla 19***Prueba de Tukey para el análisis sensorial*

HSD Tukey Análisis sensorial (escala hedónica)			
	Muestra	N	Subconjunto
			1
Color	T5	10	3,80
	Control	10	4,20
	T4	10	4,40
Olor	T4	10	3,90
	T5	10	4,00
	Control	10	4,10
Sabor	T4	10	4,00
	T5	10	4,00
	Control	10	4,10
Textura	T5	10	3,90
	Control	10	4,00
	T4	10	4,00

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

### 3.5. Análisis del costo beneficio

Para obtener el costo de los duraznos con recubrimiento se calculó los costos de producción en base a la materia prima, mano de obra, suministros y equipos e insumos complementarios en función de 100 duraznos (Tabla 20).

**Tabla 20***Costo de producción total y unitario en dólares por cada 100 duraznos con tratamiento*

Concepto	T4 (\$)	T5 (\$)
Materia prima	6,24	6,29
Mano de obra	12,07	12,07
Suministros	4,88	4,88
Equipos e insumos complementarios	0,04	0,04
Costo total	23,23	23,29
Costo unitario	0,2323	0,2329

La Tabla 21 muestra que el precio de venta final de un durazno con recubrimiento es de 0.27 centavos para los dos tratamientos. En mercados locales, el precio de venta para 5 duraznos (fruta fresca) es de 1 dólar, lo que equivale 0,20 centavos por durazno. Por lo tanto, el durazno que contiene el recubrimiento cuesta 7 centavos más, pero se conservan mejor sus atributos de

calidad, pudiendo ser almacenados por un mayor periodo de tiempo, aspecto que es beneficioso para los consumidores.

**Tabla 21**

*Precio de venta en dólares de un durazno con recubrimiento*

<b>Concepto</b>	<b>T4 (\$)</b>	<b>T5 (\$)</b>
Costo total	0,23	0,23
Margen de utilidad (10%)	0,023	0,023
Imprevistos (8%)	0,019	0,019
Precio de venta (\$)	0,27	0,27



#### 4. Conclusiones

Mediante la metodología aplicada se evaluaron los efectos del recubrimiento comestible sobre los duraznos y, a partir de ello, se logró determinar el tratamiento que tuvo los mejores resultados en cuanto a la conservación postcosecha.

Se obtuvieron ocho tratamientos a base de diferentes concentraciones de gel de Aloe vera, almidón de yuca y 1% de glicerol, considerando dos temperaturas de almacenamiento (20°C y 4°C), que aplicados sobre los duraznos mediante el método de inmersión permitieron evaluar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del recubrimiento comestible sobre la conservación en la etapa postcosecha.

Las propiedades de firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles, pH, acidez titulable, y recuento de mohos y levaduras fueron evaluadas durante 9 días en duraznos almacenados a 20°C y durante 14 días en duraznos almacenados a 4°C. Luego de esta evaluación se obtuvo que, para la temperatura ambiente y refrigeración, el tratamiento 5 (35% gel de Aloe vera, 2% almidón de yuca y 1% glicerol) y tratamiento 4 (25% gel de Aloe vera, 3% almidón de yuca y 1% glicerol), respectivamente, presentaron menor pérdida de la firmeza y de peso, mantuvieron relativamente estables los valores de sólidos solubles totales, pH y acidez titulable, debido a que la formación de barrera contra gases es mejor en estos tratamientos; también se obtuvo un menor recuento de mohos y levaduras debido al efecto antifúngico del Aloe vera. Adicionalmente, los tratamientos 4 y 5 cumplieron con los límites microbiológicos establecidos en las normativas correspondientes y las cepas microbianas presentaron susceptibilidad a los mismos. Por lo que estos tratamientos son los mejores para la conservación del durazno.

De acuerdo con la evaluación sensorial, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 4, 5 y control en cuanto a olor, color, sabor y textura, además se obtuvo una calificación de 4 para todos los parámetros que significa “bueno” de acuerdo a la escala hedónica; por lo tanto, la aplicación del recubrimiento comestible en los duraznos es imperceptible y aceptada por el consumidor.

En base a los costos de producción calculados, los tratamientos 4 y 5 tuvieron un precio unitario de 27 centavos, mientras que los duraznos sin recubrimiento tienen un valor de 20 centavos en mercados locales. A pesar de ser 7 centavos más en relación a un durazno sin recubrimiento, el

costo adicional se justifica con el beneficio que se obtiene al conservar sus propiedades por un mayor periodo de tiempo, por tanto, es una relación favorable para los consumidores.

## **5. Recomendaciones**

Verificar que la materia prima se obtenga de un mismo proveedor y sea del mismo lote para evitar variaciones durante los análisis.

Estudiar la efectividad de otros métodos de aplicación del recubrimiento comestible y su capacidad de adherencia, así como las propiedades mecánicas.

Analizar si los nutrientes propios del durazno se ven afectados por el recubrimiento comestible, o si existe un aporte de los mismos al durazno.

