



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

#### MODALIDAD: INFORME DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

Evaluación del efecto antifúngico del bicarbonato de sodio para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en el periodo poscosecha

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Agroindustria  
mención Tecnología de Alimentos

**Autor:**

Vaca Castro Carla Estefanía

**Tutor:**

Fernández Paredes Manuel Enrique MSc.

LATACUNGA –ECUADOR

2022

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Evaluación del efecto antifúngico del bicarbonato de sodio para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en el periodo poscosecha” presentado por Vaca Castro Carla Estefanía, para optar por el título magíster en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos.

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, Junio, 16, 2022



MSc. Manuel Enrique Fernández Paredes

CC: 0501511604

## APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Evaluación del efecto antifúngico del bicarbonato de sodio para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en el periodo poscosecha, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Agroindustria mención Tecnología de Alimentos; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, Junio, 16, 2022



.....  
MSc. Edwin Fabian Cerda Andino

0501369805

**Presidente del tribunal**



.....  
MSc. Patricia Marcela Andrade Aulestia

0502237555

**Lector 2**



.....  
MSc. Renato Agustín Romero Corral

1717122483

**Lector 3**

## **DEDICATORIA**

Con todo mi amor y cariño a mi esposo  
Javier que es mi fuente de inspiración  
y ejemplo a seguir

A mis padres César y Sandra por su  
apoyo incondicional en mi vida

Carla Estefanía

## **AGRADECIMIENTO**

Al término de una etapa más en mi vida quiero dar gracias a Dios y a la Purita por todas las bendiciones recibidas, porque a pesar de las dificultades presentadas en estos últimos años, me ha permitido sobrellevarlas de la mejor

A mi esposo por su amor y apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida

A mis padres por su amor y apoyo

A mi tutor el MSc. Manuel Fernández y a los miembros del tribunal MSc. Patricia Andrade, MSc. Fabian Cerda y MSc. Renato Romero por su paciencia, comprensión y guía para el desarrollo de la investigación de la mejor manera.

Al MSc. Edwin Cevallos por su calidad humana, que desinteresadamente me apoyo en todas las eventualidades presentadas.

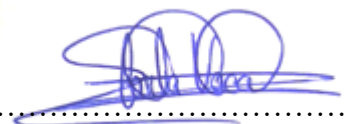
Al MSc. Hernán Benavides y MSc. Freddy Torres por todas las facilidades brindadas para realizar la investigación

Carla Estefanía

## **RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, Junio, 16, 2022

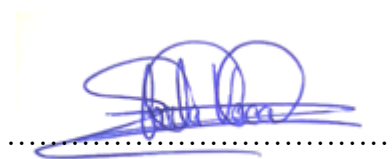
A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and horizontal strokes, positioned above a dotted line.

.....  
Ing. Carla Estefanía Vaca Castro  
0401855069

## **RENUNCIA DE DERECHOS**

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, Junio, 16, 2022

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line at the bottom, positioned above a dotted line.

.....  
Ing. Carla Estefanía Vaca Castro  
0401855069

## **AVAL DEL PRESIDENTE**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Evaluación del efecto antifúngico del bicarbonato de sodio para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en el periodo poscosecha contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, Junio, 16, 2022



MSc. Edwin Fabian Cerda Andino  
0501369805



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE  
ALIMENTOS**

**Título:** Evaluación del efecto antifúngico del bicarbonato de sodio para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en el periodo poscosecha

**Autor:** Vaca Castro Carla Estefanía

**Tutor:** Fernández Paredes Manuel Enrique MSc.

**RESUMEN**

La papaya es una fruta climatérica de gran importancia a nivel mundial. Al ser una fruta altamente perecedera es susceptible al daño mecánico y al ataque de microorganismos patógenos que disminuyen la calidad de la fruta y limitan su comercialización a nivel nacional e internacional, lo que ha ocasionado grandes pérdidas poscosecha. De esta manera el propósito de esta investigación fue evaluar la aplicación de bicarbonato de sodio como tratamiento antifúngico para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en el periodo poscosecha. En las frutas en estudio se inoculó el microorganismo por herida y se aplicó los tratamientos: bicarbonato de sodio a diferentes concentraciones (1, 2 y 3%), tratamiento fungicida (procloraz) y frutas control (sin ningún tratamiento) y se almacenaron durante 35 días, 28 días a  $13 \pm 1$  °C y  $90 \pm 5$  % de HR y 7 días a temperatura ambiente ( $20 \pm 2$  °C). Para evaluar el efecto antifúngico de los tratamientos se realizó mediciones diarias de la severidad de la podredumbre y en cada salida se evaluó los parámetros físico – químicos de las frutas en estudio. Además, con panelistas semi-entrenados se evaluó la calidad sensorial. El tratamiento alternativo que mayor efecto antifúngico tuvo en el control de antracnosis fue la aplicación de bicarbonato de sodio al 2%, ya que disminuyó el crecimiento de *Colletotrichum* sp., así como también no afectó a la calidad fisicoquímica de la fruta y presentó una mejor apariencia visual comparado con los frutos control.

**PALABRAS CLAVE:** microorganismos; patógenos; sensorial; severidad; podredumbre

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
DIRECCION DE POSGRADO**

**MAESTRIA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE  
ALIMENTOS**

**Title:** Evaluation of the antifungal effect of sodium bicarbonate for the control of anthracnose in papaya (*Carica papaya L.*) in the postharvest period

**Author:** Vaca Castro Carla Estefania

**Tutor:** Fernández Paredes Manuel Enrique MSc.

**ABSTRACT**

Papaya is a climacteric fruit of great importance worldwide. Being a highly perishable fruit, it is susceptible to mechanical damage and the attack of pathogenic microorganisms that reduce the quality of the fruit and limit its commercialization at a national and international level, which has caused great post-harvest losses. Thus, the purpose of this research was to evaluate the application of sodium bicarbonate as an antifungal treatment for the control of anthracnose in papaya (*Carica papaya L.*) in the postharvest period. In the fruits, the microorganism was inoculated by wound and the treatments were applied: study sodium bicarbonate at different concentrations (1, 2 and 3%), fungicide treatment (prochloraz) and control fruits (without any treatment) and it was stored during 35 days, 28 days at  $13 \pm 1^{\circ}\text{C}$  and  $90 \pm 5\%$  RH and 7 days at room temperature ( $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). To evaluate the antifungal effect of the treatments, daily measurements of the severity of the rot were made and the physical-chemical parameters of the fruits under study were evaluated at each exit. In addition, semi-trained panelists evaluated the sensory quality. The alternative treatment that had the greatest antifungal effect in controlling anthracnose was the application of 2% sodium bicarbonate, since it ended the growth of *Colletotrichum sp.*, as well as it did not affect the physicochemical quality of the fruit and presented a better visual appearance compared to control fruits.

**KEYWORD:** microorganisms; pathogens; sensory; severity; rot

Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza con cédula de identidad número 0503246415 Magister en: Enseñanza del Idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT 1010-2019-2041252; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Evaluación del efecto antifúngico del bicarbonato de sodio para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya L.*) en el periodo poscosecha de Vaca Castro Carla Estefania, aspirante a magister en Maestría en Agroindustria Mención Tecnología de Alimentos.

Ciudad, junio, 15, 2022

  
.....  
M.Sc Nelson Wilfrido Guagchinga Chicaiza  
C.C. 0503246415

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |      |
|--|------|
| APROBACIÓN DEL TUTOR.....              | ii   |
| APROBACIÓN TRIBUNAL.....               | iii  |
| DEDICATORIA .....                      | iv   |
| AGRADECIMIENTO.....                    | v    |
| RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....        | vi   |
| RENUNCIA DE DERECHOS.....              | vii  |
| AVAL DEL PRESIDENTE .....              | viii |
| RESUMEN.....                           | ix   |
| ABSTRACT .....                         | x    |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS .....             | x    |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                 | xiv  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                | xv   |
| CAPÍTULO I.....                        | 1    |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                  | 1    |
| 1.1 Antecedentes.....                  | 3    |
| 1.2 Justificación.....                 | 5    |
| 1.3 Planteamiento del problema .....   | 6    |
| 1.4 Hipótesis .....                    | 8    |
| 1.4.1 Hipótesis nula .....             | 8    |
| 1.4.2 Hipótesis alternativa.....       | 8    |
| 1.5 Objetivos de la investigación..... | 8    |
| 1.5.1 Objetivo general .....           | 8    |
| 1.5.2 Objetivos específicos.....       | 8    |
| 1.5.3 Tareas .....                     | 8    |

|  |    |
|--|----|
| 1.5.4 Etapas .....   | 10 |
| CAPÍTULO II .....  | 11 |
| 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....  | 11 |
| 2.1 Generalidades de la papaya .....   | 11 |
| 2.2 Poscosecha de la papaya.....   | 12 |
| 2.3 Factores que influyen en el desarrollo de patógenos.....                     | 15 |
| 2.3.1 Factores intrínsecos.....  | 15 |
| 2.3.2 Factores extrínsecos .....   | 15 |
| 2.4 Principales enfermedades en el periodo poscosecha.....                       | 16 |
| 2.4.1 Antracnosis .....  | 16 |
| 2.4.2 Mancha negra.....  | 17 |
| 2.4.3 Moho rosado.....   | 17 |
| 2.4.4 Pudrición suave .....  | 17 |
| 2.4.5 Moho gris.....   | 17 |
| 2.5 Tratamientos para control de agentes patógenos en el periodo poscosecha..... | 17 |
| 2.5.1 Tratamientos físicos.....  | 18 |
| 2.5.2 Radiaciones.....   | 19 |
| 2.5.3 Tratamientos químicos.....   | 20 |
| CAPÍTULO III.....  | 24 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 24 |
| 3.1 Metodología.....   | 24 |
| 3.1.1 Tipos de investigación .....   | 24 |
| 3.1.2 Métodos de investigación: .....  | 25 |
| 3.2 Materiales .....   | 25 |
| 3.3 Investigación descriptiva.....   | 26 |

|   |    |
|---|----|
| 3.3.1 Descripción del proceso .....               | 27 |
| 3.4 Investigación experimental.....               | 33 |
| 3.4.1 Diseño experimental .....                   | 33 |
| 3.4.2 Factores de estudio .....                   | 34 |
| CAPÍTULO IV.....                                  | 35 |
| 4. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA..... | 35 |
| 4.1 Resultados.....                               | 35 |
| 4.1.1 Evaluación de la severidad.....             | 35 |
| 4.1.2 Calidad físico- química.....                | 39 |
| 4.1.3 Análisis sensorial.....                     | 48 |
| 4.2 Evaluación de expertos.....                   | 52 |
| 4.3 Evaluación de usuarios.....                   | 53 |
| AVAL DE USUARIO .....                             | 53 |
| 4.4 Evaluación de impactos o resultados.....      | 54 |
| 4.4.1 Técnicos .....                              | 54 |
| 4.4.2 Sociales .....                              | 54 |
| 4.4.3 Ambientales.....                            | 54 |
| 4.5 Propuesta .....                               | 55 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....            | 61 |
| 5.1 Conclusiones.....                             | 61 |
| 5.2 Recomendaciones .....                         | 61 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                | 62 |
| 7. ANEXOS.....                                    | 67 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1</b> <i>Sistema de actividades para el cumplimiento de objetivos específicos</i> .....   | 9  |
| <b>Tabla 2</b> <i>Etapas de la investigación</i> .....   | 10 |
| <b>Tabla 3</b> <i>Descripción de los factores de estudio.</i> .....  | 34 |
| <b>Tabla 4</b> <i>Evaluación de la severidad.</i> .....  | 35 |
| <b>Tabla 5</b> <i>Parámetros físico – químicos de la papaya (día cero).</i> .....  | 39 |
| <b>Tabla 6</b> <i>Porcentaje de pérdida de peso en frutos</i> .....  | 39 |
| <b>Tabla 7</b> <i>Firmeza en las frutas inoculadas con Colletotrichum sp.</i> .....  | 42 |
| <b>Tabla 8</b> <i>Índice de color en frutos de papaya.</i> .....   | 44 |
| <b>Tabla 9</b> <i>Contenido de sólidos solubles (°Brix), pH, acidez titulable (Contenido de ácido cítrico) en frutos de papaya</i> ..... | 46 |
| <b>Tabla 10</b> <i>Resultados de evaluación de la apariencia general de la fruta entera de papaya</i> .....                              | 48 |
| <b>Tabla 11</b> <i>Resultados de evaluación de los atributos de papaya cortada.</i> .....  | 50 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> <i>Evaluación de la severidad (cm) en papayas inoculadas con Colletotrichum sp.</i> ..... | 37 |
| <b>Figura 2</b> <i>Análisis de medias de la evaluación de la severidad.</i> .....                         | 38 |
| <b>Figura 3</b> <i>Análisis de medias de la evaluación de la severidad.</i> .....                         | 41 |
| <b>Figura 4</b> <i>Firmeza de papayas inoculados con Colletotrichum sp.</i> .....                         | 43 |
| <b>Figura 5</b> <i>Síntomas del desarrollo de podredumbre en papaya durante 15 días.</i> ..               | 67 |
| <b>Figura 6</b> <i>Selección y desinfección de material vegetal a ser aislado.</i> .....                  | 68 |
| <b>Figura 7</b> <i>Siembra de material vegetal en medio de cultivo PDA (potato dextrosa agar).</i> .....  | 68 |
| <b>Figura 8</b> <i>Crecimiento de microorganismos patógenos (48 horas después).</i> .....                 | 69 |
| <b>Figura 9</b> <i>Identificación micro y macroscópica de Colletotrichum sp.</i> .....                    | 69 |
| <b>Figura 10</b> <i>Preparación de inóculos</i> .....   | 70 |
| <b>Figura 11</b> <i>Ejemplo de cuadrícula de conteo, cámara de Neubauer.</i> .....                        | 71 |
| <b>Figura 12</b> <i>Limpieza y desinfección de la materia prima</i> .....                                 | 74 |
| <b>Figura 13</b> <i>Inoculación mediante herida</i> .....   | 74 |
| <b>Figura 14</b> <i>Crecimiento del hongo patógeno día 35.</i> .....                                      | 75 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|  |           |
|--|-----------|
| <i>Anexo A. Aislamiento de hongos patógenos presentes en la superficie de la papaya.....</i> | <i>67</i> |
| <i>Anexo B Preparación de concentraciones .....</i>  | <i>70</i> |
| <i>Anexo C Índice de madurez de la papaya.....</i>   | <i>73</i> |
| <i>Anexo D Inoculación de Colletotrichum sp. y aplicación de tratamientos.....</i>           | <i>74</i> |
| <i>Anexo E Evaluación de la severidad.....</i>   | <i>75</i> |
| <i>Anexo F Análisis de propiedades físico-químicas .....</i>                                 | <i>76</i> |
| <i>Anexo G Formulario de evaluación sensorial .....</i>                                      | <i>77</i> |



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

La papaya es considerada como la tercera fruta tropical más consumida a nivel mundial, por su alto contenido nutricional, su sabor agradable y además de sus propiedades medicinales que presenta. Esta fruta de gran importancia de la familia de las Caricaceae, que ha logrado posicionarse en los mercados nacionales e internacionales (John et al., 2018). Por lo general, las frutas de papaya que son destinadas para exportación deben ser cosechadas obligatoriamente con un índice de madurez 2, lo que significa que la fruta presenta un cambio de coloración de verde oscuro a verde claro, con la presencia de una ligera tonalidad amarilla. A diferencia de las papayas comercializadas en el mercado interno puede ser cosechada en estados de madurez más avanzados (Barragán et al., 2018).

De acuerdo con el Censo Nacional Agropecuario (CNA, 2018) en Ecuador, se cuenta con aproximadamente 3.982 hectáreas de cultivo de papaya, en el cual establece que las variedades que más se producen son: maradol, tainung y hawaina, siendo esta última la más cotizada a nivel internacional. Debido a la corta vida útil que posee esta fruta climatérica, su comercialización se ha visto limitado. Una de las principales enfermedades presentes en el periodo poscosecha es antracnosis, ocasionada por el hongo patógeno denominado *Colletotrichum sp.*, que produce disminución en la calidad de la fruta y acelera el proceso de maduración (Corrales y Umaña, 2015).

Actualmente existen diversas alternativas que permiten disminuir las pérdidas poscosecha provocadas por hongos patógenos en los diferentes sistemas de producción y conservación. Un método más utilizado, es el uso de fungicidas químicos de síntesis, debido a que es de fácil acceso en el mercado y presenta una

alta eficiencia en el control de agentes patógenos en frutas. Su uso se ha visto restringido, ya que muchos microorganismos fitopatógenos presentes en las frutas han llegado a generar resistencia a estos productos químicos. Así como también se evidencia la presencia de residuos que persisten en la fruta, los mismos que pueden afectar a la salud del consumidor y además ocasionar un impacto ambiental por el excesivo uso de estos compuestos sintéticos (Figuerola et al., 2017).

Debido a esta problemática, se ha buscado tratamientos alternativos que permitan reducir e incluso eliminar el uso de fungicidas químicos sintéticos. Estos tratamientos se clasifican en físicos, químicos y biológicos, los mismos que permiten inhibir y controlar el crecimiento de microorganismo fitopatógenos en la poscosecha de la papaya y a la vez ayudan a incrementar el tiempo de vida útil de las frutas (Ayón et al., 2017).