## Referencias

- Achipiz, S., Castillo, A., Mosquera, S., Hoyos, J., & Navia, D. (2013). EFECTO DE RECUBRIMIENTO A BASE DE ALMIDÓN SOBRE LA MADURACIÓN DE LA GUAYABA. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa11.pdf>
- Africano, K. L., & Almanza-Merchán, P. J. (2016). *Caracterización poscosecha del fruto de durazno [Prunus persica (L.) Batsch] cv. Dorado producido bajo condiciones de trópico alto*. 10(2), 9.
- Africano P., K. L., Almanza-Merchán, P. J., & Balaguera-López, H. E. (2015). Fisiología y bioquímica de la maduración del fruto de durazno [*Prunus persica* (L.) Batsch]. Una Revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 161. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3754>
- Aguirre-Joya, J. A., De Leon-Zapata, M. A., Alvarez-Perez, O. B., Torres-León, C., Nieto-Oropeza, D. E., Ventura-Sobrevilla, J. M., Aguilar, M. A., Ruelas-Chacón, X., Rojas, R., Ramos-Aguñaga, M. E., & Aguilar, C. N. (2018). Basic and Applied Concepts of Edible Packaging for Foods. En *Food Packaging and Preservation* (pp. 1-61). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811516-9.00001-4>
- Amaiz, S., Colivet, J., & Cañizares, A. (2019). *Efecto del recubrimiento comestible a base de almidón de yuca sobre los parámetros químicos y sensoriales de cascotes de guayaba*. 5(1).
- Andrade, R. D., Skurtys, O., & Osorio, F. A. (2012). Atomizing Spray Systems for Application of Edible Coatings. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(3), 323-337. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00186.x>
- Arahana, V., Arteaga, H., Tobar, J., Jaramillo, V., & Torres, L. (2012). Efecto de la temperatura, medios de cultivo y reguladores de crecimiento en la germinación de embriones cigóticos de durazno (*Prunus persica*) var. Diamante. *Avances*, 4(2).
- Arrieta Almario, Á. (2018). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Espacios*, 39(53), 15.
- Atieno, L., Owino, W., Ateka, E. M., & Ambuko, J. (2019). Influence of Coating Application Methods on the Postharvest Quality of Cassava. *International Journal of Food Science*, 2019, 1-16. <https://doi.org/10.1155/2019/2148914>
- Avramescu, S. M., Butean, C., Popa, C. V., Ortan, A., Moraru, I., & Temocico, G. (2020). Edible

- and Functionalized Films/Coatings—Performances and Perspectives. *Coatings*, 10(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/coatings10070687>
- Bassi, D., Mignani, I., Spinardi, A., & Tura, D. (2016). PEACH ( *Prunus persica* (L.) Batsch). En *Nutritional Composition of Fruit Cultivars* (pp. 535-571). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00023-4>
- Bernal Bustos, C. R., Guarnizo Sánchez, J. P. P., Guevara, A., Suarez, D., Lozano, N., & Castillo, S. (2017). Propiedades, modificaciones y usos de los almidones, con miras a la obtención de películas biodegradables. Artículo de revisión. *Revista de Investigación*, 10(2), 135-152. <https://doi.org/10.29097/2011-639X.87>
- Blancas-Benitez, F. J., Montaña-Leyva, B., Aguirre-Güitrón, L., Moreno-Hernández, C. L., Fonseca-Cantabrana, A., Romero-Islas, L. del C., & González-Estrada, R. R. (2022). Impact of edible coatings on quality of fruits: A review. *Food Control*, 109063. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109063>
- Bonilla Bonilla, M. J., & Jiménez Herrera, L. G. (2016a). Potencial industrial del Aloe vera. *Revista Cubana de Farmacia*, 50(1), 139-150.
- Bonilla Bonilla, M. J., & Jiménez Herrera, L. G. (2016b). Potencial industrial del Aloe vera. *Revista Cubana de Farmacia*, 50(1), 139-150.
- Brishti, F. H., Misir, J., & Sarker, A. (2013). Effect of Biopreservatives on Storage Life of Papaya (*Carica papaya* L.). *International Journal of Food Studies*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.7455/ijfs/2.1.2013.a10>
- Buelvas Caro, S. D., Polo Corrales, L., & Hernandez Ramos, E. J. (2019). Evaluation of the conservation of pineapple “honey gold” minimally processed through the application of edible coatings based on aloe vera-cassava starch. *Respuestas*, 24(3), 84-91. <https://doi.org/10.22463/0122820X.1840>
- Cahuaya, Y. (2021). *EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA FRUTILLA (Fragaria sp.) EN ESTADO DE POST-COSECHA CON DIFERENTES NIVELES DE RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE PROTEÍNA* [Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/27752/T-2966.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cancino, S. E., Cancino Escalante, G. O., & Quevedo Garcia, E. (2018). Modelo explicativo de la rentabilidad económica del cultivo de durazno en la provincia de Pamplona, Colombia. *ECONÓMICAS CUC*, 39(2), 63-76. <https://doi.org/10.17981/econcuc.39.2.2018.04>
- Cañizares, adolfo E., Mota, S. J. A., & Colivet, J. (2019). EFECTO DE RECUBRIMIENTO