En los últimos años se han aplicado tratamientos físicos o tratamientos hidrotérmicos en el cual se sumerge la fruta en agua caliente a 49 °C durante 20 minutos sobre papaya (López et al., 2018), así como también la aplicación de productos químicos naturales. Además, se ha utilizado ampliamente en la industria alimentaria la aplicación de sales inorgánicas y orgánicas como agentes antimicrobianos activos, uno de los tratamientos más utilizadas es la aplicación de sales carbónicas tal es el caso del bicarbonato de sodio (SBC), sustancia natural que es de fácil acceso en el mercado, a precios económicos, no ocasiona daños en la fruta, no afecta el medio ambiente y sobre todo tiene una actividad antifúngica ante la presencia de microorganismos patógenos. De acuerdo con la administración de drogas y alimentos de los EE.UU el bicarbonato de sodio está catalogado como una sustancia generalmente reconocida como segura (GRAS) (Ayón et al., 2017).

Por lo tanto, el objetivo de este proyecto fue evaluar la aplicación de bicarbonato de sodio como tratamiento antifúngico para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya L.*) en el periodo poscosecha. Este tratamiento permitirá sustituir o disminuir el uso de tratamientos químicos en la poscosecha ayudan a prologar la vida útil y disminuir las pérdidas de los frutos durante su almacenamiento

## 1.1 Antecedentes

De acuerdo con la normativa Institucional de la Universidad Técnica de Cotopaxi y basado en el Reglamento de Trabajo de Titulación de Posgrados Art 21, el presente trabajo se encuentra enfocado en la línea de investigación desarrollo y seguridad alimentaria y procesos industriales y sigue la sub línea de investigación – Innovación y emprendimiento debido a que se desea desarrollar tratamientos alternativos que permitan alargar el tiempo de vida útil de las frutas. Además, está directamente relacionado con el Plan Nacional de Creación de Oportunidades 2021 – 2025 en el cual establece en el objetivo 7: promover una educación innovadora y de calidad, aportando al desarrollo de la investigación de acuerdo con las necesidades de la sociedad y del sector productivo y alimentario del país.

Así como también basado en la Constitución de la República del Ecuador, en el cual determina en el artículo 281, numeral 13 que: es responsabilidad del Estado, proteger y prevenir el consumo de alimentos alterados y contaminados, que por ende ponen en riesgo a la salud de la población. Además de garantizar productos de calidad para uso y consumo, establece que las cadenas productivas agropecuarias, necesitan de soporte técnico con la finalidad de orientar y guiar a los productores a mejorar los procesos y a la vez poder acceder a los mercados internacionales.

Según un estudio realizado por Cocco et al. (2017), muestra los efectos de la aplicación de bicarbonato de sodio como un tratamiento para disminuir y controlar los daños ocasionados por agentes patógenos en el periodo poscosecha, sin la aplicación de fungicidas. En la que la severidad del microorganismo patógeno se redujo considerablemente, así como también las pérdidas de peso.

En un estudio de evaluación de alternativas poscosecha para el control de agentes patógenas en naranjas, realizado por Guedez et al. (2010). Evaluaron el comportamiento y la efectividad que presenta trichoderma, quitosano y bicarbonato de sodio como tratamientos alternativos. Para la evaluación de la efectividad se utilizaron diferentes concentraciones ( $1 \cdot 10^9$  esporas/ml; 2 % y 1 %) respectivamente y las compararon con frutas control, es decir sin la aplicación de ningún tratamiento. Las frutas en estudio las almacenaron en recipientes plásticos, a condiciones controladas, durante 14 días a 27 °C. El objetivo de la investigación

fue brindar las condiciones necesarias para el desarrollo de microorganismos patógenos. Inicialmente realizaron la identificación de los microorganismos presentes y posteriormente la aplicación de los tratamientos, obteniendo como resultados ausencia de crecimiento de agentes patógenos y ninguna alteración en los frutos. Manteniendo la calidad física y organoléptica del fruto. Además, establecieron que la acción del bicarbonato fue inhibir la secreción de poligalacturonasas que afectan a los tejidos del fruto.

De acuerdo con el estudio realizado por Cocco et al. (2013), en el análisis de una combinación de tratamientos de curado y la aplicación de bicarbonato de sodio por inmersión, con la finalidad de controlar las podredumbres ocasionadas en el periodo poscosecha en mandarinas, sin la utilización de fungicidas de síntesis. En el cual se evaluó diferentes dosis con el objetivo de inhibir el crecimiento de microorganismos y mantener la calidad del fruto. Para ello utilizaron una combinación de tratamiento, aplicación de bicarbonato de sodio al 1 y 2 % con curado de 9 a 18 horas para controlar el crecimiento de moho verde en mandarinas. Las variables evaluadas, fueron la presencia o ausencia de podredumbres, pérdida de peso, afectación en la calidad externa (apariencia y color), calidad interna (sólidos solubles, acidez y pH). El mejor tratamiento fue el de curado a 37 °C con la combinación de bicarbonato de sodio a la concentración de 1 % y 2 %, manteniendo la calidad general del fruto, sin embargo, a mayor concentración de las sales, afectó la pérdida de peso.

Según Gamagae et al. (2004), en su estudio evaluó la eficacia para controlar antracnosis provocada por *Colletotrichum sp.* en papaya mediante un control biológico de *Candida Olephila* y la aplicación de un recubrimiento de cera elaborado a base de bicarbonato de sodio. El recubrimiento a base bicarbonato de sodio al 2 % proporcionó una eficacia del 90% para la supervivencia de *C. olephila* durante 7 y 14 días en condiciones de almacenamiento controladas (13,5°C y 95% HR). Este tratamiento permitió evidenciar una reducción significativa de la severidad e incidencia de antracnosis. Por lo tanto, la aplicación de un recubrimiento a base de cera con bicarbonato de sodio representó una posible alternativa comercial para disminuir el uso de fungicidas químicos generalmente utilizados en el periodo poscosecha para el control de antracnosis de la papaya.

En el estudio realizado por Aharoni et al. (1997), evaluó la aplicación de bicarbonato de sodio como reductor del desarrollo de pudriciones en la poscosecha de melones. En el cual evidencio una inhibición del crecimiento micelial in vitro del microorganismo *A. alternata*, *Fusarium spp*, *R. stolonifer*. Las sales de bicarbonato de sodio (SBC), presentaron una acción antifúngica a una concentración del 2%, además permitió la reducción de la incidencia de descomposición luego del almacenamiento a condiciones controladas y también de la simulación de vida en anaquel. La aceptación comercial fue entre el 6 y 7% superior a los melones no tratados, ya que permitió mantener una buena apariencia de la fruta. La aplicación de dosis de SBC más elevadas (3%) presentaron efectos fitotóxicos y disminuyeron significativamente la apariencia del fruto.

A pesar de que existe una amplia literatura que muestra el efecto del bicarbonato de sodio en la disminución de la podredumbre ocasionada en el periodo poscosecha en cítricos (Zhu et al., 2013), peras (Lai et al., 2015) y entre otros productos, no se evidencia la aplicación de este método que permita controlar de manera eficiente los efectos ocasionados por la enfermedad denominada antracnosis en Papaya (*Carica papaya* L.)

## **1.2 Justificación**

Actualmente existe un elevado crecimiento en la demanda de consumo de papaya, sin embargo, por su alta perecibilidad y susceptibilidad que presenta este producto al ataque de microorganismos, ha nacido la necesidad de investigar y desarrollar sistemas alternativos para la conservación poscosecha de la papaya, para que de esta manera se pueda conservar sus propiedades físicas, químicas y organolépticas. Además de potencializar su consumo y comercialización dentro y fuera del país. El presente estudio ha sido desarrollado con la finalidad de encontrar un método no convencional al aplicar un tratamiento con diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio, que no ocasione un peligro en el consumidor, no generen efectos adversos en el medio ambiente y además permita eliminar la aplicación de fungicidas para el tratamiento de agentes patógenos en el periodo poscosecha.

En Ecuador, no se ha dado importancia a las enfermedades poscosecha que afectan a la papaya, por lo cual existe una limitada investigación de los principales

microorganismos fitopatógenos y no se ha buscado tratamientos alternativos que permitan incrementar la vida de anaquel de la papaya. De esta manera, se ha visto la necesidad de realizar el presente estudio, ya que permitirá eliminar e inhibir el desarrollo y proliferación de agentes patógenos. Además, favorecerá el desarrollo de métodos de control eficaces que ayuden a disminuir las pérdidas poscosecha durante su almacenamiento y distribución.

La metodología utilizada en la presente investigación constituye una vía válida para resolver el problema planteado, ya que es un sistema alternativo de control de podredumbres que permite mejorar y prolongar la vida de almacenamiento de este importante fruto. En el presente estudio se realizó la búsqueda de un método no convencional de bajo riesgo al aplicar un tratamiento a diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio no generan efectos adversos en la salud de la población, existen menor impacto ambiental y en especial constituye una alternativa para reemplazar el uso de agroquímicos en el periodo poscosecha (Rebessi et al., 2018).

A nivel nacional no se ha evidenciado diferentes estudios que muestran tratamientos que brindan alternativas para lograr controlar enfermedades a causa de hongos patógenos en el periodo poscosecha de la papaya. La investigación permitirá dar base al desarrollo de futuras investigaciones en temas relacionados en: patología y alternativas para el tratamiento poscosecha de frutas y hortalizas. Al obtener tratamientos alternativos de conservación permitirá a los pequeños y grandes productores de papaya posicionarse en el mercado nacional e internacional de frutas, ya que tiene atractivas características sensoriales y grandes ventajas nutricionales que resultan muy interesantes para el consumidor y esto unido a su alto valor comercial genera competitividad para la comercialización de este producto, así como también reducir las grandes pérdidas durante el periodo poscosecha.

### **1.3 Planteamiento del problema**

La papaya (*Carica papaya* L.) es una fruta climatérica considerada de gran importancia a nivel mundial por su alto contenido nutricional, ya que constituye una fuente rica en vitaminas A, C, polifenoles y antioxidantes, además esta fruta ha ido posicionándose en mercados nacionales e internacionales (Vij y Prashar, 2015).

Sin embargo, al ser una fruta altamente perecedera por su alto contenido de humedad (CH) que oscila entre 80 y 85% es susceptible al ataque de microorganismos patógenos, especialmente hongos patógenos que deterioran el producto antes de ser consumido. Los principales agentes patógenos que provocan pérdidas poscosecha en esta fruta son: *Colletotrichum sp.*, *Corynespora sp.*, *Cladosporium sp.*, *Phomopsis sp.*, *Rhizopus sp.*, *Botrytis sp.*, *Penicillium sp.* (Guédez et al., 2014)

Estos microorganismos disminuyen la calidad de los frutos, ya que aceleran los procesos metabólicos celulares, debido a las transformaciones endógenas que sufren, aceleran el proceso de maduración, el mismo que afectan a la apariencia externa e interna de la fruta y además ocasionan olores y sabores extraños por el incremento de sólidos solubles, pectinas y agua libre. Además, es importante indicar que la principal enfermedad y la que mayores pérdidas poscosecha ocasiona en papaya es *Colletotrichum sp.* (Vilaplana et al., 2018). La podredumbre ocasionada por este hongo disminuye el valor comercial del fruto y perjudica la estrategia de comercialización internacional.

Algunas de las alternativas utilizadas para el control de hongos patógenos causantes de podredumbres en los frutos son tratamientos con fungicidas químicos de síntesis, aunque debido a su problemática, a las estrictas exigencias de muchos mercados convencionales y al auge de productos ecológicos, cada vez cobra mayor importancia el desarrollo de nuevos sistemas antifúngicos alternativos, entre ellos las sustancias GRAS (Generally Recognized As Safe) como el bicarbonato de sodio (Vilaplana et al., 2018).

Por este motivo resulta atractiva la aplicación de bicarbonato de sodio como tratamiento alternativo no contaminante para disminuir o incluso inhibir el crecimiento de la podredumbre causada por *Colletotrichum sp.* en papaya sin alterar sus propiedades físico-químicas y organolépticas.

### **Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de la aplicación de bicarbonato de sodio en las papayas para disminuir las pérdidas poscosecha ocasionada por el crecimiento del *Colletotrichum sp.*?

## **1.4 Hipótesis**

### ***1.4.1 Hipótesis nula***

**Ho:** La disolución de bicarbonato de sodio en agua aplicado por inmersión no causa efecto antifúngico sobre el daño por *Colletotrichum sp* en frutos de papaya (*Carica papaya* L.). Así como también no permitirá mantener la calidad físico-química y organoléptica de la fruta.

### ***1.4.2 Hipótesis alternativa***

**HI:** La disolución de bicarbonato de sodio en agua aplicado por inmersión causa efecto antifúngico sobre el daño por *Colletotrichum sp* en frutos de papaya (*Carica papaya* L.). Así como también no permitirá mantener la calidad físico-química y organoléptica de la fruta.

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### ***1.5.1 Objetivo general***

Evaluar la aplicación de bicarbonato de sodio como tratamiento antifúngico para el control de antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en el periodo poscosecha.

### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Evaluar la severidad de la enfermedad ocasionada por *Colletotrichum sp.* en papaya (*Carica papaya* L.) tratada con tres concentraciones de bicarbonato de sodio como tratamiento antifúngico durante el periodo poscosecha.
- Determinar el efecto de la aplicación de tres concentraciones diferentes de bicarbonato de sodio en la calidad físico-química de la papaya (*Carica papaya* L.) durante el periodo poscosecha.
- Analizar la afectación en la calidad sensorial de los frutos tratados con bicarbonato de sodio durante el período poscosecha.

### ***1.5.3 Tareas***

A partir del planteamiento de los objetivos específicos, es necesario detallar las actividades que se van a realizar para el cumplimiento de los objetivos planteados



en la presente investigación, como se puede evidenciar en la tabla 1, descrita a continuación:

Tabla 1

Sistema de actividades para el cumplimiento de objetivos específicos

| Objetivo  | Actividad  |
|---|--|
| <p>Objetivo específico 1:</p> <p>Evaluar la severidad de la enfermedad ocasionada por <i>Colletotrichum sp.</i> en papaya (<i>Carica papaya</i> L.) tratada con tres concentraciones de bicarbonato de sodio como tratamiento antifúngico durante el periodo poscosecha</p> | <p>Preparación de una suspensión con la cepa de <i>Colletotrichum sp.</i>, de 15 días de crecimiento micelial, conservada en medio de cultivo potato dextrose agar (PDA) a 25 °C.</p> <hr/> <p>Inoculación de <i>Colletotrichum sp.</i>, mediante herida a la concentración 10<sup>6</sup> conidias/ml.</p> <hr/> <p>Preparación de soluciones de bicarbonato de sodio a diferentes concentraciones (1; 2; 3 % p/v), la solución se preparará 50 °C, respectivamente.</p> <hr/> <p>Aplicación del tratamiento alternativo y fungicida químico, mediante inmersión.</p> <hr/> <p>Evaluación de la severidad de la pudrición causada por el agente patógeno mediante mediciones diarias del diámetro de pudrición en todos los frutos durante el tiempo de almacenamiento (35 días).</p> |
| <p>Objetivo específico 2:</p> <p>Determinar el efecto de la aplicación de tres concentraciones diferentes de bicarbonato de sodio en la calidad físico-química de la papaya (<i>Carica papaya</i> L.) durante el periodo poscosecha.</p>                                    | <p>Se analizó la calidad físico- química de los frutos tratados con bicarbonato de sodio, evaluando los siguientes parámetros: pérdida de peso, la firmeza, color, el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y la acidez titulable. Los análisis se realizarán los días 0, 14, 21, 28 y 35 días de almacenamiento.</p>  |
| <p>Objetivo específico 3:</p> <p>Analizar la afectación en la calidad sensorial de los frutos tratados con bicarbonato de sodio durante el período poscosecha</p>   | <p>Inducción a panelista, para el análisis de atributos de calidad.</p> <hr/> <p>Evaluación de la calidad sensorial en la que se analizará atributos de: apariencia general del fruto, olor, color, aroma, dulzor y presencia de sabores extraños durante los días 0, 14, 21 y 28 de conservación a 13 ± 1 °C y 90 ± 5 % HR y 7 días a temperatura ambiente.</p> <hr/> <p>Interpretación de los resultados obtenidos de la evaluación de los atributos de calidad con el tratamiento más efectivo con bicarbonato de sodio, fungicida y control).</p>  |

**Elaborado por:** Autora (Vaca, 2021)

### 1.5.4 Etapas

Para que la presente investigación tenga una validación científica, se debe de cumplir con una serie de etapas, que permitan evidenciar el cumplimiento de los objetivos planteados y en especial dar sustento a la investigación, de esta manera se detalla a continuación las diferentes etapas en las cuales se desarrolló el proyecto para su cumplimiento:

Tabla 2

Etapas de la investigación

| <b>Etapas</b> | <b>Descripción</b>   |
|---------------|--|
| Etapa 1:      | Formulación del protocolo de investigación   |
| Etapa 2:      | Fundamentación teórica, antecedentes, formulación de hipótesis, determinación del estado del arte, es decir la sustentación teórica para el desarrollo de la investigación |
| Etapa 3:      | Desarrollo de la parte experimental, con la finalidad de validar la fundamentación teórica y recolección de información sobre los resultados                               |
| Etapa 4:      | Análisis y discusión de resultados   |

**Elaborado por:** Autora (Vaca, 2021)

## CAPÍTULO II.

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1 Generalidades de la papaya

La papaya (*Carica papaya L.*) es una fruta de la familia de las Caricaceae que para ser cultivada necesita obtener de forma directa luz solar, por largos periodos y a temperaturas que oscilen entre 22 °C y 26 °C. De acuerdo con las características que presenta esta fruta, es clasificada como una baya, ya que, según el tipo de flor que presente la planta, puede llegar a presentar diferentes formas, tales como redondas, cilíndricas y piriformes (Zhou et al., 2021).

Esta fruta es cultivada en las zonas tropicales y subtropicales a nivel mundial. Se produce en más de 60 países, entre los cuales se destaca India como el mayor productor con 6 millones de toneladas, seguido de Brasil, República Dominicana, México, Estados Unidos, Australia. A nivel mundial la producción de papaya alcanzó los 12,85 millones de toneladas y se estima que para el 2029, la producción mundial aumentara en un 2,1 % anual, alcanzando 16,6 millones de producción. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, muestra en sus datos estadísticos que el consumo per cápita promedio de papaya a nivel mundial es de 1,73 kg/año, sin embargo, evalúan que este valor crecerá a 2 kg/año hasta el 2029 (Pereira et al., 2021)

La papaya es considerada a nivel mundial como una fruta de gran importancia, por su alto contenido nutricional, ya que es rica en vitaminas A y C, minerales, hierro, potasio, riboflavina, antioxidantes y posee otras propiedades medicinales que ayudan a la prevención de enfermedades, cardiacas y degenerativas en el ser humano (Rebessi et al., 2018). Generalmente, en Ecuador se produce las variedades de tainung, maradol y hawaina, siendo esta última la más demandada a nivel

internacional. Los principales países a los cuales exporta son: Reino Unido, Países Bajos, Perú, Bélgica y Alemania. Sin embargo, en el año 2017 sus exportaciones disminuyeron en un 27,1% de toneladas anuales debido a los daños ocasionados por la presencia de podredumbres en las Frutas (Proecuador, 2018).

La papaya al ser considerada una fruta climatérica tiene un tiempo de vida útil muy limitado (7 a 14 días), ya que su proceso de maduración continua después de la cosecha. Debido a que este producto sufre una maduración rápida, ablandamiento de la piel y es susceptible al ataque de microorganismos patógenos, que disminuyen la calidad de la fruta. El grado de madurez de la papaya es un punto clave que permite definir si las frutas pueden llegar a mercados nacionales e internacionales. En este sentido, las frutas destinadas para mercados internacionales deben presentar una coloración verde con una ligera tonalidad amarilla. A diferencia de las frutas para mercados internos, se cosecha en estados de madurez más avanzados (Parven et al., 2020)

Las papayas por su alto contenido de agua y nutrientes son susceptibles al ataque de microorganismos patógenos, especialmente hongos y bacterias. Los hongos son los principales agentes patógenos que ocasionan pudriciones en la fruta. Para que se produzcan las enfermedades poscosecha deben existir las condiciones necesarias que permitan el desarrollo de los agentes patógenos, generalmente se produce cuando el fruto entra en contacto con una cantidad suficiente de inóculo del microorganismo, permitiendo que existan la vías y condiciones adecuadas para su desarrollo. Las etapas que debe de atravesar el agente patógeno para completar su desarrollo son: contaminación por la presencia del agente patógeno, la penetración a través de aberturas (heridas o estomas), infección, luego la incubación, invasión, reproducción, diseminación y finalmente la supervivencia del microorganismo patógeno. Por lo general esta última etapa se produce cuando el microorganismo no encuentra las condiciones necesarias para su desarrollo (Pereira et al., 2021).

## **2.2 Poscosecha de la papaya**

Durante el periodo poscosecha de la papaya es importante definir el estado de madurez y determinar los diferentes factores que alteran al producto. La maduración es un factor determinante, ya que es un proceso que se produce un

tiempo determinado, en el que no hay crecimiento, sino más bien una transformación interna de la fruta y finaliza con características atractivas para el consumidor.

En el proceso de maduración se produce la degradación de compuestos como clorofilas, ácidos orgánicos entre otros. Los cambios más evidentes se producen en la variación de color y firmeza, características determinantes para definir el estado de madurez de la fruta. Así como también el contenido de azúcares aumenta, mientras que los ácidos presentes disminuyen. Para definir el correcto estado de madurez al momento de la cosecha es importante considerar al menos dos parámetros como color y firmeza. Además, existen procesos fisiológicos que se producen en el periodo poscosecha. Las frutas por naturaleza realizan el proceso de respiración y transpiración que pueden ser afectados por las condiciones de temperatura y humedad de almacenamiento (Kebede et al., 2021).

Durante todo el proceso poscosecha es importante que todos los operarios que manipulan las frutas deben ser capacitados para el desarrollo de cada una de las actividades asignadas, tanto de manipulación y manejo higiénico. Así como también es importante que cada una de las zonas de producción estén debidamente identificadas y que cada actividad se desarrolle en el lugar específico, con la finalidad de evitar que existan contaminaciones cruzadas. Además, todos los equipos y herramientas que entren en contacto directo con la fruta sean de fácil desinfección y estén en perfectas condiciones mecánicas e higiénicas (Pereira et al., 2021).

Las principales actividades que se realizan en el periodo poscosecha son:

**Recepción:** La fruta es recibida y trasladada a un lugar limpio y fresco hasta que inicia el proceso de selección. Es importante monitorear las condiciones de humedad y temperatura de almacenamiento y transporte desde el momento de la cosecha, ya que son factores importantes para estimar el tiempo de vida útil de la papaya (García y Rodríguez, 2017).

**Selección:** Consiste en escoger los frutos sanos, sin la presencia de microorganismos, insectos o daños físicos ocasionados en la cosecha, esta operación debe ser bastante estricta y rigurosa (García y Rodríguez, 2017).

**Clasificación:** Los frutos son clasificados de acuerdo con el estado de madurez y tamaño que presentan. Además, este proceso se lo realiza con precaución evitando lesiones en la fruta, debido a que la papaya al ser una fruta perecedera es susceptible a sufrir daños (García y Rodríguez, 2017).

**Lavado:** Es importante lavar y desinfectar los frutos en una solución de hipoclorito de sodio con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de residuos presentes en la corteza del fruto (García y Rodríguez, 2017).

**Desinfección:** En esta etapa se aplica tratamientos térmicos, de sales orgánicas o desinfectantes aprobados, con el objetivo de controlar la presencia de agentes patógenos. Para mayor efectividad del proceso se debe de realizar durante las primeras 18 horas de cosecha. Una vez aplicado los tratamientos se debe de secar completamente, verificado que no exista humedad en ninguna de las partes de la fruta (García y Rodríguez, 2017).

**Clasificación:** Una vez desinfectados y aplicados el tratamiento los frutos deben de ser clasificados, observando que no existan daños físicos, mecánicos o biológicos. Generalmente se admite daños en la piel, siempre y cuando no superen el 5% del área superficial (García y Rodríguez, 2017).

**Empaque:** Una vez lista las frutas, son empacadas en cajas de cartón troqueladas, con la presencia de orificios que permiten la ventilación del producto. En la que se ubican 12 unidades cubiertas con una malla de espuma con la finalidad de evitar daños mecánicos por golpes o pérdida de piel por el contacto entre frutas, durante el transporte y distribución. Las frutas se ubican con el extremo peduncular hacia abajo debido a que es la zona que más tiempo se demora en madurar y por ende es la que mayor resistencia al peso presenta (García y Rodríguez, 2017)

**Almacenamiento:** El tiempo de conservación de las papayas puede ser de una a tres semanas, dependiendo del grado de maduración. La temperatura óptima de conservación es a 13°C. Así como también el mantenimiento de la cadena de frío, constituye un factor determinante para mantener la calidad (García y Rodríguez, 2017)

## **2.3 Factores que influyen en el desarrollo de patógenos**

Existen diferentes factores que influyen en el desarrollo de agentes patógenos y ocasionan el deterioro de los alimentos. Los mismos que se encuentran relacionados con las características propias del alimento (factores intrínsecos) y con las condiciones ambientales donde los productos se encuentran almacenados (factores extrínsecos).

### **2.3.1 Factores intrínsecos**

#### **Actividad de agua**

Representa la cantidad de agua disponible que tiene una fruta y está definida como la relación entre la presión de agua y la presión de vapor de agua pura. Por lo general, los microorganismos filamentosos, se desarrollan cuando la actividad de agua es mayor a 0,8 (Pereira et al., 2021).

#### **Sustancias nutritivas**

Los hongos patógenos para su desarrollo y supervivencia necesitan de nutrientes principalmente azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa debido a que son de fácil absorción. Así como también la presencia de vitaminas y minerales en las frutas genera condiciones para que los microorganismos se puedan desarrollar (Kalupahana et al., 2020).

#### **Barreras protectoras**

El endocarpio de la fruta protege al interior del fruto del ataque de agentes patógenos como levaduras, mohos, bacterias e insectos presente en el ambiente o en el producto. Además, esta estructura también llamada piel, produce inhibidores naturales que constituyen mecanismos de defensa ante un ataque de microorganismos patógenos (Bautista et al., 2013).

### **2.3.2 Factores extrínsecos**

#### **Temperatura y Humedad Relativa**

Constituye uno de los factores extrínsecos mas importantes en el periodo de almacenamiento, debido a que influye en el desarrollo de microorganismos especialmente hongos patógenos que afectan al fruto en el periodo poscosecha. La

temperatura óptima para disminuir el ataque de patógenos es de 5°C, mientras que el mayor desarrollo se presenta a temperaturas de 25°C. Además, las frutas se deben almacenar a una humedad relativa de 90-95%, con el objetivo de evitar la mayor cantidad de pérdida de agua. Si los valores son inferiores a los recomendados se incrementa la pérdida de peso y por ende la senescencia del fruto. Pero si la HR es mayor genera los ambientes propicios que favorecen el desarrollo de microorganismo patógenos que afectan al fruto en el periodo de almacenamiento (Kebede et al., 2021).

## **2.4 Principales enfermedades en el periodo poscosecha**

### **2.4.1 Antracnosis**

La Antracnosis es la principal enfermedad poscosecha en papaya, causada por el hongo *Colletotrichum sp.* Este microorganismo, es considerado uno de los más perjudiciales que afecta la calidad de la fruta y disminuye su valor comercial. Los síntomas más comunes son la presencia de lesiones necróticas, redondas y hundidas de color pardo. El agente patógeno puede ingresar al fruto directamente o a través de heridas o estomas presentes (Kalupahana et al., 2020).

El hongo patógeno *Colletotrichum sp.*, pertenece a la clase Ascomycetes. A nivel macroscópico presenta un crecimiento rápido, de color blanquecino y textura algodonosa y microscópicamente se caracteriza por presentar estructuras reproductivas (esporas) denominadas conidios, subcilíndrica con extremos redondeados y pared lisa, las cuales intervienen durante el proceso de infección. Además, evidencian la presencia de hifas septadas y ramificadas. El desarrollo del hongo patógeno *Colletotrichum sp.*, una vez adherido al fruto inicia su proceso de germinación e infección a partir de las 24 horas, desarrollando un tubo germinal que penetra la cutícula del fruto es decir a través de una fase breve denominada biotrófica con grandes hifas intracelulares (Kebede et al., 2021). Las hifas colonizan la pared del fruto y cambian a una fase necrotrófica lo que conlleva al desarrollo de los primeros síntomas que son evidentes a partir de los 8 días y las lesiones necróticas son más representativas después de los 15 días de almacenamiento. Las condiciones favorables para el desarrollo del microorganismo oscilan entre 18 °C y



25 °C de temperatura y una humedad relativa de 97 %. Por lo general el hongo patógeno permanece quiescente en el fruto hasta que madura (Tian et al., 2016 ).

#### **2.4.2 Mancha negra**

Generalmente esta enfermedad se presenta con necrosis de coloración negra de forma circular y consistencia acuosa, que con el paso del tiempo se torna dura y seca. El principal agente patógeno responsable de la mancha negra es *Botriodiploda sp.* que tiene la capacidad iniciar su desarrollo cuando la fruta inicia su maduración (Bautista et al., 2013).

#### **2.4.3 Moho rosado**

Esta enfermedad es considerada como tardía, debido a que aparece cuando la fruta está madura. El agente patógeno de esta enfermedad se denomina *Fusarium sp.* El mismo que ocasiona que se produzcan lesiones acuosas de forma redonda, de 2 a 3 cm de diámetro. La zona afectada está cubierta de un micelio aéreo de color blanco y que posteriormente adquiere tonalidades rosada (Heng et al., 2022).

#### **2.4.4 Pudrición suave**

Esta enfermedad es producida por *Rhizopus sp.* Cuando el microorganismo encuentra las condiciones necesarias presenta un crecimiento rápido, generando lesiones de forma variable, acuosa y suave. Inicialmente presentan una coloración blanca y luego cambia a color negro debido a la presencia de esporangios y esporangióforos (Kadam et al., 2019)

#### **2.4.5 Moho gris**

El agente patógeno que ocasiona esta enfermedad en la poscosecha de papaya se denomina *Corynespora sp.* El principal síntoma es la presencia de anillos circulares de tamaño variable de aspecto duro y seco. Por lo general, se desarrolla cuando la fruta ha sufrido algún daño mecánico o fisiológico que ocasiona que se produzcan heridas y favorezcan el proceso de infección (Zhou et al., 2014).

### **2.5 Tratamientos para control de agentes patógenos en el periodo poscosecha**

El método más utilizado para controlar enfermedades fúngicas en el periodo poscosecha es la aplicación de fungicidas químicos sintéticos, sin embargo, esta

práctica se ha visto limitada debido a que provoca daños en la salud del consumidor y su uso excesivo afecta el medio ambiente y genera resistencia en el hongo patógeno razón por la cual se ha buscado alternativas que permitan controlar el crecimiento de estos microorganismos patógenos (Murray et al., 2019).

### ***2.5.1 Tratamientos físicos***

Los principales tratamientos físicos que se aplican en los frutos en el periodo poscosecha para el control de podredumbres son:

- Tratamientos de calor
- Radiaciones

#### **Tratamientos de calor.**

Estos tratamientos son también conocidos como tratamientos térmicos en los cuales se aplica una inmersión en agua caliente o curado. Una de las principales ventajas que presenta su aplicación es la disminución de la carga bacteriana y el retraso en la maduración. Sin embargo, esta puede presentar desventajas tales como: afectación a la apariencia externa y funciones metabólicas del fruto, por mala consideración de las condiciones de sensibilidad térmica del agente patógeno y generación de resistencia (Usall et al., 2016).

#### **Inmersión en agua caliente.**

El tratamiento con agua caliente es un tratamiento térmico basado en el uso de agua a temperaturas superiores a 40 °C. Esta técnica es segura para el consumidor y el medio ambiente, debido a que es libre de residuos químicos. Generalmente este tratamiento se aplica por inmersión completa de la fruta, para la selección de las condiciones del tratamiento se debe considerar las características del fruto a tratar. En este tratamiento se debe de sumergir en agua caliente los frutos, además esta metodología tiene como finalidad disminuir y controlar el desarrollo de agentes patógenos causantes de enfermedades en el periodo poscosecha, su modo de acción es inhibir la germinación de las diferentes esporas presentes en la corteza de la fruta, especialmente en heridas a causa de un mal manejo poscosecha. Además, interviene creando mecanismos de barrera que permitan disminuir el desarrollo de los conidios en el epicarpio de la fruta. Es importante considerar que, para obtener mayor

eficiencia en la aplicación, se debe tomar en cuenta ciertos parámetros como; tamaño del fruto, tiempo de inmersión. (Usall et al., 2016)

### **Curado.**

El curado es un tratamiento térmico mediante transferencia de calor entre la fruta y el vapor de agua, el cual consiste en emplear vapor saturado a temperaturas altas (50 °C), durante períodos largos de tiempo y con humedad relativa controlada (90-95%) con la finalidad de evitar que los frutos se deshidraten. Es sustancial mantener un adecuado manejo de la humedad relativa o aplicar tratamientos que eviten la pérdida de agua. De acuerdo con algunos estudios se han evidenciado buenos resultados en cepas de *Penicillium*, *Molinilia* y *Mucor*. Sin embargo, este tratamiento, posee desventajas debido a que la implementación posee costos elevados, así como también la afectación en los frutos es bastante fuerte, ya que la pérdida de peso es significativa y además evidencia un limitado uso, debido a la fitotoxicidad que se genera en la corteza de los productos (Palou, 2014)

### **2.5.2 Radiaciones**

#### **Rayos ultravioleta.**

Un tipo de radiación electromagnética son las radiaciones ultravioletas que a la vez se clasifica en: UV-A, UV-B y UV-C. Una de las radiaciones más utilizadas en la industria alimentaria, es la UV-C, que no es más que una radiación no ionizante, con una longitud de onda de 200 a 280 nm. El objetivo de este proceso es eliminar, reducir o inactivar la carga microbiana que se encuentra presente en la superficie de las frutas (Palou, 2014), debido a que altera el ADN, disminuye la velocidad de maduración, senescencia y por ende controla las alteraciones fisiológicas (Bautista et al., 2014). Así como también, favorece la acumulación de ciertos compuestos bioactivos (compuestos fenólicos y carotenoides) y el control de microorganismos patógenos. La dosis que se utiliza depende la variedad de fruta que se vaya a aplicar.