- COMESTIBLE A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA SOBRE LOS PARAMETROS QUIMICOS Y SENSORIALES DE CASCOS DE GUAYABA. *Cumbres*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.48190/cumbres.v5n1a10>
- Carrillo, E., & Lozano, A. (2008). *Validación del método de detección de coliformes totales y fecales en agua potable utilizando agar Chromocult* [Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8205/tesis203.pdf?sequence=1&isAllowed>
- Cepeda M., A., Vélez-Sánchez, J. E., & Balaguera-López, H. E. (2021). Analysis of growth and physicochemical changes in apple cv. Anna in a high-altitude tropical climate. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 15(2), e12508. <https://doi.org/10.17584/rcch.2021v15i2.12508>
- Chisenga, S. M., Workneh, T. S., Bultosa, G., & Alimi, B. A. (2019). Progress in research and applications of cassava flour and starch: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6), 2799-2813. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03814-6>
- Chiumarelli, M., & Hubinger, M. D. (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/10.1016/j.foodhyd.2013.11.013>
- Cordero-Bueso, G. A., Malegori, C., Grassi, S., Arroyo, T., Esteve-Zarzoso, B., Heredia, F. J., Cantoral, J., Alonso Villegas, R., Arbolea, J.-C., Lázaro, A., Escribano, S., Rodríguez-Herrera, A., García, M., Ruiz, R., & Fregapane, G. (2017). *Análisis Sensorial de los Alimentos*.
- Cortés Rodríguez, M., Villegas Yépez, C., Gil González, J. H., & Ortega-Toro, R. (2020). Effect of a multifunctional edible coating based on cassava starch on the shelf life of Andean blackberry. *Heliyon*, 6(5), e03974. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03974>
- D'Ambrosio, C., Arena, S., Rocco, M., Verrillo, F., Novi, G., Viscosi, V., Marra, M., & Scaloni, A. (2013). Proteomic analysis of apricot fruit during ripening. *Journal of Proteomics*, 78, 39-57. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.11.008>
- Dhall, R. K. (2013). Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435-450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
- Díaz, L., Reales, J., & Torres, C. (2017). Measurement of the transmittance of edible films of aloe vera (*barbadensis miller*) and cassava starch using optical fibers trifurcated. *Journal of Physics: Conference Series*, 792, 012023. <https://doi.org/10.1088/1742->

6596/792/1/012023

- Estrada Mesa, E. M., Padilla Reyes, F., & Márquez Cardozo, C. J. M. (2015). Efecto de recubrimientos protectores sobre la calidad del mango (*Mangifera indica* L.) en poscosecha. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18(1), Article 1. <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n1.2015.468>
- Fajardo, D., & Sangacha, E. (2020). *Análisis del impacto de las pérdidas de frutas y vegetales en términos biofísicos: Caso de estudio mercado mayorista de la ciudad de Quito* [Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20671>
- FAO. (2016). *Pérdidas y Desperdicios de Alimentos en América Latina y el Caribe*. FOOD & AGRICULTURE ORG. <https://www.fao.org/3/I5504S/i5504s.pdf>
- FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y desperdicio de alimentos*. FOOD & AGRICULTURE ORG. <https://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf>
- Feippe, A. (2014). VIII. FISIOLÓGÍA Y TECNOLOGÍA DE LA COSECHA Y LA POSTCOSECHA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8751/1/bd-108-p.217-254.pdf>
- Fernández Valdés, D., Bautista Baños, S., Fernández Valdés, D., Ocampo Ramírez, A., García Pereira, A., & Falcón Rodríguez, A. (2015). Películas y recubrimientos comestibles: Una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(3), 52-57.
- Firdous, N., Moradinezhad, F., Farooq, F., & Dorostkar, M. (2023). Advances in formulation, functionality, and application of edible coatings on fresh produce and fresh-cut products: A review. *Food Chemistry*, 407, 135186. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135186>
- Franco Quino, C., Muñoz Espinoza, D., Gómez Herreros, C., Chau Miranda, G., Cueva Piña, L., Ortiz, E. G., Yucra, S. S., Acebedo, J. L. A., & Calderón, O. H. (2016). Características fitoquímicas y capacidad antioxidante in vitro de Aloe vera, *Plukenetia volubilis*, *Caiophora carduifolia*, *Cecropia membranacea*. *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(1), 9-13.
- Fruk, G., Cmelik, Z., Jemric, T., Hribar, J., & Vidrih, R. (2014). Pectin role in woolliness development in peaches and nectarines: A review. *Scientia Horticulturae*, 180, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.09.042>
- García-Figueroa, A., Ayala-Aponte, A., & Sánchez-Tamayo, M. I. (2019). *Efecto de recubrimientos comestibles de Aloe vera y alginato de sodio sobre la calidad poscosecha de fresa* *Effect of Aloe vera and sodium alginate edible coatings on postharvest quality of strawberry*. 8.