#### **Radiaciones ionizantes.**

Esta clase de radiaciones son empleadas para controlar podredumbres durante el período de conservación poscosecha, eliminando los microorganismos patógenos y aumentando el tiempo de vida útil de la fruta. Las radiaciones aplicadas tienen la

capacidad de alterar el material genético del microorganismo, con este procedimiento se elimina el material genético presente en el interior o la superficie del fruto. La principal ventaja de realizar la aplicación de las radiaciones ionizantes en frutas, es la ausencia de residuos tóxicos, sin embargo, el costo de aplicación es elevado lo cual dificulta su aplicación (Bautista et al., 2014).

### ***2.5.3 Tratamientos químicos***

Para la aplicación de este método se utiliza compuestos químicos orgánicos o inorgánicos, que ayudan a la fruta crear ciertos mecanismos de defensa, ante la presencia de agentes patógenos. Por lo general, las sustancias que comúnmente se utilizan son de origen animal, vegetal o microorganismos. Además, son consideradas como sustancias seguras o también conocidas por sus siglas en inglés como sustancias GRAS. Este tratamiento es una alternativa de control que no deja residuos de los compuestos químicos aplicados y no afecta al ambiente (Usall et al., 2017). Generalmente, estos tratamientos químicos de bajo riesgos constituyen un método de control eficaces, debido a su baja toxicidad y alta efectividad.

#### **Sustancias GRAS.**

Son sustancias generalmente seguras (GRAS y según lo establecido por la FDA han sido reconocidas como sustancias seguras debido a que deja residuos contaminantes en bajas o casi nulas dosis. Por lo general, los compuestos más utilizados para controlar las afectaciones provocadas por agentes patógenos en el período poscosecha son: ácidos, carbonatos y bicarbonatos. Por el origen natural que presentan las sustancias GRAS no generan problemas de toxicidad en la salud del consumidor. Lo más recomendable es que las sustancias GRAS a ser utilizadas tengan propiedades fungicidas, pero si presentan propiedades fungistáticas deben ser estables y no estimular el desarrollo de cepas resistentes (Murray et al., 2019).

#### **Carbonatos y bicarbonatos.**

El carbonato y el bicarbonato de sodio son sustancias consideradas seguras por las Administración de alimentos y medicamentos (FDA) de los Estados Unidos. Estos aditivos son accesibles en el mercado, de bajo costo, su uso es práctico y manejable durante el período poscosecha y además no dejan residuos en los frutos. Estas sales han mostrado una alta efectividad en ensayos in vitro que en experimentaciones in

vivo. Además, la efectividad depende de factores tales como: temperatura de la solución, la concentración y el tiempo de inmersión. El principal modo de acción de estas sales es ser fungistático. Existen diferentes estudios que evidencian los efectos que presentan en el control de microorganismos patógenos en el periodo poscosecha. En mandarinas han observado el control del 40 % de incidencia de *Penicilium digitatum* con soluciones de bicarbonato de sodio del 1 al 3 %, (Cocco et al., 2009) en el caso de naranjas se obtiene mejores resultados en un 94 % en concentraciones del 2 al 4 % (Cocco et al., 2010).

### **Ácidos.**

La aplicación de ácidos en el control de microorganismos patógenos en el periodo poscosecha de frutas, presenta un futuro prometedor, debido a su alto poder fungicida y bactericida. Estas sustancias al no estar dissociadas facilitan un mejor control del ingreso de los microorganismos a la pared celular de la fruta. Por lo general, los ácidos comúnmente utilizados son aquellos que presentan en su estructura química una cadena corta, tal es el caso del ácido acético, cítrico, propiónico, fórmico y láctico. Estos ácidos son de bajo costo y fácil acceso en el mercado y presentan una gran ventaja ya que no dejan olores y sabores extraños en las frutas (Papoutsis et al., 2019).

### **Sustancias naturales.**

Estas sustancias tienen origen animal o vegetal que poseen propiedades antifúngicas y antimicrobianas, y además ayudan al fruto a crear mecanismos de defensa ante la presencia de microorganismos patógenos con la finalidad de evitar grandes pérdidas en el periodo poscosecha. Generalmente en este tipo de sustancias se han utilizado aceites esenciales, extractos vegetales y el quitosano de origen animal (Papoutsis et al., 2019).

### **Aceites esenciales y extractos vegetales.**

Los extractos son sustancias obtenidas de diferentes partes de vegetales. Estos compuestos son soluciones hidroalcohólicas de composición variable y en su estructura tiene al menos un compuesto aromático que se obtiene mediante la aplicación de disolventes orgánicos. Su modo de acción es como fungicidas y bactericidas (Papoutsis et al., 2019).

Los aceites esenciales son sustancias naturales, compuestas de moléculas orgánicas volátiles que tienen una alta efectividad en el control de agentes fúngicos y patógenos. Generalmente diversos estudios han evidenciado que tiene mayor efectividad en los ensayos in vivo por su alta actividad antifúngica y es acompañado de tratamientos térmicos, con la finalidad de aumentar la efectividad. Una de las alternativas para su aplicación, es a través de la formulación de recubrimientos comestibles (Murray et al., 2019).

Estos recubrimientos son capas delgadas a base de ingredientes biodegradables que se utilizan para mejorar la apariencia de la fruta y alargar el tiempo de vida útil, debido a que disminuyen la respiración y la pérdida de humedad y además pueden ser consumidas como parte del alimento (Pereira et al., 2021).

#### **2.5.4 Control biológico**

El control biológico es una estrategia preventiva en la que se utiliza microorganismos vivos que actúan como antagonistas, para controlar las enfermedades durante el periodo poscosecha. Los organismos vivos más utilizados son levaduras y bacterias, estos agentes de biocontrol tienen una alta estabilidad genética, logran sobrevivir a condiciones extremas y sobre todo no generan metabolitos perjudiciales para el ser humano. Los microorganismos antagonistas compiten por nutrientes y espacio, inducen al fruto a crear mecanismos de defensa, en el interior del fruto. Son altamente eficientes para combatir infecciones e inclusive eliminan las infecciones latentes.

Generalmente lo que dificulta su aplicación, es encontrar la dosificación adecuada que permita controlar los microorganismos patógenos y no afecte a la calidad fisicoquímica de la fruta. Además, lo más complicado son elevados costos de producción y la obtención de permisos para su aplicación (Silva et al., 2019).

En un estudio realizado para el control biológico de *Colletotrichum gloeosporioides*, usaron hongos, bacterias, levaduras y microorganismos epífitos como agentes de control del hongo que ocasiona la enfermedad denominada Antracnosis (Silva et al., 2019). Así como también se han evidenciado estudios de control biológico de antracnosis en manzana, papaya y mango, los mismos que han sido realizados en condiciones de humedad y temperatura controladas, reportando

excelentes resultados en el control de agentes patógenos generados en el periodo poscosecha e infecciones latentes (Valenzuela et al., 2016).

## **CAPÍTULO III.**

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Metodología**

A continuación, se detalla los procedimientos y técnicas aplicados en la investigación de manera ordenada

##### ***3.1.1 Tipos de investigación***

El trabajo se basó en los siguientes tipos de investigación:

##### **3.1.1.1 Investigación bibliográfica.**

Esta técnica permite recopilar y seleccionar información científica válida de las principales enfermedades poscosecha de la papaya, así como también identificar los beneficios de la aplicación de tratamientos alternativos poscosecha y especialmente la utilización de bicarbonato de sodio con la finalidad de identificar el problema y sustentar científicamente los efectos y soluciones a la presente investigación.

##### **3.1.1.2 Investigación descriptiva.**

La investigación descriptiva permite detallar en cómo, cuando, donde se va a llegar con el objeto de estudio. Este tipo de investigación es utilizada para obtener información cuantificable y válida que permita analizar estadísticamente los resultados con la finalidad de describir la efectividad de los tratamientos en estudio, a través de los análisis fisicoquímicos y sensoriales, de esta forma se logra obtener valores confiables.

##### **3.1.1.3 Investigación experimental.**

Constituye un método científico que permite obtener datos a través de la experimentación mediante la medición de variables dependientes e independientes que no han sido comprobadas, en condiciones controladas, con la finalidad de



describir la causa y efecto que ocasiona el problema en estudio. En el presente trabajo se analizó la aplicación de diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio y la aplicación de fungicida sintético en papayas, con el objetivo de controlar el crecimiento de *Colletotrichum sp*, como respuesta se obtuvo la severidad, así como también se evaluó las propiedades físicas químicas y sensoriales bajo la aplicación de los diferentes tratamientos aplicados.

### **3.1.2 Métodos de investigación:**

Son considerados como el conjunto de procedimientos metodológicos y sistémicos que permiten recopilar, analizar e interpretar información. Las técnicas que se utilizaron fueron:

#### **3.1.2.1 Método cuantitativo.**

Este método permitirá medir las variables dependientes e independientes planteadas y probar si la hipótesis formulada es correcta en base a resultados numéricos y estadísticos utilizados. La investigación cuantitativa permite recoger, analizar los datos numéricos y predecir el comportamiento que presente como respuesta a una relación causa efecto

#### **3.1.2.2 Método cualitativo.**

Permite recopilar información a través de evaluaciones cualitativas de atributos organolépticos percibidos por los panelistas semi-entrenados a través de los órganos de los sentidos. El método cualitativo y cuantitativo están directamente relacionados en la investigación debido a que permite describir las propiedades sensoriales presentes y su medición

### **3.2 Materiales**

Para la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales que se detallan a continuación:

#### **Materiales de laboratorio**

- Micropipeta de 1000ul
- Pipeta de vidrio
- Piseta 500 ml plástica

- Vasos de precipitación (50, 10 y 250 ml)
- Probeta 250ml
- Tubos de ensayo
- Punta amarillas 10 a 200 ul
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Cámara neubauer
- Placas Petri
- Bisturí
- Vórtex

### **Equipos**

- Balanza Analítica
- pH-metro portátil
- Refractómetro
- Penetrómetro
- Cámara de flujo laminar
- Cámara de refrigeración
- Incubadora
- Microscopio electrónico

### **Reactivos**

- Potato dextrosa Agar
- Ácido cítrico
- Hidróxido de sodio
- Bicarbonato de sodio
- Tween80 al 0,05%
- Agua destilada

### **3.3 Investigación descriptiva**

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron frutos de papaya obtenidos del cantón Santo Domingo, de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, los

mismos que fueron cosechados con un grado de madurez 2, cuando la fruta presentó una ligera tonalidad amarilla.

### **3.3.1 Descripción del proceso**

#### **Aislamiento e identificación de *Colletotrichum sp.***

En esta fase experimental se utilizaron 10 frutos de papaya, que fueron almacenados a temperatura ambiente durante 21 días, hasta que empezaron a mostrar los primeros síntomas de la enfermedad. Para el aislamiento de los principales microorganismos patógenos presentes en papaya, se introdujeron los frutos enteros en agua estéril durante 3 minutos, con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de residuos sólidos presentes en la corteza del fruto. Una vez que las papayas estuvieron limpias, con un bisturí se retiró parte de la superficie contaminada de cada fruto, la muestra fue sembrada en placas petri con medio de cultivo PDA (potato dextrosa agar) y se incubó a 25 °C.

A partir del día 3 de la siembra, se realizaron observaciones del crecimiento de los microorganismos y se seleccionó de cada placa las colonias a ser aisladas. Posteriormente los hongos patógenos aislados se purificaron, mediante resiembras semanales. Una vez aislados los principales hongos patógenos en papaya, se realizó la identificación macro y microscópica (Parven et al., 2020)

Para la identificación macroscópica, se observó el crecimiento micelial del hongo, el tamaño, la textura, la forma de crecimiento y la coloración de ambas caras de la placa Petri. Las características encontradas fueron comparadas con referencias bibliográficas específicamente de *Colletotrichum sp.* Mientras que, para la identificación microscópica se realizó en un microscopio óptico con un lente de aumento (40x), en donde se colocó una gota de la suspensión del microorganismo en el portaobjetos y se observó el tamaño y la forma de las esporas.

Además, para la identificación del micelio, conidios, conidióforos e hifas, se colocó parte del material fúngico con una cinta adhesiva transparente en el portaobjetos y se observó en el microscopio óptico. Luego de visualizado, se comparó con claves micológicas y fuentes bibliográficas válidas con el objetivo de identificar el género *Colletotrichum sp.*

### 3.3.1.1 Evaluación de la severidad.

#### *Preparación de inóculos.*

Una vez identificado el microorganismo *Colletotrichum sp*, causante de la enfermedad antracnosis, se procedió a la preparación de la suspensión  $10^6$  conidias/ml, considerada la concentración más agresiva durante el periodo poscosecha de la papaya. Para este análisis se utilizaron cepas fúngicas que presentaron un crecimiento micelial en PDA, de aproximadamente 15 días a una temperatura de 25 °C. Las suspensiones de los inóculos se prepararon colocando 10 ml de agua destilada estéril más tween80 al 0,05 % en las placas Petri del hongo patógeno, con la ayuda de una micropipeta y una punta estéril, se raspo el micelio, hasta lograr obtener una suspensión de esporas. A continuación, se colocó en un tubo estéril y se agitó en un vórtex con el objetivo de homogenizar la suspensión.

Para conseguir la concentración deseada, se inició determinando la concentración inicial, por lo que se tomó una gota de suspensión del tubo de ensayo y se colocó en la parte superior e inferior de la cámara Neubauer (Boeco, Germany). En el microscopio óptico se observó las esporas y se procedió a contar solamente aquellas que estuvieron presentes en las diagonales de las dos cuadrículas. Posteriormente se aplicó la siguiente ecuación, la misma que permitió calcular la concentración inicial de conidias/ml presentes en la suspensión:

$$C_0 = \frac{d_1+d_2+d_3+d_4}{80} * 4 * 10^6$$

[Ec.1]

Donde:

**C<sub>0</sub>**: Concentración inicial de conidias/ml

**d<sub>1</sub>**: Número de esporas presentes en el campo superior (diagonal derecha)

**d<sub>2</sub>**: Número de esporas presentes en el campo superior (diagonal izquierda)

**d<sub>3</sub>**: Número de esporas presentes en el campo inferior (diagonal derecha)

**d<sub>4</sub>**: Número de esporas presentes en el campo inferior (diagonal izquierda)

Una vez que se conoció la concentración inicial, se procedió ajustar el volumen de la suspensión para lograr obtener la concentración de  $10^6$  conidias/ml a través de la siguiente ecuación:

$$C_1X = C_2(V_1 + X)$$

[Ec.2]

Dónde:

**C<sub>1</sub>**: Concentración inicial

**C<sub>2</sub>**: Concentración final ( $10^6$  conidias/ml)

**X**: Cantidad de volumen que se debe de tomar de la suspensión inicial de *Colletotrichum sp.* para añadir al volumen conocido ( $V_1$ ) y conseguir llegar a la concentración final ( $C_2$  15ml)

**V<sub>1</sub>**: Cantidad de volumen conocido de agua estéril +tween80 al que se le debe de agregar el volumen desconocido X con la finalidad de conseguir llegar a la concentración final  $C_2$

### **Inoculación del microorganismo patógeno por herida**

Previo al proceso de inoculación de *Colletotrichum sp.*, causante de antracnosis, las papayas fueron desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 100 ppm durante 2 minutos, posteriormente, fueron secadas a temperatura ambiente  $\approx 20$  °C. A continuación, se efectuó la inoculación artificial mediante herida, con un punzón metálico estéril se realizó dos heridas en la zona ecuatorial del fruto y se inoculó 20 ul de la suspensión de *Colletotrichum sp.* ( $10^6$  conidias/ml) en cada una de las heridas y se dejó secar la gota de inóculo por aproximadamente 2 horas (Zhanquan et al., 2014).

### ***Preparación de tratamientos.***

Una vez inoculado el hongo patógeno, se procedió a preparar las concentraciones de bicarbonato de sodio al 1, 2 y 3%, se colocó 10, 20 y 30 gramos por cada litro de agua respectivamente. El soluto fue disuelto en agua a una temperatura de

50°C y se agitó con la finalidad de homogenizar la solución. La metodología de tratamiento utilizada fue por inmersión, por esta razón las frutas se sumergieron en cada uno de estos tratamientos durante 1 minuto y posteriormente se secaron a temperatura ambiente.

Para la preparación del tratamiento del fungicida (procloraz), se utilizó 3cm<sup>3</sup>/l, para la aplicación los frutos fueron rociados el tratamiento y posteriormente se secaron a temperatura ambiente ≈ 20 °C.

#### ***Evaluación de la severidad.***

Para determinar la severidad ocasionada por el microorganismo patógeno inoculado (*Colletotrichum sp*), se realizó mediante mediciones diarias del diámetro de podredumbre ocasionado en los frutos inoculados y aplicados los tratamientos (bicarbonato de sodio a diferentes concentraciones, aplicación de fungicida sintético y frutos control) (Zhanquan *et al.*, 2014).

#### **3.3.1.2 Análisis de la calidad físico – química.**

La evaluación de las propiedades físicas y químicas de las frutas tratadas se realizaron los días 0, 14, 21, 28 y 35 de aplicación de los diferentes tratamientos en estudio, por esta razón se evaluaron las siguientes características

#### ***Pérdida de peso.***

Los frutos se pesaron al inicio del periodo de almacenamiento y los días 14, 21, 28 y 35 días de conservación de cada uno de los tratamientos, con la ayuda de una balanza digital electrónica (BOECO, modelo BWL 51, 2000 g, 0,01G). Los valores obtenidos se expresaron como el porcentaje de pérdida de peso de la fruta a través de la siguiente ecuación:

$$\%PP = \frac{(m_o - m_f)}{m_o} * 100$$

[Ec.3]

**PP:** Pérdida de peso (%)

**m<sub>o</sub>:** Masa inicial del fruto

**m<sub>f</sub>:** Masa final del fruto en un día n

### ***Firmeza.***

Se retiró una fina capa de la epidermis de las papayas en cada una de las zonas de medición y para la obtención de la firmeza se utilizó un penetrómetro manual (Wagner, modelo FT327, 13 kgf , 0,1 kgf) con una punta de 8 mm de diámetro y se tomó dos medidas por cada fruto. Las mediciones se realizaron por cada tratamiento, en cada una de los lotes de salida y los resultados se expresaron en Newton (N).

### ***Acidez titulable.***

Para determinar la acidez titulable, se lo realizó de acuerdo con la metodología descrita en el AOAC (2007). De esta manera se diluyó 5 ml de la pulpa filtrada en 50 ml de agua destilada y con hidróxido de sodio 0,1N se tituló con hasta que se obtuvo un pH de 8,1. Los resultados se expresaron en % de ácido cítrico mediante la siguiente ecuación:

$$\% Ac = \frac{N \times f \times f_M \times V_{NaOH}}{V_o} * 100$$

[Ec.4]

Donde:

**Ac:** acidez titulable (%)

**N:** Normalidad de NaOH (0,1 N)

**f:** Factor de NaOH

**f<sub>M</sub>:** Factor del ácido cítrico 0,067

**V<sub>NaOH</sub>:** Cantidad de volumen de NaOH usado en la valoración (ml)

**V<sub>o</sub>:** Volumen utilizado de jugo (ml)

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

Para este análisis de cada 5 frutos se extrajo una muestra de jugo de forma manual, triturando y filtrando la parte de la pulpa de los frutos. Los SST se determinaron

colocando una pequeña porción de jugo (alícuota) en un refractómetro digital (Hanna, 0,2% Brix) previamente calibrado y se tomó la medida. Los valores obtenidos se expresaron en °Brix.

### ***pH.***

El pH se midió con un pH-metro portátil (BOECO, modelo PT-70, pH 14, pH 0,01, Alemania) (Kalupahana et al., 2020).

### **3.3.1.3 Análisis sensorial de los frutos.**

Las papayas a ser utilizadas para este análisis no fueron inoculadas con *Colletotrichum sp.* Para las pruebas se utilizaron frutas tratadas con bicarbonato de sodio con el que presentó mejor resultado en relación con el control de la severidad y efectos sobre la calidad físico- química de la fruta. Se compararon con frutos con tratamiento fungicida sintético (procloraz) y frutos control. Las papayas se almacenaron a 13°C durante 28 días y luego 7 días a temperatura ambiente.

Para el análisis sensorial se utilizaron 10 panelistas, a los cuales se les brindó una inducción sobre el proceso y las técnicas que deberán utilizar para realizar el análisis sensorial a cada una de las muestras. Los panelistas seleccionados fueron consumidores habituales de la fruta con edades comprendidas entre 20 a 40 años; y correspondieron 50% hombres y 50% mujeres.

Los panelistas recibieron 3 muestras de frutas (una papaya por cada tratamiento) identificadas con diferentes códigos de tres dígitos en el que evaluaron la apariencia general del fruto y la presencia de olores extraños.

Mientras que, para el análisis de los atributos tales como: color, aroma, dulzor y sabores extraños se proporcionó a los panelistas muestras de papaya picada identificada con códigos al azar de 3 dígitos aleatorios. Para esta prueba las muestras se obtuvieron, retirando la piel, cortando y descartando los extremos de la fruta, este proceso se lo realizó con la finalidad de obtener muestras homogéneas

Las pruebas se realizaron mediante la medición del grado de satisfacción, de esta manera se utilizó una escala hedónica estructuradas de 5 puntos. Esta prueba se realizó los días 0, 14, 21, 28 y 35 días (García et al., 2017).



### **3.4 Investigación experimental**

#### ***3.4.1 Diseño experimental***

##### **Análisis estadístico de la severidad ocasionada por *Colletotrichum* sp.**

La unidad experimental para cada uno de los tratamientos fue de 10 frutos. Las papayas tratadas, se almacenaron durante 35 días a las siguientes condiciones. El análisis estadístico que se empleó fue mediante un diseño experimental completamente al azar (DCA), con 5 niveles los cuales son: bicarbonato de sodio (1; 2; 3 % p/v), los frutos con tratamiento fungicida y frutos control. La variable que se obtuvo de respuesta fue la severidad (cm). De este experimento se determinó el tratamiento con menor severidad del patógeno en los frutos. Los resultados obtenidos fueron analizados a través de un análisis estadístico de varianza ANOVA que presenta un nivel de confianza del 95 %.

##### **Análisis estadístico de la calidad físico- química.**

Para evaluar los parámetros físicos y químicos se aplicó pruebas destructivas para cada tratamiento en cada una de las salidas. En total se utilizaron 210 frutos, la unidad muestral fue de 10 frutos por cada tratamiento (3 tratamientos de bicarbonato de sodio, 1 fungicida y 1 control por 4 salidas los días 14, 21, 28 y 35) y 10 frutos que correspondieron a la evaluación de la calidad fisicoquímica del día cero.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar (DCA) con 5 niveles. Los niveles correspondieron al tratamiento con bicarbonato de sodio a tres concentraciones (1; 2; 3% p/v), el tratamiento con fungicida (procloraz 0,3 cm<sup>3</sup>/l) y los frutos control. Las variables de respuesta fueron las características físico-químicas evaluadas. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente a través de un análisis de varianza ANOVA con un nivel de confianza del 95 % y fueron sometidos a una separación de medias con la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD), a través del software statgraphics centurion.

##### **Análisis estadístico análisis sensorial**

Para el análisis sensorial se utilizaron 75 frutos, la unidad muestral fue de 5 frutos por cada tratamiento (tratamiento de bicarbonato de sodio al 2%, fungicida y

control por 4 salidas los días 14, 21, 28 y 35) y 15 frutos que correspondieron al análisis sensorial en el día cero.

El diseño experimental empleado fue completamente al azar, se utilizó 3 niveles que corresponden al tratamiento más efectivo con bicarbonato de sodio, al testigo y el fungicida químico (procloraz 0,3 cm<sup>3</sup>/l), las variables de respuesta fueron las características sensoriales que se evaluarán los días 0, 14, 21, 28 y 35 de almacenamiento. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente a través de un análisis de varianza ANOVA con un nivel de confianza del 95 % y fueron sometidos a una separación de medias con la prueba de la mínima diferencia significativa (LSD), a través del software statgraphics centurion.

### 3.4.2 Factores de estudio

En la presente investigación los niveles de estudios presente fueron: Concentración de bicarbonato de sodio y tiempo de almacenamiento; y las variables de respuesta fueron la severidad, características físicoquímicas y sensoriales de las frutas.

Tabla 3

Descripción de los factores de estudio.

| Factor                   | UM | Tipo de Tratamiento   |
|--------------------------|----|---|
| Tratamientos             | %  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bicarbonato de sodio al 1%</li> <li>- Bicarbonato de sodio al 2%</li> <li>- Bicarbonato de sodio al 3%</li> <li>- Tratamiento con fungicida (procloraz)</li> <li>- Frutos control</li> </ul> |
| Tiempo de almacenamiento | d  | <p style="text-align: center;">35 días</p> <p>Mediciones de los parámetros los días (0,14,21,28 y 35)</p>   |

**Elaborado por:** Autora (Vaca, 2022)

## CAPÍTULO IV.

### 4. APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

#### 4.1 Resultados

##### 4.1.1 Evaluación de la severidad

En la tabla 4 se muestra los resultados obtenidos de la evaluación de la severidad de la enfermedad causada por *Colletotrichum sp.* en papaya (*Carica papaya* L.) durante el período poscosecha, con la aplicación de las tres concentraciones de bicarbonato de sodio, fungicida y frutos control, durante los 35 días de almacenamiento.

Tabla 4

Evaluación de la severidad.

| Tratamientos | Días de almacenamiento    |                          |                          |                          |                          |
|--------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|              | 7                         | 14                       | 21                       | 28                       | 35                       |
| 1% SBC       | 0,12 ± 0,04 <sup>a</sup>  | 0,47 ± 0,07 <sup>b</sup> | 0,84 ± 0,07 <sup>b</sup> | 1,46 ± 0,11 <sup>b</sup> | 2,20 ± 0,11 <sup>b</sup> |
| 2% SBC       | 0,12 ± 0,04 <sup>a</sup>  | 0,41 ± 0,04 <sup>a</sup> | 0,76 ± 0,07 <sup>a</sup> | 1,11 ± 0,15 <sup>a</sup> | 1,81 ± 0,11 <sup>a</sup> |
| 3% SBC       | 0,14 ± 0,05 <sup>ab</sup> | 0,53 ± 0,04 <sup>b</sup> | 0,88 ± 0,10 <sup>b</sup> | 1,53 ± 0,12 <sup>b</sup> | 2,51 ± 0,09 <sup>c</sup> |
| FUNGICIDA    | 0,17 ± 0,06 <sup>bc</sup> | 0,69 ± 0,08 <sup>c</sup> | 1,1 ± 0,10 <sup>c</sup>  | 1,93 ± 0,18 <sup>c</sup> | 3,6 ± 0,21 <sup>d</sup>  |
| CONTROL      | 0,20 ± 0,04 <sup>c</sup>  | 0,73 ± 0,11 <sup>c</sup> | 1,2 ± 0,16 <sup>d</sup>  | 2,38 ± 0,28 <sup>d</sup> | 4,14 ± 0,31 <sup>e</sup> |

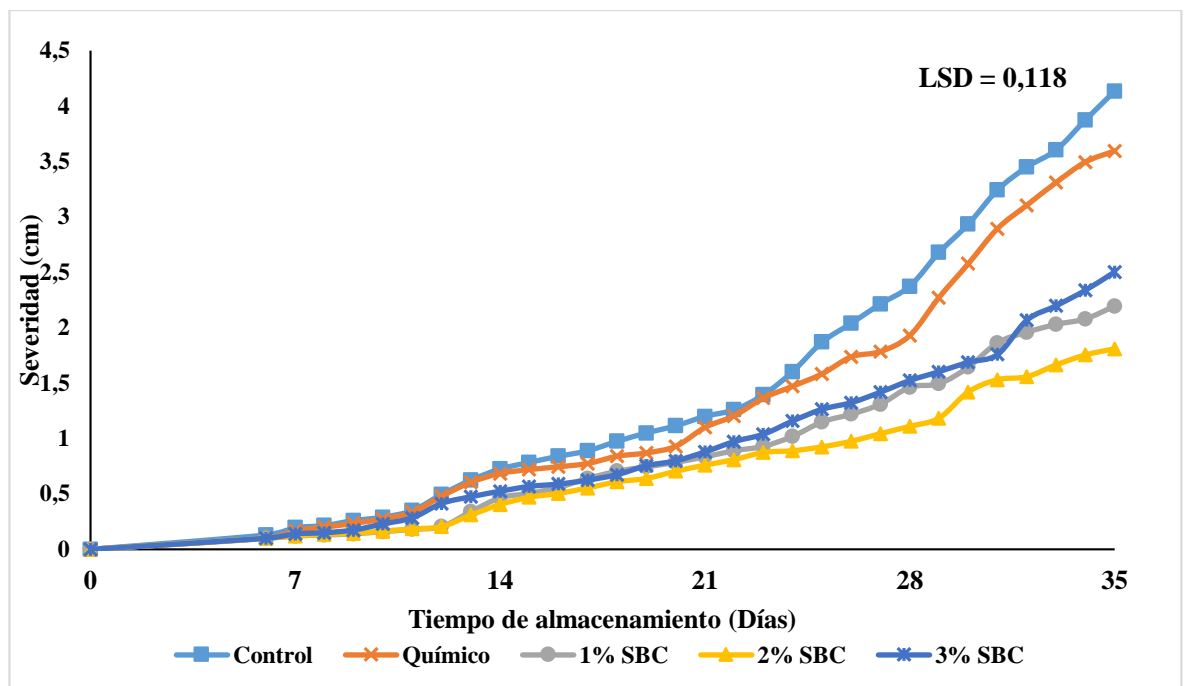
**Nota:** <sup>abcd</sup> Las letras minúsculas pequeñas distintas en cada columna, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD(p < 0,05).

Del análisis estadístico se evidencia que en el día 7 de almacenamiento la severidad de la podredumbre del tratamiento con sales de bicarbonato de sodio (SBS) al 2% fue estadísticamente igual a la severidad del tratamiento al 1% de SBS. Mientras que los frutos tratados con bicarbonato de sodio al 3%, fungicida y frutos control presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

Desde el día 14 hasta el día 35, se obtuvo que el tratamiento con bicarbonato de sodio al 2% fue el más efectivo controlando la podredumbre causada por *Colletotrichum sp.*, este tratamiento presentó una severidad menor (1,81cm) en comparación a los demás tratamientos. De la medición del diámetro de severidad de *Colletotrichum sp.*, y del análisis estadístico, se muestra que a los 35 días de almacenamiento, los diferentes tratamientos presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre sí. De la misma forma, se puede apreciar que al utilizar bicarbonato de sodio al 2%, el hongo de género *Colletotrichum sp.*, alcanzó un valor de 1,81 cm de lesión y los tratamientos de bicarbonato de sodio al 1 y 3 desarrollaron valores de severidad de 2,51 y 2,20 cm respectivamente. Y que los frutos control (sin ningún tratamiento) fueron los que mayor podredumbre presentaron, seguido de los frutos con tratamiento fungicida (procloraz).

En la figura 1 se muestra el comportamiento que mostró *Colletotrichum sp.* en los frutos tratados con bicarbonato de sodio a las diferentes concentraciones (1, 2 y 3%), fungicida y frutos control, en el que se evidencia que presentó un crecimiento lineal con el transcurso del tiempo, durante los 35 días de almacenamiento. Cada punto representa el valor promedio de la medición de la severidad de 10 frutas tratadas, las mediciones se realizaron a partir del día que iniciaron a presentarse los primeros síntomas del crecimiento del microorganismo.

**Figura 1** Evaluación de la severidad (cm) en papayas inoculadas con *Colletotrichum sp.*



**Nota:** Frutas almacenadas durante 35 días

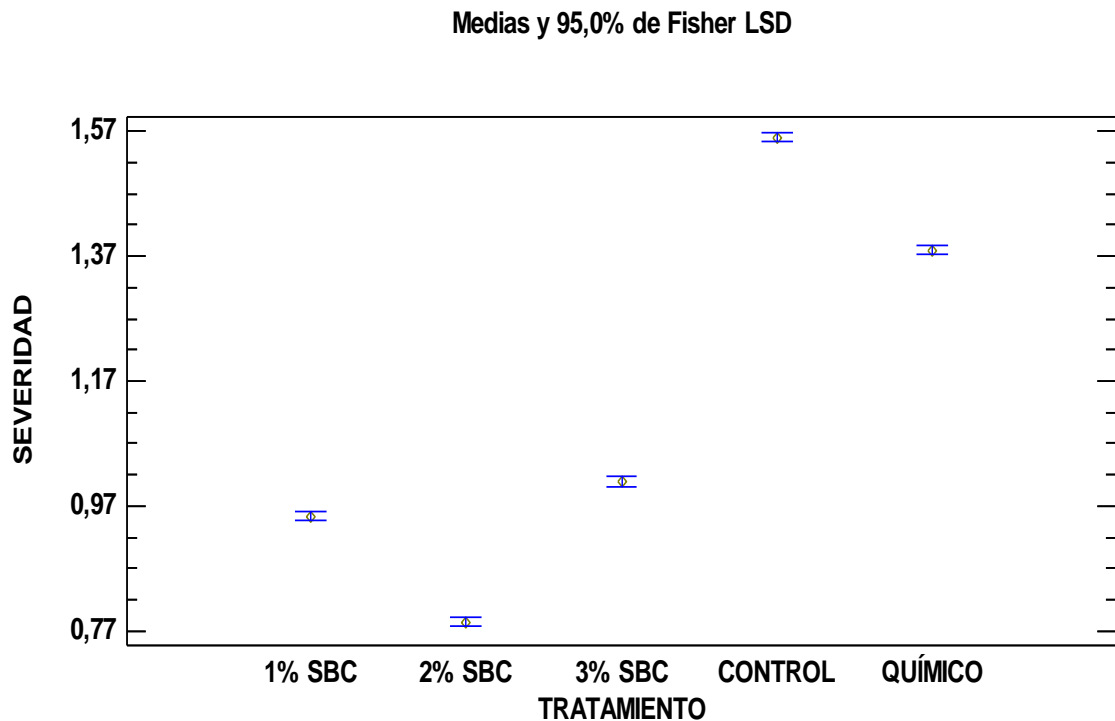
Además, la severidad ocasionada por el hongo patógeno fue incrementando en el transcurso del tiempo de almacenamiento en todos los tratamientos de estudio, presentando mayor crecimiento en los últimos 7 días de almacenamiento, debido al cambio de condiciones de almacenamiento y siendo más marcado el desarrollo del microorganismo en los frutos control y los frutos con tratamiento fungicida (procloraz). Mientras que los frutos tratados con bicarbonato de sodio al 1, 2 y 3% presentaron un crecimiento más lento de *Colletotrichum sp.*

Además, en esta investigación no se cumplió la premisa de que, a mayor concentración de SBC, mejor control de la podredumbre. El SBC es considerado como aditivo alimentario que presenta una baja fitotoxicidad cuando se usa bajas concentraciones (1 al 4%) y además ha demostrado una alta eficiencia en el control de microorganismos patógenos causantes de podredumbres en el periodo poscosecha. Del análisis estadístico de medias, se observa en la figura 2 existen diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos y que

los tratamientos influyeron directamente en la severidad luego de 35 días de almacenamiento.