- García-Mera, G. A., Salas-Macías, C. A., & Canales-Torres, H. G. (2017). Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de Psidium guajava. *Revista científica*, 3(30), 224. <https://doi.org/10.14483/23448350.11790>
- Gonzales, K., & Espinoza, M. (2019). "EVALUACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE DE ALOE VERA (*Aloe barbadensis* Miller) EN LA CONSERVACIÓN DE DURAZNO (*Prunus pérsica*) MÍNIMAMENTE PROCESADO [Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/5008/TAI00140G68.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Guillén, F., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Valero, D., Serrano, M., Castillo, S., & Martínez-Romero, D. (2013). Aloe arborescens and Aloe vera gels as coatings in delaying postharvest ripening in peach and plum fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 83, 54-57. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.03.011>
- Gutiérrez-López, G. F., Calderón-Domínguez, G., Welti-Chanes, J. S., Chanona-Pérez, J. J., Alvarado-González, J. S., Arzate-Vázquez, I., Domínguez-Fernández, R. N., & Garibay-Febles, V. (2012). EL GEL DE Aloe vera: ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN QUÍMICA, PROCESAMIENTO, ACTIVIDAD BIOLÓGICA E IMPORTANCIA EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y ALIMENTARIA. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 23-43.
- Han, J. H. (2014). Edible Films and Coatings. En *Innovations in Food Packaging* (pp. 213-255). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394601-0.00009-6>
- Hasan, M. U., Riaz, R., Malik, A. U., Khan, A. S., Anwar, R., Rehman, R. N. U., & Ali, S. (2021). Potential of *Aloe vera* gel coating for storage life extension and quality conservation of fruits and vegetables: An overview. *Journal of Food Biochemistry*, 45(4). <https://doi.org/10.1111/jfbc.13640>
- Hazrati, S., Beyraghdar Kashkooli, A., Habibzadeh, F., Tahmasebi-Sarvestani, Z., & Sadeghi, A. R. (2017). Evaluation of Aloe vera Gel as an Alternative Edible Coating for Peach Fruits During Cold Storage Period. *Gesunde Pflanzen*, 69(3), 131-137. <https://doi.org/10.1007/s10343-017-0397-5>
- Holguín Lozano, K. X., & Vásquez Nieto, R. R. (2015). *Plan de exportación de pencas de sábila hacia el mercado de Estados Unidos* [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9037>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS



- ALIMENTOS. TOMA, ENVÍO Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO. (NTE INEN 1529-2:2013)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE MICROORGANISMOS COLIFORMES POR LA TÉCNICA DE RECuento DE COLONIAS (NTE INEN 1529-7:2013)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. MOHOS Y LEVADURAS VIABLES. RECuentOS EN PLACA POR SIEMBRA EN PROFUNDIDAD (NTE INEN 1529-10:2013)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). PRODUCTOS VEGETALES Y DE FRUTAS – DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE (IDT) (NTE INEN-ISO 750:2013).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). PRODUCTOS VEGETALES Y DE FRUTAS – DETERMINACIÓN DE pH (IDT) (NTE INEN-ISO 1842:2013).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). PRODUCTOS VEGETALES Y DE FRUTAS- DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES –MÉTODO REFRACTOMÉTRICO (IDT) (NTE INEN-ISO 2173:2013)
- Kumar, L., Ramakanth, D., Akhila, ., & Gaikwad, K. (2021). Edible films and coatings for food packaging applications: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 26. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01339-z>
- Lafuente Aranda, G. (2017). *Glicerol: Síntesis y aplicaciones*. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente>
- Maan, A. A., Reiad Ahmed, Z. F., Iqbal Khan, M. K., Riaz, A., & Nazir, A. (2021). Aloe vera gel, an excellent base material for edible films and coatings. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 329-341. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.07.035>
- Maringgal, B., Hashim, N., Mohamed Amin Tawakkal, I. S., & Muda Mohamed, M. T. (2020). Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.024>
- Márquez Cardozo, C. J., Palacín Beltrán, J. R., & Fuentes Berrio, L. (2015). Effect of cassava-starch coatings with ascorbic acid and N-acetylcysteine on the quality of hanton plantain (*Musa paradisiaca*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(2), 7689-7701. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n2.50985>
- Mena, E. (2022). *Evaluación de la eficiencia de tres dosificaciones de biol enriquecido en el frutal durazno (Prunus persica), establecido como cerca viva, CEASA-UTC, provincia de Cotopaxi, 2022. [Universidad Técnica de Cotopaxi].*

- <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9469/1/PC-002416.pdf>
- Mendy, T. K., Misran, A., Mahmud, T. M. M., & Ismail, S. I. (2019). Application of Aloe vera coating delays ripening and extend the shelf life of papaya fruit. *Scientia Horticulturae*, 246, 769-776. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.054>
- Mohamad Yazid, N. S., Abdullah, N., Muhammad, N., & Matias-Peralta, H. M. (2018). Application of Starch and Starch-Based Products in Food Industry. *Journal of Science and Technology*, 10(2). <https://doi.org/10.30880/jst.2018.10.02.023>
- Mohamed, S. A. A., El-Sakhawy, M., & El-Sakhawy, M. A.-M. (2020). Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review. *Carbohydrate Polymers*, 238, 116178. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116178>
- Mohd Nizam, N. H., Mohammad Rawi, N. F., Mhd Ramle, S. F., Abd Aziz, A., Abdullah, C. K., Rashedi, A., & Mohamad Kassim, M. H. (2021). Physical, thermal, mechanical, antimicrobial and physicochemical properties of starch based film containing aloe vera: A review. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 1572-1589. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.08.138>
- Moreno, H., & Patiño, N. (2010). *Elaboración de un recubrimiento comestible antimicrobial y antioxidante a partir de aceite de orégano (origanum vulgare) aplicado a la ensalada primavera minimamente procesada de la empresa Defrescura*. Universidad de La Salla.
- Noreña Noya, M. A. (2019). *Elaboración de un recubrimiento comestible a partir de la goma de tara (Caesalpinia Spinosa) y su efecto en la conservación pos cosecha del durazno (Prunus Persica)*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5971>
- Ortega-Toro, R., Collazo-Bigliardi, S., Roselló, J., Santamarina, P., & Chiralt, A. (2017). Antifungal starch-based edible films containing Aloe vera. *Food Hydrocolloids*, 72, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.05.023>
- Oyom, W., Zhang, Z., Bi, Y., & Tahergorabi, R. (2022). Application of starch-based coatings incorporated with antimicrobial agents for preservation of fruits and vegetables: A review. *Progress in Organic Coatings*, 166, 106800. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106800>
- Paladines, D., Valero, D., Valverde, J. M., Díaz-Mula, H., Serrano, M., & Martínez-Romero, D. (2014). The addition of rosehip oil improves the beneficial effect of Aloe vera gel on delaying ripening and maintaining postharvest quality of several stonefruit. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 23-28. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.014>