Figura 2

Análisis de medias de la evaluación de la severidad.



En otros estudios han evidenciado que la aplicación de bicarbonato de sodio disminuye la podredumbre y mantiene la calidad de la fruta, debido a que es una tecnología que permite prevenir y reducir el desarrollo de podredumbres en el periodo poscosecha, por la acción antifúngica que presenta, el cual induce a la fruta a desarrollar mecanismos de defensa, que inhiben la germinación y proliferación de esporas. De acuerdo con un estudio realizado por Youssef et al. (2014) demostró que el  $\text{NaHCO}_3$  al 3 % disminuyó al 100 % la incidencia del ataque de *Penicillium digitatum* en naranjas y clementinas. Así como también en frutos de bananos, tratados con bicarbonato de sodio (300nm) por inmersión durante 10 minutos, disminuyó las afectaciones ocasionadas por *Colletrotrichum sp.* También las demás enfermedades latentes que afectan al fruto (De Costa et al., 2012). Así como también, en cítricos el SBC controló efectivamente el desarrollo del moho verde y azul provocado por *Penicillium digitatum e italicum* (Zhu et al., 2013).

#### 4.1.2 Calidad físico- química

En la tabla 5, se muestra las características físico – químicas que presentaron los frutos en el día de aplicación del tratamiento. El color presentó un valor promedio de 1,8 que de acuerdo con la escala de color de la papaya mostró un grado de madurez 2, con una coloración verde con una ligera tonalidad amarilla, el valor de la desviación estándar estuvo relacionado por la presencia de frutos con diferentes estados de madurez.

El valor promedio de la firmeza fue de 22,31 N, lo que está relacionado con el estado de madurez de las frutas. Así como también los sólidos solubles presentaron un valor promedio de 10,65 (°brix); el pH 4,95 y un valor de acidez bajo de 0,33.

Tabla 5

Parámetros físico – químicos de la papaya (día cero).

| <b>Características</b>   | <b>Valor Promedio</b> |
|--------------------------|-----------------------|
| Firmeza                  | 22,31 ± 1,41          |
| Color                    | 1,8 ± 0,42            |
| Sólidos solubles totales | 10,65 ± 0,21          |
| pH                       | 4,95 ± 0,21           |
| Acidez Titulable         | 0,33 ± 0,04           |

#### **Pérdida de peso**

La papaya al ser una fruta altamente perecedera es susceptible al ataque de microorganismos patógenos que afectan a la calidad de la fruta. En la tabla 6, se muestra el porcentaje de pérdida de peso que presentaron los frutos en los diferentes tratamientos durante 35 días. De manera general, se evidencia que a medida que incrementó el tiempo de almacenamiento, la pérdida de peso fue mayor, siendo más relevante en condiciones ambientales no controladas.

Tabla 6

Porcentaje de pérdida de peso en frutos

| <b>Tratamientos</b> | <b>Días de almacenamiento</b> |           |           |           |
|---------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                     | <b>14</b>                     | <b>21</b> | <b>28</b> | <b>35</b> |

|           |                           |                           |                          |                           |
|-----------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1% SBC    | 1,36 ± 0,37 <sup>ab</sup> | 2,63 ± 0,23 <sup>ab</sup> | 4,73 ± 0,20 <sup>a</sup> | 9,15 ± 0,41 <sup>ab</sup> |
| 2% SBC    | 1,44 ± 0,23 <sup>b</sup>  | 2,42 ± 0,19 <sup>a</sup>  | 4,64 ± 0,83 <sup>a</sup> | 8,53 ± 0,48 <sup>a</sup>  |
| 3% SBC    | 1,60 ± 0,13 <sup>c</sup>  | 2,74 ± 0,43 <sup>b</sup>  | 4,87 ± 0,27 <sup>a</sup> | 9,58 ± 0,34 <sup>b</sup>  |
| FUNGICIDA | 1,17 ± 0,18 <sup>a</sup>  | 2,85 ± 0,19 <sup>b</sup>  | 5,05 ± 0,64 <sup>a</sup> | 9,36 ± 0,94 <sup>ab</sup> |
| CONTROL   | 2,27 ± 0,22 <sup>d</sup>  | 3,29 ± 0,39 <sup>c</sup>  | 5,74 ± 0,61 <sup>b</sup> | 10,58 ± 0,46 <sup>c</sup> |

**Nota:** <sup>abcd</sup> Las letras minúsculas pequeñas distintas en cada columna, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD ( $p < 0,05$ ).

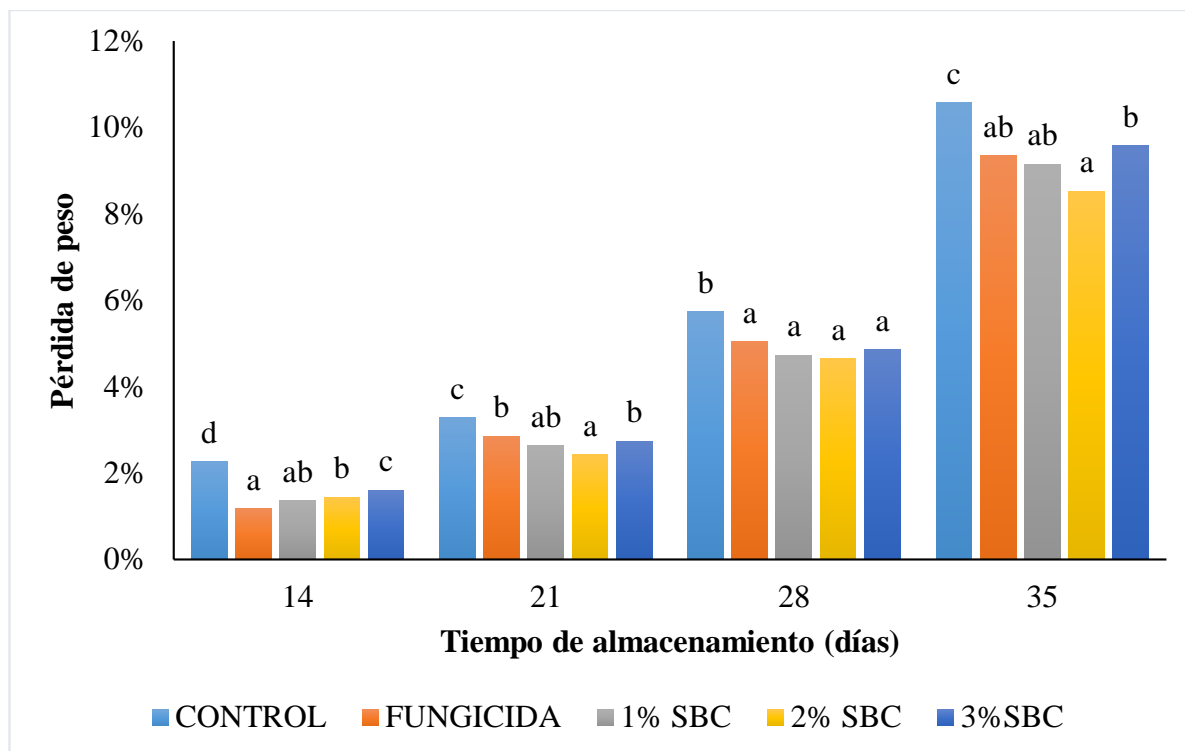
En el día 14 se evidenció en los diferentes tratamientos aplicados, diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), los frutos control fueron los que mayor pérdida de peso presentaron (2,27 %) en comparación a los demás. En la segunda salida (día 21), los frutos tratados con bicarbonato de sodio al 2% presentaron el menor porcentaje de pérdida de peso, sin embargo, existió diferencias significativas entre tratamientos, a excepción del tratamiento con bicarbonato de sodio al 3 % y fungicida.

En la tercera salida (día 28), solamente los tratamientos control presentaron diferencias significativas en la pérdida de peso en comparación con los demás tratamientos. A los 35 días de almacenamiento: 28 días a  $13\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  y  $90 \pm 5\%$  de HR y 7 días a temperatura ambiente ( $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), se puede evidenciar que la pérdida de peso en todos los tratamientos fue casi el doble de lo obtenido en los 7 días anteriores. Estadísticamente se evidencia diferencias significativas entre tratamientos a excepción de los frutos tratados con fungicida y con bicarbonato de sodio al 1 %. El tratamiento que menor pérdida de peso provocó en las papayas fue el tratamiento con bicarbonato de sodio al 2%, mientras que el que mayor pérdida de peso en el día 35 y en todo el periodo de almacenamiento fue en los frutos sin ningún tratamiento.



Figura 3

Análisis de medias de la evaluación de la severidad.



**Nota:** <sup>abcd</sup> Las letras minúsculas pequeñas distintas en cada columna, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD( $p < 0,05$ ).

La pérdida de peso en los frutos se produjo por la diferencia de presión de vapor entre la fruta y el medio, además al cambio de las condiciones de almacenamiento, lo cual favoreció al desarrollo de los microorganismos presentes en la fruta y aceleró el proceso de respiración y transpiración de las papayas (Lai *et al.*, 2015). Se atribuye que, los frutos perdieron peso por los cambios que han sufrido durante su periodo de almacenamiento, como consecuencia de los procesos de respiración y transpiración que por naturaleza lo realizan. Estos procesos ocasionan el ablandamiento de la pulpa, afectan a la calidad de la fruta por el ataque microbiano y por las transformaciones internas en su estructura producen cambios en el contenido de azúcar y ácido (Marrigal, *et al.*, 2020).

El tratamiento con bicarbonato de sodio reduce las pérdidas de peso por deshidratación debido a que modifica las atmosferas internas del fruto. Este

tratamiento se ha aplicado en una gran variedad de frutas, melón, manzanas, naranjas entre otros y efectivamente los estudios demuestran resultados positivos que disminuyen la pérdida de peso.

### **Firmeza**

Durante todo el periodo de almacenamiento las papayas presentaron una reducción de la firmeza en todos los tratamientos. En la tabla 7 se observa la disminución de manera paulatina, en cada salida (14, 21, 28 y 35 días). Del análisis estadístico se muestra que existió diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

Tabla 7

Firmeza en las frutas inoculadas con *Colletotrichum* sp.

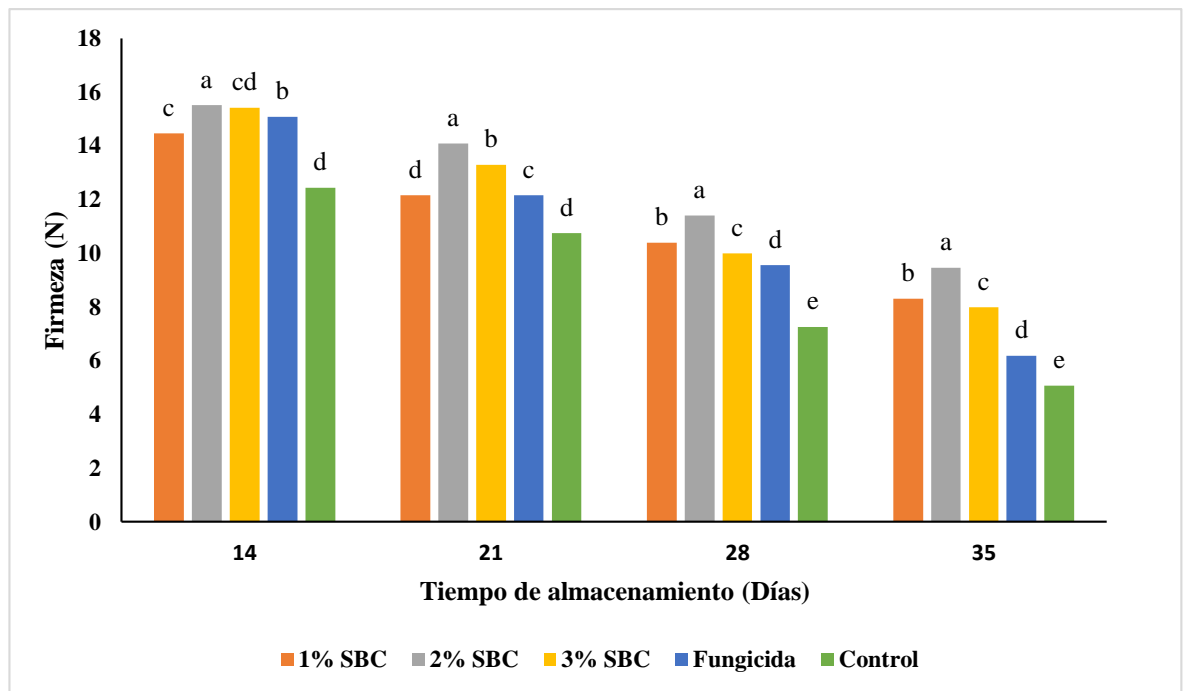
| Tratamientos | Días de almacenamiento     |                           |                           |                          |
|--------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|              | 14                         | 21                        | 28                        | 35                       |
| 1% SBC       | 14,46 ± 0,52 <sup>c</sup>  | 12,65 ± 0,33 <sup>d</sup> | 10,39 ± 0,26 <sup>b</sup> | 8,31 ± 1,36 <sup>b</sup> |
| 2% SBC       | 15,53 ± 0,59 <sup>a</sup>  | 14,1 ± 0,41 <sup>a</sup>  | 11,40 ± 0,71 <sup>a</sup> | 9,47 ± 1,12 <sup>a</sup> |
| 3% SBC       | 15,42 ± 0,48 <sup>cd</sup> | 13,3 ± 0,37 <sup>b</sup>  | 9,99 ± 1,06 <sup>c</sup>  | 7,99 ± 0,28 <sup>c</sup> |
| FUNGICIDA    | 15,09 ± 0,42 <sup>b</sup>  | 12,16 ± 0,24 <sup>c</sup> | 9,56 ± 0,40 <sup>d</sup>  | 6,19 ± 0,26 <sup>d</sup> |
| CONTROL      | 12,44 ± 0,46 <sup>d</sup>  | 10,75 ± 0,18 <sup>d</sup> | 7,27 ± 0,28 <sup>e</sup>  | 5,08 ± 0,08 <sup>e</sup> |

Nota: <sup>abcd</sup> Las letras minúsculas pequeñas distintas en cada columna, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD( $p < 0,05$ ).

En el día 14, las frutas que presentaron mejor firmeza fueron los tratamientos con bicarbonato de sodio al 2 y 3% y los frutos tratados con fungicida químico (procloraz), con un valor promedio de 15,52; 15,42 y 15,09 N respectivamente. Mientras que en los días 21, 28 y 35 de almacenamiento, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Las papayas que mejores características mostraron al finalizar el periodo de evaluación fueron las tratadas con bicarbonato de sodio al 2 % y las que mayores afectaciones tuvieron fueron las frutas control 5,07 N.

Figura 4

Firmeza de papayas inoculados con *Colletotrichum* sp.



**Nota:** <sup>abcd</sup> Las letras minúsculas pequeñas distintas en cada columna, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD( $p < 0,05$ ).

Ciertos autores, indican que el incremento del desarrollo de la podredumbre se encuentra directamente relacionada con la pérdida de peso y firmeza de la fruta, por el ablandamiento de la pared celular y su composición, de manera especial los polisacáridos, debido a que las enzimas pectolíticas actúan en el fruto ocasionando el ablandamiento de los tejidos y en consecuencia la disminución de la firmeza. El fruto degrada los azúcares simples (glucosa), procedentes del almidón, hemicelulosa y la peptina de la pared celular de la piel (Barragán, Méndez y Rodríguez, 2018)

En la etapa inicial presentan una estructura rígida, debido a las protopectinas altamente esterificadas. Sin embargo, durante los 35 días de almacenamiento las frutas sufrieron una maduración y por ende ablandamientos de las paredes celulares,

debido a la actividad enzimática producida por los poligalacturonasa. Resultados similares fueron encontrados en mandarinas tratadas con 238 mM de bicarbonato de Sodio( Hong *et al.*, 2014).