- Parra, R. (2017). *Modificaciones de la pared celular durante el proceso de abscisión del fruto maduro en Olea europaea L.* [Tesis Doctoral]. Universidad de Extremadura.
- Pilapaña, G. (2013). *RENTABILIDAD DE AGUACATE, DURAZNO, MORA Y TOMATE DE ÁRBOL EN CARCHI, IMBABURA Y TUNGURAHUA.* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2063/1/T-UCE-0004-47.pdf>
- Pinzón-Sandoval, E. H., Balaguera-Lopez, H. E., & Becerra-Gonzalez, M. E. (2022). Phenological and physicochemical changes during fruit development in two peach cultivars in the high tropics. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.1942>
- Porres, N., & Ruiz, E. (2018). *Microbiología clínica.* Ediciones Paraninfo, S.A.
- Praseptiangga, D., Utami, R., Khasanah, L., Evirananda, I., & Kawiji. (2017). Effect of cassava starch-based edible coating incorporated with lemongrass essential oil on the quality of papaya MJ9. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 176, 012054. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/176/1/012054>
- Quiñonez Estacio, E. P. (2019). *Estudio de conservación y morfología de siete cultivares de durazno (Prunus persica) para determinar su vida útil por medio de la determinación de parámetros fisicoquímicos en la ciudad de Quito* [MasterThesis, Quito: UCE]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18024>
- Ramírez, J., Parra, J., & Alvarez-Aldana, A. (2017). *Análisis de técnicas de recuento de Microorganismos.* Universidad Libre. [https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/mente\\_joven/article/view/3665](https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/mente_joven/article/view/3665)
- Reales A, J. G., Lara O, J. G., & Díaz C, L. F. (2016). *EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE PELÍCULAS COMESTIBLES DE GEL DE ALOE VERA Y ALMIDÓN DE YUCA/EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF EDIBLE FILMS FROM GEL ALOE VERA AND CASSAVA STARCH - ProQuest.* <https://www.proquest.com/openview/c2cb0b4cae44a460ee84da176e2b5ac2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>
- Reyes, A. (2020). *ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE TÉCNICAS DE RECUESTO EN PLACA TRADICIONAL Y PLACAS 3M™ PETRIFILM™ PARA LA ENUMERACIÓN DE MOHOS Y LEVADURAS EN MATRICES ALIMENTARIAS* [Universidad de Pamplona]. [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3268/1/Reyes\\_2020\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/3268/1/Reyes_2020_TG.pdf)
- Riva, S. C., Opara, U. O., & Fawole, O. A. (2020). Recent developments on postharvest

- application of edible coatings on stone fruit: A review. *Scientia Horticulturae*, 262, 109074. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109074>
- Sapper, M., & Chiralt, A. (2018). Starch-Based Coatings for Preservation of Fruits and Vegetables. *Coatings*, 8(5), 152. <https://doi.org/10.3390/coatings8050152>
- Servicios Antimicrobianos. (s. f.). *Método para la Determinación de Sensibilidad Microbiana por Difusión*. INEI-ANLIS «Dr. Carlos G. Malbrán». [http://antimicrobianos.com.ar/ATB/wp-content/uploads/2012/11/02-METODO\\_DE\\_DETERMINACION\\_DE\\_SENSIBILIDAD\\_ANTIMICROBIANA\\_POR\\_DIFUSION\\_2012.pdf](http://antimicrobianos.com.ar/ATB/wp-content/uploads/2012/11/02-METODO_DE_DETERMINACION_DE_SENSIBILIDAD_ANTIMICROBIANA_POR_DIFUSION_2012.pdf)
- Singh, D., Sharma, R. R., Devappa, V., & Kamil, D. (Eds.). (2021). *Postharvest handling and diseases of horticultural produce* (First edition). CRC Press.
- Singh, G. P., Bangar, S. P., Yang, T., Trif, M., Kumar, V., & Kumar, D. (2022). Effect on the Properties of Edible Starch-Based Films by the Incorporation of Additives: A Review. *Polymers*, 14(10), 1987. <https://doi.org/10.3390/polym14101987>
- Snyder, A. B., & Worobo, R. W. (2018). Fungal Spoilage in Food Processing. *Journal of Food Protection*, 81(6), 1035-1040. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-031>
- Sogvar, O. B., Koushesh Saba, M., & Emamifar, A. (2016). Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 114, 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.019>
- Solano-Doblado, L. G., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Sondari, D., Aspiyanto, Amanda, A. S., Triwulandari, E., Ghozali, M., Septiyanti, M., & Iltizam, I. (2018). *Characterization edible coating made from native and modification cassava starch*. 030013. <https://doi.org/10.1063/1.5082514>
- Suhag, R., Kumar, N., Petkoska, A. T., & Upadhyay, A. (2020). Film formation and deposition methods of edible coating on food products: A review. *Food Research International*, 136, 109582. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109582>
- Sun, X., Wang, J., Dong, M., Zhang, H., Li, L., & Wang, L. (2022). Food spoilage, bioactive food fresh-keeping films and functional edible coatings: Research status, existing problems and development trend. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 122-132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.004>
- Thakur, R., Pristijono, P., Scarlett, C. J., Bowyer, M., Singh, S. P., & Vuong, Q. V. (2019). Starch-

- based films: Major factors affecting their properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, 1079-1089. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.190>
- Toalombo Gallo, O. F. (2014). *ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE EL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DE LA MORA DE CASTILLA (Rubus glaucus)* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8447/1/AL%20547.pdf>
- Torres, R., Montes, E. J., Pérez, O. A., & Andrade, R. D. (2013). Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales. *Información Tecnológica*, 24(3), 51-56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007>
- Tufan, E. G., Borazan, A. A., & Koçkar, Ö. M. (2021). A Review on Edible Film and Coating Applications for Fresh and Dried Fruits and Vegetables. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.996827>
- Utami, R., Nurhartadi, E., Putra, A. Y. T., & Setiawan, A. (2014). *The effect of cassava starch-based edible coating enriched with Kaempferia rotunda and Curcuma xanthorrhiza essential oil on refrigerated patin*. 1(21), 7.
- Valencia-Chamorro, S., & Torres-Morales, J. (2016). *RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES APLICADOS EN PRODUCTOS DE IV Y V GAMMA*. 17, 14.
- Vásquez, S., O'Neill, S., & Legnani, M. (2013). *IMPORTANCIA DE LOS COLIFORMES EN LOS ALIMENTOS*. [https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/importancia\\_de\\_los\\_coliformes\\_en\\_los\\_alimentos.pdf](https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/importancia_de_los_coliformes_en_los_alimentos.pdf)
- Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V. D., & Moldão-Martins, M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. *LWT - Food Science and Technology*, 52(2), 80-92. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.004>
- Vieira, J. M., Flores-López, M. L., de Rodríguez, D. J., Sousa, M. C., Vicente, A. A., & Martins, J. T. (2016). Effect of chitosan– Aloe vera coating on postharvest quality of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 116, 88-97. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.01.011>
- Villegas, C., & Albarracín, W. (2016). APLICACIÓN Y EFECTO DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE SOBRE LA VIDA ÚTIL DE LA MORA DE CASTILLA (RUBUS GLAUCUS BENTH). *Revista Vitae*, 23(1), 202-209. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v23n3a06>
- Vinueza, S. (2021). *PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE DURAZNO (Prunus pérsica L.)*

VARIEDAD DIAMANTE, EN LA PROVINCIA DE IMBABURA [Universidad Técnica del Norte].

[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11236/2/03%20AGN%20083%20TRA  
BAJO%20GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11236/2/03%20AGN%20083%20TRA%20BAJO%20GRADO.pdf)

Zevallos Marchan, C. A. (2017). Formulación y aplicación de un recubrimiento a base de Quitosano y gel de sábila (Aloe vera) para el tratamiento Postcosecha del limón sutil. *Universidad Nacional de Tumbes*.

<https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/354>

Zhao, P., Ndayambaje, J. P., Liu, X., & Xia, X. (2022). Microbial Spoilage of Fruits: A Review on Causes and Prevention Methods. *Food Reviews International*, 38(sup1), 225-246. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1858859>

Zhu, F. (2015). Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, 122, 456-480. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.10.063>