### Color

En este análisis, se evaluó visualmente el color con la finalidad de determinar las etapas de madurez. Por lo general el grado de madurez de las papayas constituyen un factor que determina el estado de consumo y comercialización de la fruta. El color de la fruta cambio continuamente de verde a amarillo. Los valores obtenidos del índice de color de los frutos de papaya durante los 35 días de almacenamiento se presentan en la tabla 8, en la que se evidencia que en el día 14, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Mientras que a partir del día 21, los tratamientos influyeron sobre la variable de respuesta, mostrando diferencias significativas específicamente en los frutos control.

Tabla 8  
Índice de color en frutos de papaya.

| Tratamientos | Días de almacenamiento  |                          |                          |                          |
|--------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|              | 14                      | 21                       | 28                       | 35                       |
| 1% SBC       | 1,9 ± 0,32 <sup>a</sup> | 2,2 ± 0,42 <sup>a</sup>  | 2,8 ± 0,42 <sup>ab</sup> | 3,5 ± 0,53 <sup>a</sup>  |
| 2% SBC       | 1,8 ± 0,42 <sup>a</sup> | 2,2 ± 0,42 <sup>a</sup>  | 2,9 ± 0,32 <sup>a</sup>  | 3,5 ± 0,53 <sup>a</sup>  |
| 3% SBC       | 2,1 ± 0,32 <sup>a</sup> | 2,3 ± 0,48 <sup>ab</sup> | 2,6 ± 0,52 <sup>ab</sup> | 3,6 ± 0,52 <sup>a</sup>  |
| FUNGICIDA    | 1,9 ± 0,32 <sup>a</sup> | 2,3 ± 0,48 <sup>ab</sup> | 2,9 ± 0,32 <sup>a</sup>  | 3,8 ± 0,42 <sup>ab</sup> |
| CONTROL      | 2 ± 0,67 <sup>a</sup>   | 2,7 ± 0,48 <sup>b</sup>  | 3,2 ± 0,42 <sup>b</sup>  | 4,2 ± 0,42 <sup>b</sup>  |

**Nota:** <sup>abcd</sup> Letras minúsculas pequeñas distintas, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD ( $p < 0,05$ ).

De acuerdo con los resultados, se evidenció la variación de color en las frutas evaluadas. En el día de inicio de aplicación de tratamientos (día 14), las frutas presentaron un valor promedio cercano a 2 que, de acuerdo con el índice de color, las papayas presentan un grado de madurez 2, lo que significa un color verde con una ligera tonalidad amarilla. En el día 21 y 28 debido a las condiciones óptimas

de almacenamiento su índice de color estuvo entre 2 y 3. De esta manera los frutos presentaron un estado de madurez de más del 75 %. Mientras que en el día 35, el índice de madurez presentó valores cercanos a 4. Las frutas control mostraron un cambio de color más rápido en comparación a los demás tratamientos.

En general, el cambio de color en las frutas durante todo su periodo de almacenamiento se produce durante la maduración y en el proceso de senescencia, debido a la degradación de la clorofila que cambia la coloración de la papaya. El deterioro de los frutos tanto en apariencia general y coloración se mostró a partir del día 28, lo cual pudo ser provocado por el incremento de carotenoides, licopeno y otros pigmentos responsables de los colores que dan en el proceso de maduración (Barragán, Méndez y Ramírez, 2018). Por lo tanto, se puede determinar que la aplicación de tratamientos a base de bicarbonato de sodio no provoca cambios indeseables en la apariencia visual de la fruta, sino más bien que el cambio de coloración es propio de la fruta debido al proceso de maduración

#### **Sólidos solubles totales, pH y Acidez titulable**

Los resultados obtenidos del análisis de los sólidos solubles totales (SST), pH y Acidez titulable se presentan en la tabla 9. Estas características son determinantes para determinar el estado de madurez que presenta la fruta.

Tabla 9

Contenido de sólidos solubles (°Brix), pH, acidez titulable (Contenido de ácido cítrico) en frutos de papaya

| <b>Sólidos solubles (°Brix)</b> |                               |                           |                           |                           |
|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>Tratamientos</b>             | <b>Días de almacenamiento</b> |                           |                           |                           |
|                                 | <b>14</b>                     | <b>21</b>                 | <b>28</b>                 | <b>35</b>                 |
| 1% SBC                          | 11,45 ± 0,50 <sup>ab</sup>    | 12,1 ± 0,28 <sup>a</sup>  | 13,1 ± 0,42 <sup>c</sup>  | 13,2 ± 0,57 <sup>b</sup>  |
| 2% SBC                          | 11,75 ± 0,50 <sup>a</sup>     | 12,32 ± 0,64 <sup>a</sup> | 12,7 ± 0,57 <sup>b</sup>  | 13,7 ± 0,28 <sup>a</sup>  |
| 3% SBC                          | 11,1 ± 0,14 <sup>c</sup>      | 12,25 ± 0,21 <sup>a</sup> | 12,3 ± 0,57 <sup>a</sup>  | 13,65 ± 0,64 <sup>a</sup> |
| FUNGICIDA                       | 11,35 ± 0,64 <sup>bc</sup>    | 12,1 ± 0,28 <sup>a</sup>  | 12,8 ± 0,42 <sup>bc</sup> | 13,15 ± 0,35 <sup>b</sup> |
| CONTROL                         | 11,1 ± 0,42 <sup>c</sup>      | 11,75 ± 0,78 <sup>b</sup> | 13 ± 0,14 <sup>bc</sup>   | 13,9 ± 0,28 <sup>b</sup>  |

| <b>pH</b>           |                               |                          |                           |                          |
|---------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Tratamientos</b> | <b>Días de almacenamiento</b> |                          |                           |                          |
|                     | <b>14</b>                     | <b>21</b>                | <b>28</b>                 | <b>35</b>                |
| 1% SBC              | 5,0 ± 0,14 <sup>a</sup>       | 5,1 ± 0,28 <sup>a</sup>  | 5,2 ± 0,14 <sup>c</sup>   | 5,35 ± 0,07 <sup>b</sup> |
| 2% SBC              | 4,9 ± 0,28 <sup>a</sup>       | 5,25 ± 0,50 <sup>a</sup> | 5,5 ± 0,14 <sup>a</sup>   | 5,8 ± 0,14 <sup>a</sup>  |
| 3% SBC              | 5,0 ± 0,29 <sup>a</sup>       | 5,15 ± 0,64 <sup>a</sup> | 5,4 ± 0,14 <sup>bc</sup>  | 5,65 ± 0,07 <sup>a</sup> |
| FUNGICIDA           | 5,15 ± 0,07 <sup>b</sup>      | 5,2 ± 0,42 <sup>a</sup>  | 5,35 ± 0,35 <sup>b</sup>  | 5,8 ± 0,71 <sup>a</sup>  |
| CONTROL             | 4,95 ± 0,21 <sup>a</sup>      | 5,15 ± 0,07 <sup>a</sup> | 5,45 ± 0,21 <sup>bc</sup> | 5,75 ± 0,35 <sup>a</sup> |

| <b>Acidez titulable (% de ácido cítrico)</b> |                               |                          |                          |                           |
|--|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <b>Tratamientos</b>                          | <b>Días de almacenamiento</b> |                          |                          |                           |
|  | <b>14</b>                     | <b>21</b>                | <b>28</b>                | <b>35</b>                 |
| 1% SBC                                       | 0,31 ± 0,02 <sup>a</sup>      | 0,27 ± 0,02 <sup>a</sup> | 0,25 ± 0,02 <sup>a</sup> | 0,23 ± 0,02 <sup>a</sup>  |
| 2% SBC                                       | 0,29 ± 0,05 <sup>a</sup>      | 0,26 ± 0,03 <sup>a</sup> | 0,25 ± 0,09 <sup>a</sup> | 0,24 ± 0,06 <sup>a</sup>  |
| 3% SBC                                       | 0,31 ± 0,02 <sup>a</sup>      | 0,28 ± 0,06 <sup>a</sup> | 0,24 ± 0,03 <sup>a</sup> | 0,22 ± 0,02 <sup>ab</sup> |
| FUNGICIDA                                    | 0,31 ± 0,06 <sup>a</sup>      | 0,27 ± 0,02 <sup>a</sup> | 0,26 ± 0,03 <sup>a</sup> | 0,22 ± 0,02 <sup>ab</sup> |
| CONTROL                                      | 0,30 ± 0,01 <sup>a</sup>      | 0,28 ± 0,02 <sup>a</sup> | 0,25 ± 0,09 <sup>a</sup> | 0,24 ± 0,01 <sup>b</sup>  |

<sup>abcd</sup> Letras minúsculas pequeñas distintas, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD ( $p < 0,05$ ).

El contenido de sólidos solubles durante los 35 días de almacenamiento se incrementó con el paso del tiempo. A partir de la primera salida (día 14) existió diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos en estudio. El menor valor presentó los frutos control y los frutos tratados con

bicarbonato de sodio al 3 %. Al día 21, existió un incremento en el contenido de sólidos solubles, pero en este periodo no existió diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos a excepción de los frutos control. En la tercera salida (día 28) presentaron diferencias entre los frutos tratados con bicarbonato de sodio al 1, 2 y 3 %. Finalmente, al día 35, el incremento de SST fue mayor, debido al cambio de las condiciones de almacenamiento de la fruta. Presentándose un alto contenido de sólidos solubles (SST) en los frutos control.

El tratamiento que mejor contenido mostró fue los frutos con fungicida (procloraz). Del análisis estadístico no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos control y frutos tratados con bicarbonato de sodio al 2 y 3 % y los tratamientos con fungicida y bicarbonato de sodio al 1 %. Pero si existieron diferencias entre los dos grupos. En el pH durante los días 14 y 21 de almacenamiento a condiciones de almacenamiento no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). En la tercera salida (día 28), la menor cantidad de pH presentó el tratamiento con bicarbonato de sodio al 1 % y el que mayor valor mostró fue el tratamiento con bicarbonato de sodio al 2 % y fungicida. Como se muestra en la tabla 7, existe diferencias significativas entre el tratamiento con bicarbonato de sodio al 1 % y los demás tratamientos.

Generalmente la acidez en las diferentes frutas se reduce a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, a razón de que los ácidos orgánicos que se encuentran en la pulpa comienzan su proceso de degradación. La acidez en papaya es baja, por esta razón no tiene efecto en la calidad de la fruta.

Los resultados obtenidos en la investigación tienen el mismo comportamiento de los valores obtenidos en los estudios realizados por Torres, Montes, Pérez y Andrade (2013) en el cual establece que el estado de madurez de la fruta influye sobre el pH y la acidez. Provocando un incremento en el pH y una disminución en la acidez. El limitado incremento de pH se debe al sistema de autorregulación de pH que poseen las frutas, debido al ácido cítrico que presenta un efecto amortiguador.

### 4.1.3 Análisis sensorial

Para la evaluación de la afectación en la calidad sensorial de los frutos tratados, se utilizó muestras de papaya entera y picada. La evaluación se lo realizó con 10 panelistas semi-entrenados.

En este análisis se evaluaron los frutos con tratamiento de bicarbonato de sodio al 2 %, debido a que fue el que mejores resultados evidencio, tanto en la calidad de la fruta y en el control de *Colletotrichum sp*, causante de antracnosis en el periodo poscosecha. Adicional a este, se evaluó los frutos con tratamiento con fungicida (procloraz) y los frutos sin ningún tratamiento (control).

#### Apariencia general

Los panelistas semi-entrenados recibieron tres muestras de frutas enteras y evaluaron visualmente los atributos de la fruta (apariencia general y presencia de olores extraños), los días 0,14, 21,28 y 35 de almacenamiento.

Tabla 10

Resultados de evaluación de la apariencia general de la fruta entera de papaya

| <b>Apariencia general</b>           |                               |                         |                         |                         |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Tratamientos</b>                 | <b>Días de almacenamiento</b> |                         |                         |                         |
|                                     | <b>14</b>                     | <b>21</b>               | <b>28</b>               | <b>35</b>               |
| 2% SBC                              | 3,3 ± 0,48 <sup>a</sup>       | 4,4 ± 0,7 <sup>a</sup>  | 4,1 ± 0,74 <sup>a</sup> | 3,3 ± 0,48 <sup>a</sup> |
| FUNGICIDA                           | 2,8 ± 0,63 <sup>a</sup>       | 3,3 ± 0,67 <sup>b</sup> | 3,7 ± 0,82 <sup>b</sup> | 3,1 ± 0,57 <sup>a</sup> |
| CONTROL                             | 3,4 ± 0,7 <sup>a</sup>        | 3,3 ± 0,48 <sup>b</sup> | 2,9 ± 0,74 <sup>b</sup> | 2,1 ± 0,74 <sup>b</sup> |
| <b>Presencia de olores extraños</b> |                               |                         |                         |                         |
| <b>Tratamientos</b>                 | <b>Días de almacenamiento</b> |                         |                         |                         |
|                                     | <b>14</b>                     | <b>21</b>               | <b>28</b>               | <b>35</b>               |
| 2% SBC                              | 1,2 ± 0,42 <sup>a</sup>       | 1,8 ± 0,92 <sup>a</sup> | 1,6 ± 0,52 <sup>a</sup> | 1,5 ± 0,53 <sup>a</sup> |
| FUNGICIDA                           | 2,2 ± 0,63 <sup>b</sup>       | 3,0 ± 0,67 <sup>b</sup> | 2,6 ± 0,52 <sup>b</sup> | 3,0 ± 0,96 <sup>b</sup> |
| CONTROL                             | 1,5 ± 0,71 <sup>a</sup>       | 1,4 ± 0,7 <sup>a</sup>  | 1,5 ± 0,53 <sup>a</sup> | 1,7 ± 0,67 <sup>a</sup> |

<sup>abcd</sup> Letras minúsculas pequeñas distintas, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD(p < 0,05).

En la tabla 10, se muestra los resultados obtenidos de la evaluación y se observa que, en la apariencia general del fruto, el día 14 las frutas presentaron



características, que a los panelistas no les gusta ni les disgusta. Así como también del análisis estadístico de varianza (ANOVA), se determinó que en estos días no existe diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos en estudio. Sin embargo, a partir del día 21 al 35 y se evidencio una variación en las características de las frutas. En el día 21 y 28 los panelistas establecieron una calificación promedio de 4,4 y 4,1 respectivamente. Lo que significa que les gusta la apariencia general de los frutos tratados con bicarbonato de sodio al 2%, mientras que al día 35 la calificación fue de 3, es decir no les gusta ni les disgusta.

Las papayas tratadas con fungicida (procloraz) desde el día 21 al 35, obtuvieron una calificación promedio de 3, (no les gusta ni les disgusta). A diferencia de los frutos control (sin ningún tratamiento), en el día 21 a los panelistas no les gusto ni les disgusto la apariencia general de la fruta, pero a partir del día 28 hasta el 35 presentaron una calificación de 2,9 y 2,1 respectivamente, lo que significa que mostraron características que disgustaron al panelista, debido al desarrollo de manchas, ablandamientos y necrosis que alteraron la apariencia general de la fruta. Del análisis estadístico se logró evidenciar que a partir del día 21 al día 35, el tratamiento con bicarbonato de sodio al 2 %, presento diferencias estadísticamente significativas en comparación a los demás tratamientos aplicados.

Respecto a la presencia de olores extraños en la fruta, se evidencia en la tabla 6 que, durante todo el periodo de almacenamiento de 0 a 35 días, las frutas tratadas con bicarbonato de sodio al 2 % y las frutas control tuvieron una calificación según la escala hedónica entre (1 -2) lo que significa que existe ausencia de olores extraños. A diferencia de los frutos tratados con fungicida (procloraz) en el que desde el día 0 hasta el día 35 obtuvieron una calificación de 2 a 3, es decir con un moderado olor extraño. Además, a través del análisis estadístico de las varianzas, se evidencio que existen diferencias estadísticamente significativas en comparación al tratamiento con bicarbonato de sodio al 2 % y los frutos control.

En la tabla 11, se evidencian los resultados obtenidos del análisis de muestras de fruta picada con los tres tratamientos, en los cuales se evaluó los atributos de color, aroma, dulzor y sabores extraños durante todo su periodo de almacenamiento.

Los tres tratamientos en estudio no presentaron diferencias estadísticamente significativas en lo referente a color, sin embargo, de acuerdo con la escala hedónica, el valor promedio de calificación por parte de los panelistas estuvo en un rango de 3 a 4 a los 35 días de almacenamiento, que corresponde ni intenso ni opaco e intenso respectivamente.