## Anexos

### Anexo A. Elaboración y aplicación del recubrimiento comestible



A1. Preparación de las soluciones del RC



A2. Inmersión de los duraznos en el RC

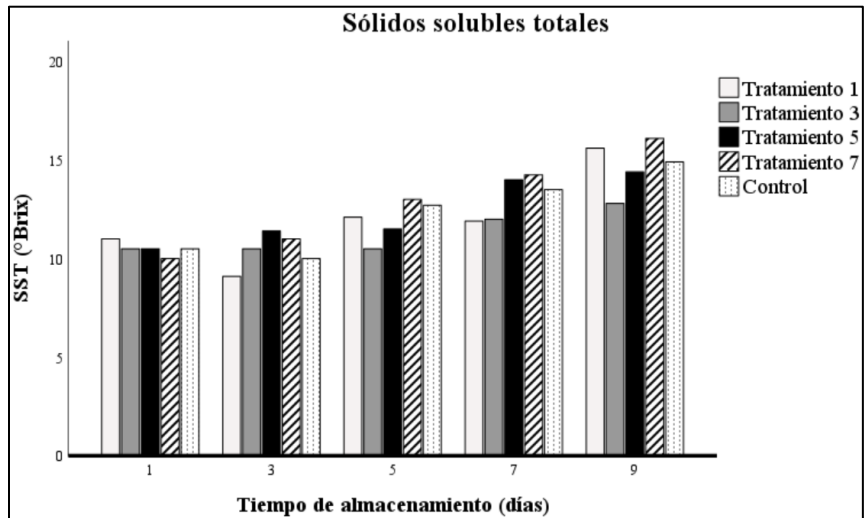


A3. Almacenamiento a 20°C

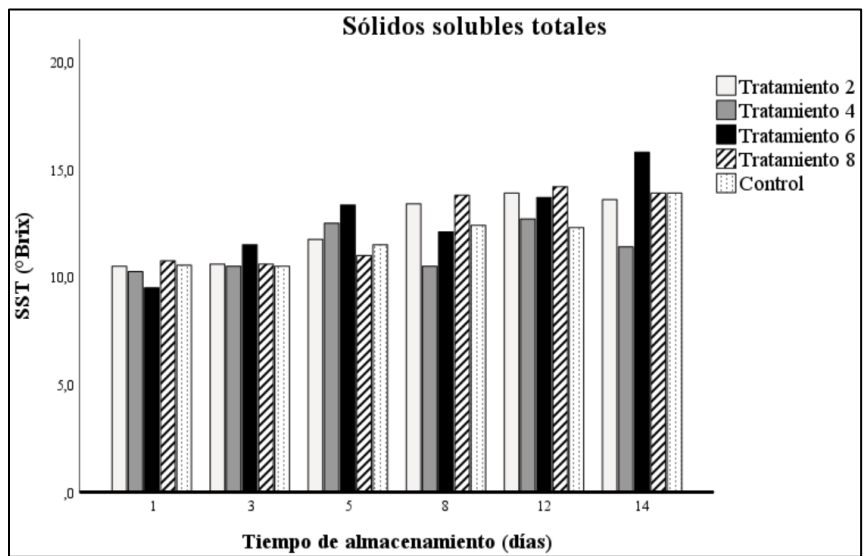


A4. Almacenamiento a 4°C

Anexo B. Resultados de SST a 20°C

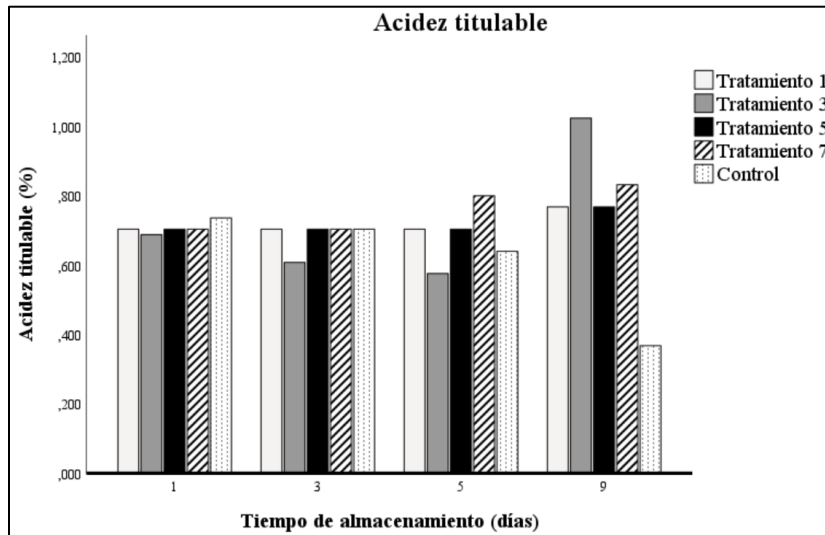


Anexo C. Resultados de SST a 4°C

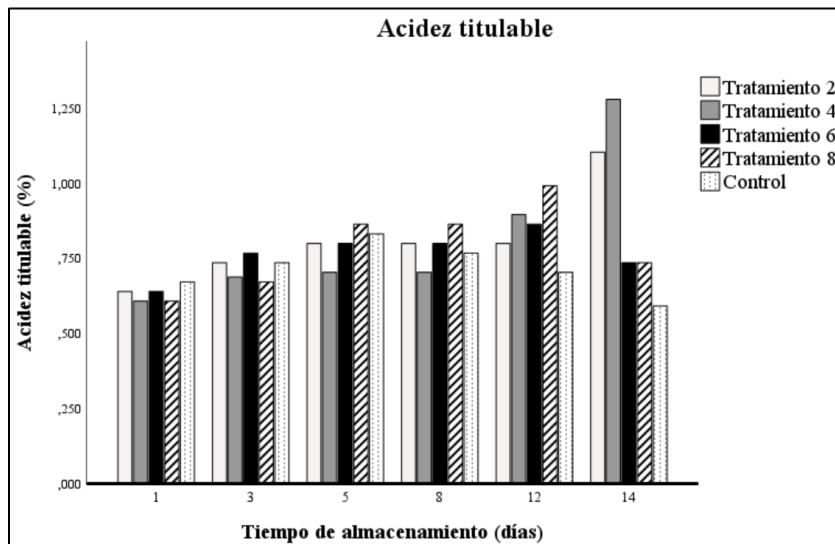




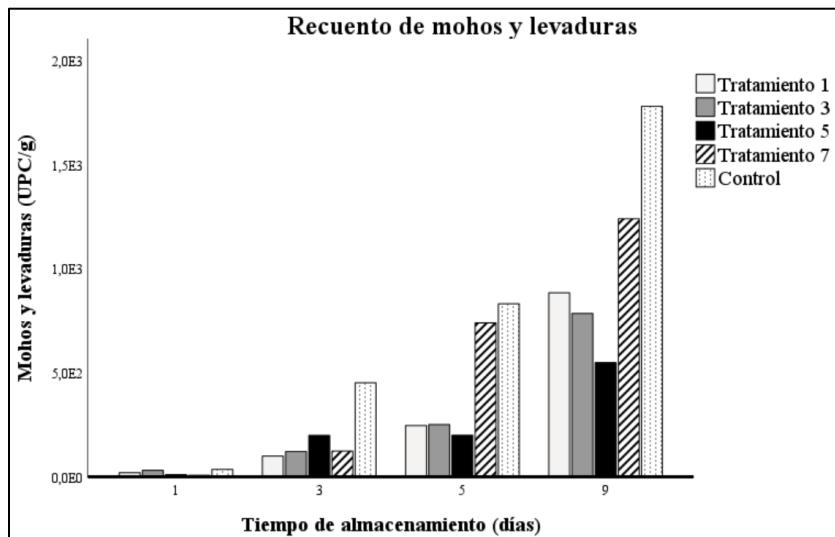
Anexo D. Resultados de AT a 20°C



Anexo E. Resultados de AT a 4°C.



Anexo F. Resultado del recuento de mohos y levaduras a 20°C.



Anexo G. Cuestionario del análisis sensorial

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO  
 Análisis Organoléptico

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: 28/02/2023  
 Hora: 10h00

Frente a usted hay tres muestras codificadas de duraznos, las cuales debe probar una a la vez y marcar con una X en cada atributo de acuerdo a su juicio en cada muestra.

Evalúe cuidadosamente los atributos indicados.

ATRIBUTO		MUESTRA		
		A	B	C
COLOR	1: inaceptable			
	2: malo			
	3: ni bueno, ni malo			
	4: bueno			
	5: muy bueno			
OLOR	1: inaceptable			
	2: malo			
	3: ni bueno, ni malo			
	4: bueno			
	5: muy bueno			
SABOR	1: inaceptable			
	2: malo			
	3: ni bueno, ni malo			
	4: bueno			
	5: muy bueno			
TEXTURA	1: inaceptable			
	2: malo			
	3: ni bueno, ni malo			
	4: bueno			
	5: muy bueno			

## Anexo H. Resultados de las encuestas sensoriales aplicadas

Parámetro	Muestra	N	Media
Color	T5	10	3,80
	Control	10	4,20
	T4	10	4,40
Olor	T5	10	4,00
	Control	10	4,10
	T4	10	3,90
Sabor	T5	10	4,00
	Control	10	4,00
	T4	10	4,10
Textura	T5	10	4,00
	Control	10	4,00
	T4	10	3,90

*Nota.* N es el tamaño de la muestra.

## Anexo I. Costos de producción

### MATERIA PRIMA

Tratamiento 4				
Materiales	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Durazno	Unidades	100	0,06	6,00
Almidón	Gramos	3	0,00416	0,01
Gel de Aloe vera	Gramos	25	0,00656	0,16
Glicerina	Gramos	1	0,0125	0,01
Agua destilada	Gramos	71	0,00062	0,04
Cloro comercial	Mililitros	4	0,00109	0,004
<b>TOTAL</b>				<b>6,24</b>

Tratamiento 5				
Materiales	Unidad	Cantidad	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Durazno	Unidades	100	0,06	6,00

Almidón	Gramos	2	0,00416	0,01
Gel de Aloe vera	Gramos	35	0,00656	0,23
Glicerina	Gramos	1	0,0125	0,01
Agua destilada	Gramos	62	0,00062	0,04
Cloro comercial	Mililitros	4	0,00109	0,004
<b>TOTAL</b>				<b>6,29</b>

### MANO DE OBRA

Personal	Sueldo (\$)	Horas laboradas	Costo día (\$)	Costo/ hora (\$)	Total (\$)
1	425,00	5	19,32	2,41	12,07

### CONSUMO DE ENERGÍA

	Unidades	Consumo (kw/h)	horas/día	Costo kw/día (\$)
Balanza	1	2,5	0,5	0,10
Placa calefactora	1	3	1	0,24
<b>TOTAL</b>				<b>0,34</b>

### CONSUMO DE AGUA

	Unidades	Consumo (m3/h)	h/día	Costo m3/día (\$)
Lavado+Desinfectado	m3	0,3	1	4,54

### EQUIPOS Y MATERIALES

Equipos y materiales	Costo (\$)	Vida útil (años)	Depreciación anual (\$)	Costo hora (\$)	Horas utilizadas	Total (\$)
Balanza	59	10	5,9	0,00295	0,5	0,001475
Placa calefactora	100	10	10	0,005	1	0,005
Termómetro	35	10	3,5	0,00175	1	0,00175
Insumos complementarios	90	5	18,00	0,009	4	0,036
<b>TOTAL</b>						<b>0,04</b>

## Anexo J. Evidencia fotográfica del procedimiento experimental



J1. Cosecha de duraznos



J2. Lavado y desinfectado de duraznos



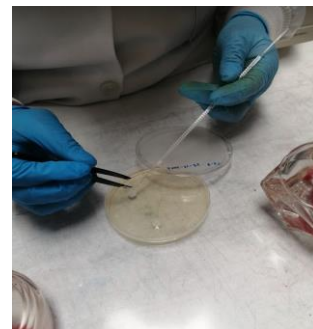
J3. Secado de duraznos en malla



J4. Análisis fisicoquímico de AT



J5. Siembra a profundidad



J6. Método de disco difusión