Tabla 11

Resultados de evaluación de los atributos de papaya cortada.

| <b>Color</b>                         |                               |                          |                         |                          |                          |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <b>Tratamientos</b>                  | <b>Días de almacenamiento</b> |                          |                         |                          |                          |
|                                      | <b>0</b>                      | <b>14</b>                | <b>21</b>               | <b>28</b>                | <b>35</b>                |
| 2% SBC                               | 2,7 ± 0,48 <sup>a</sup>       | 3,0 ± 0,67 <sup>a</sup>  | 3,3 ± 0,67 <sup>a</sup> | 2,7 ± 0,67 <sup>a</sup>  | 3,4 ± 0,70 <sup>a</sup>  |
| FUNGICIDA                            | 2,7 ± 0,67 <sup>a</sup>       | 2,8 ± 0,63 <sup>a</sup>  | 2,9 ± 0,74 <sup>a</sup> | 2,8 ± 0,63 <sup>a</sup>  | 3,1 ± 0,88 <sup>a</sup>  |
| CONTROL                              | 2,8 ± 0,42 <sup>a</sup>       | 2,8 ± 0,63 <sup>a</sup>  | 2,9 ± 0,57 <sup>a</sup> | 3,2 ± 0,63 <sup>a</sup>  | 4,5 ± 0,527 <sup>a</sup> |
| <b>Aroma</b>                         |                               |                          |                         |                          |                          |
| <b>Tratamientos</b>                  | <b>Días de almacenamiento</b> |                          |                         |                          |                          |
|                                      | <b>0</b>                      | <b>14</b>                | <b>21</b>               | <b>28</b>                | <b>35</b>                |
| 2% SBC                               | 1,9 ± 0,74 <sup>a</sup>       | 2,5 ± 0,85 <sup>a</sup>  | 3,0 ± 0,67 <sup>a</sup> | 3,0 ± 0,67 <sup>a</sup>  | 3,6 ± 0,52 <sup>a</sup>  |
| FUNGICIDA                            | 2,1 ± 0,74 <sup>a</sup>       | 2,1 ± 0,74 <sup>a</sup>  | 2,9 ± 0,99 <sup>a</sup> | 3,3 ± 0,82 <sup>a</sup>  | 3,1 ± 0,99 <sup>a</sup>  |
| CONTROL                              | 1,7 ± 0,82 <sup>a</sup>       | 2,5 ± 0,97 <sup>a</sup>  | 3,1 ± 0,74 <sup>a</sup> | 3,2 ± 0,92 <sup>a</sup>  | 4,5 ± 0,52 <sup>a</sup>  |
| <b>Dulzor</b>                        |                               |                          |                         |                          |                          |
| <b>Tratamientos</b>                  | <b>Días de almacenamiento</b> |                          |                         |                          |                          |
|                                      | <b>14</b>                     | <b>21</b>                | <b>28</b>               | <b>35</b>                |                          |
| 2% SBC                               | 2,3 ± 0,67 <sup>a</sup>       | 2,5 ± 0,52 <sup>a</sup>  | 3,1 ± 0,88 <sup>a</sup> | 3,2 ± 0,63 <sup>a</sup>  | 3,6 ± 0,84 <sup>a</sup>  |
| FUNGICIDA                            | 1,9 ± 0,57 <sup>a</sup>       | 1,7 ± 0,67 <sup>b</sup>  | 1,8 ± 0,63 <sup>b</sup> | 2,5 ± 0,71 <sup>b</sup>  | 2,8 ± 0,63 <sup>b</sup>  |
| CONTROL                              | 2,3 ± 0,67 <sup>a</sup>       | 2,0 ± 0,82 <sup>ab</sup> | 2,7 ± 0,67 <sup>a</sup> | 3,2 ± 0,63 <sup>a</sup>  | 4,2 ± 0,79 <sup>a</sup>  |
| <b>Presencia de sabores extraños</b> |                               |                          |                         |                          |                          |
| <b>Tratamientos</b>                  | <b>Días de almacenamiento</b> |                          |                         |                          |                          |
|                                      | <b>14</b>                     | <b>21</b>                | <b>28</b>               | <b>35</b>                |                          |
| 2% SBC                               | 1,2 ± 0,42 <sup>a</sup>       | 1,2 ± 0,42 <sup>a</sup>  | 1,6 ± 0,70 <sup>a</sup> | 1,6 ± 0,52 <sup>ab</sup> | 1,5 ± 0,53 <sup>a</sup>  |
| FUNGICIDA                            | 2,3 ± 0,95 <sup>b</sup>       | 3,1 ± 0,88 <sup>b</sup>  | 2,7 ± 0,85 <sup>b</sup> | 2,3 ± 0,95 <sup>b</sup>  | 3 ± 0,82 <sup>b</sup>    |
| CONTROL                              | 1,2 ± 0,42 <sup>a</sup>       | 1,3 ± 0,48 <sup>a</sup>  | 1,5 ± 0,71 <sup>a</sup> | 1,5 ± 0,85 <sup>a</sup>  | 1,5 ± 0,71 <sup>a</sup>  |

**Nota:** <sup>abcd</sup> Letras minúsculas pequeñas distintas, representa diferencias significativas de los valores; de acuerdo con lo determinado con la prueba LSD ( $p < 0,05$ ).

Los panelistas semi-entrenados calificaron a las muestras de acuerdo con la escala hedónica establecida, los valores promedios obtenidos para las frutas tratadas con bicarbonato de sodio al 2 % fueron 1,9 en el día 0 y 3,6 luego de 35 días de almacenamiento, evidenciando que en el día cero, presentó un aroma nada intenso por el grado de madurez 2 que mostraba, mientras que a los 35 días tuvo un aroma modernamente intenso, tendiendo a muy intenso, debido a que por el tiempo y las condiciones de almacenamiento las frutas tenían un estado de madurez más avanzado. Situaciones similares se evidenciaron en los frutos tratados con fungicida y control, siendo la maduración más pronunciada en los frutos control a los 35 días de almacenamiento. Del análisis estadístico no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

En lo referente al dulzor, no existió diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento con bicarbonato de sodio al 2 % y los frutos control, pero sí existió diferencias significativas con el tratamiento de fungicida, a partir del día 14 hasta el día 35. En el cual presentaron un dulzor de poco a moderadamente intenso, mientras que en los demás tratamientos estuvo en la escala de moderadamente intenso a muy intenso.

En el atributo de sabores, durante el análisis sensorial los panelistas semi entrenados identificaron un sabor amargo en los frutos tratados con fungicida desde el día 0 hasta el día 35. Esta alteración a los atributos sensoriales de la fruta se debe a la presencia de residuos químicos que persisten en la fruta, por la aplicación por inmersión como tratamiento poscosecha. Mientras que en los demás tratamientos la presencia de sabores extraños fue ausente. Y estadísticamente se evidenció diferencias significativas del tratamiento con fungicida en comparación los demás tratamientos en estudio.

Del análisis general de las características organolépticas captadas por los panelista semi – entrenados se evidenció que las frutas tratadas con bicarbonato de sodio al 2% no presentaron alteraciones y cambios visuales que afecten la aceptación por parte de los consumidores.

#### 4.2 Evaluación de expertos.

En calidad de Experto del Trabajo de Titulación “ Evaluación del efecto antifúngico del bicarbonato de sodio para el control de Antracnosis en papaya (*Carica papaya* L.) en el periodo poscosecha “ propuesto por Vaca Castro Carla Estefanía, como autora para optar por el título Magister en Agroindustria con Mención en Tecnología de Alimentos.

## CERTIFICO

Que, dicho trabajo de investigación cumple con los objetivos, metodologías y resultados relacionados al tema propuesto, siendo una investigación interesante ya que se obtiene información sobre los efectos antifúngicos del Bicarbonato de sodio para el control de antracnosis en el periodo poscosecha y además mejora la calidad y alarga el tiempo de vida útil de la fruta, siendo este tratamiento alternativo para la disminución del uso de fungicidas de síntesis que afecta a la salud del consumidor y al medio ambiente.

Tulcán, marzo del 2022

Atentamente  
  
MSc. Freddy Torres  
DIRECTOR DE LA CARRERA DE ALIMENTOS (UPEC)

### 4.3 Evaluación de usuarios.

#### AVAL DE USUARIO

Yo, Carlos Arturo Paredes Pita en calidad USUARIO y como docente investigador certifico que el proyecto de titulación con el tema: “Evaluación del efecto antifúngico del bicarbonato de sodio para el control de Antracnosis en papaya (Carica papaya L.) en el periodo poscosecha” de la Ing. Vaca Castro Carla Estefanía, estudiante del programa de Maestría en Agroindustria: Mención Tecnología de Alimentos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, cumple con los parámetros científicos abordados en la investigación mismos que muestran interés y será beneficioso tanto en la industria alimentaria como para el público en general, es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad.

Para cuyo efecto reconozco y acepto las disposiciones establecidas en las reglamentaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Latacunga, 25 de mayo del 2022

Atetamente



MSc. Carlos Paredes

**DOCENTE INVESTIGADOR-UPEC**

## **4.4 Evaluación de impactos o resultados**

### ***4.4.1 Técnicos***

La aplicación de bicarbonato de sodio como tratamiento alternativo no contaminante abre nuevas oportunidades para reemplazar el uso de fungicidas sintéticos, para disminuir o incluso inhibir el crecimiento de la podredumbre causada por *Colletotrichum sp.* en papaya sin alterar sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas.

### ***4.4.2 Sociales***

La presente investigación permitirá brindar disminuir las pérdidas poscosecha ocasionados por la presencia de agentes patógenos en el periodo poscosecha.

### ***4.4.3 Ambientales***

El bicarbonato de sodio al ser una sustancia natural constituye una alternativa para reemplazar el uso de agroquímicos en el periodo poscosecha y disminuir la contaminación ambiental por el uso excesivo de fungicidas.

## **4.5 Propuesta**

### **Aplicación de bicarbonato de sodio como agente antifúngico en frutas y hortalizas durante el periodo poscosecha**

Ecuador es considerado como uno de los principales países exportadores de frutas tropicales y subtropicales. El comercio de estos productos se ha incrementado, por lo cual en la actualidad uno de los objetivos es mejorar las técnicas de conservación para retrasar la senescencia y mantener la calidad de los frutos hasta que lleguen al consumidor final.

Estos parámetros se ven perjudicados por enfermedades fúngicas y para reducir su incidencia se recurre al uso de fungicidas químicos de síntesis. Las desventajas ligadas a su uso han motivado a la implementación de métodos alternativos no contaminantes para el control de podredumbres

El bicarbonato de sodio es una sustancia natural, que ayuda a disminuir e inhibir el crecimiento de microorganismo patógenos presentes en el periodo poscosecha de la fruta, así como también permite mantener las características fisicoquímicas y sensoriales de la fruta.

De acuerdo con lo anterior expuesto, se presenta la siguiente propuesta enfocada a dar relevancia y alternativa de aplicación de los resultados obtenidos: dentro de la evaluación de la severidad del hongo patógeno se determinó que el bicarbonato de sodio al 2% logro disminuir el desarrollo del microorganismo mantener la calidad físico, química y organoléptica de la fruta.

Con los resultados obtenidos se puede diseñar una alternativa de aplicación del bicarbonato de sodio para el control de agentes patógenos en frutas y hortalizas en el periodo poscosecha, que además de controlar la severidad en frutas, contribuya a la salud del consumidor y disminuir la contaminación ambiental por la aplicación excesiva de fungicidas sintéticos.

Finalmente, se pone al servicio de los investigadores la presente propuesta, que sirva como instrumento base para el desarrollo de futuras investigaciones, que ayuden a disminuir las pérdidas poscosecha y alargar el tiempo de vida útil de frutas y hortalizas.

## **Contenido de la propuesta**

El bicarbonato de sodio puede ser utilizado en el periodo poscosecha debido a que es:

- Efectivo a bajas concentraciones
- Efectivo frente a un amplio rango de patógenos en distintos productos
- Facilidad para la dispersión
- Inocuo para la salud del consumidor
- Compatible con otros procedimientos comerciales
- ralentiza los procesos fisiológicos de senescencia y maduración,
- Reduce o inhibe el desarrollo de trastornos fisiológicos
- Minimiza el riesgo de crecimiento microbiano y contaminación

A continuación, se pone a consideración algunos de los posibles usos y aplicaciones que se le puede dar al bicarbonato de sodio en el control de hongos patógenos en el periodo poscosecha:

## **Combinación de métodos de control**

Los sistemas alternativos de control de agentes patógenos no logran por sí solos alcanzar altos niveles de efectividad, razón por la cual aún sigue persistiendo el uso de los fungicidas sintéticos tradicionales. De esta manera es importante compatibilizar dos o más sistemas con la finalidad de lograr conseguir los siguientes resultados:

- Obtener un efecto sinérgico o aditivo para que el tratamiento combinado sea más persistente y eficaz que el tratamiento individual.
- Lograr que el tratamiento combinado tenga un efecto complementario, de tal forma que la aplicación produzca un efecto curativo y preventivo, permitiendo controlar e inhibir las infecciones.
- Conseguir que los tratamientos combinados tengan una aplicabilidad comercial, debido a sus bajos costos y efectividad, disminuyendo el riesgo de generación de fitotoxicidad o la generación de efectos desfavorables en la calidad del fruto tratado.



### **Aplicación de tratamientos hidrotérmicos**

Dentro de estos procedimientos se puede realizar la combinación de los tratamientos por calor como el curado y el empleo de agua caliente, con bicarbonato de sodio. Una de las técnicas más utilizadas es el tratamiento con calor en el que las frutas y hortalizas, deben ser sumergidas en agua caliente o tratadas con aire caliente a temperaturas superiores a 40 °C e inferiores a 60 °C, durante unos segundos o varias horas, esta técnica permite controlar el desarrollo de patógenos. Los efectos que poseen estos tratamientos pueden ser de carácter directo e indirecto (Pereira et al., 2021)

El uso de tratamiento térmico combinado con bicarbonato seguido de refrigeración durante el almacenamiento y transporte permite retrasar la maduración y el crecimiento de fitopatógenos.

### **Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas**

Los recubrimientos comestibles (RC) son capas delgadas que se depositan alrededor del alimento, ya sea por el método de inmersión o pulverización. A la vez estos RC, forman parte del alimento y pueden ser consumido sin ninguna contraindicación. La función de los RC es de crear atmósferas modificadas en el fruto proporcionando una barrera semipermeable que tiene como finalidad prolongar el tiempo de vida útil y en especial mantener la calidad físico, química y organoléptica del producto (Bautista et al., 2013).

Los RC presentan propiedades, que llegan a constituir una barrera y, además, ayudan a mejorar el aspecto visual de los productos, permitiendo que las frutas y hortalizas mantengan la firmeza y el color propio de estos productos. Generalmente estos recubrimientos son de origen natural en el que presentan en su estructura química un grupo hidrofóbico (lípidos, ceras) y un grupo hidrofílico (polisacáridos, proteínas). Así como también, se puede incorporar o añadir otros compuestos como emulsificantes y plastificantes (Solano y Jiménez, 2018)

Básicamente los plastificantes son añadidos con la finalidad de mejorar la funcionalidad y flexibilidad de los recubrimientos, a diferencia de los emulsificantes que son usados para evitar la dispersión de los diferentes

componentes y disminuir la actividad de agua en la superficie. Principalmente los recubrimientos comestibles se dividen 3 tipos:

- a) **Hidrocoloides:** Son polímeros de origen animal, vegetal o sintético de tipo hidrofílico. Además, son disueltos total o parcialmente en agua, lo que genera que incremente la viscosidad y actúe como un estabilizador en la solución. Pueden existir dos clases de hidrocoloides, que son a base de polisacáridos o de proteínas. Aquellos hidrocoloides a base de polisacáridos, por ser solubles en agua, presenta bajas propiedades frente a la humedad, mientras que poseen excelentes propiedades en barrera gaseosa (Kadam et al., 2019). En este grupo se encuentran:
  - Los derivados de celulosa: carboximetil celulosa (CMC) metil celulosa, hidroxipropil celulosa (HPC), entre otros.
  - Almidón y derivados: Es obtenido especialmente de cereales como el trigo, el maíz y el arroz, o también a partir de tubérculos como la patata.
  - Quitosano: es un biopolímero obtenido de la desacetilación del exoesqueleto de los crustáceos, que presenta una elevada viscosidad y buenas propiedades mecánicas. Este biopolímero puede ser aplicado a la industria alimentaria, debido a que no es tóxico, presenta propiedades antimicrobianas y antifúngicas (Bautista et al., 2013).
  - Gomas: Son extraídas de vegetales o de microorganismos que tienen la capacidad de aumentar la viscosidad en el recubrimiento. Se clasifican de la siguiente manera:
- b) **Lípidos:** Son compuestos no poliméricos, que presentan excelentes propiedades de barrera frente al agua, sin embargo, por su falta de cohesividad permite que las películas se presenten quebradizas. Los materiales más utilizados como recubrimientos son las ceras de abeja, resinas, triglicéridos y ácidos grasos
- c) **Combinaciones:** son revestimientos formados por la combinación de polisacáridos, proteínas y lípidos que pueden estar presente como bicapa o conglomerados, con el objetivo de que las propiedades mecánicas y de barrera se puedan mejorar. Los compuestos bicapa se obtienen de la combinación de dos materiales de igual o diferente naturaleza, mientras que

los conglomerados están basados de la unión de más de dos componentes de diferente naturaleza.

El uso de recubrimientos comestibles en alimentos representa una alternativa para la conservación de productos hortofrutícolas frescos, al reducir significativamente la pérdida de peso, agua y el intercambio de gases, así como retrasar el envejecimiento y mejorar la calidad sensorial de éstos

En los diferentes recubrimientos comestibles descritos se puede incorporar aditivos alimentarios que permitan cumplir la función de agente antimicrobiano y antioxidantes, con la finalidad de evitar el crecimiento microbiano, retrasar el pardeamiento enzimático o la aparición de desórdenes fisiológicos. Por esta razón se puede utilizar el bicarbonato de sodio para el desarrollo de recubrimientos comestibles, ya que permitirá crear una barrera que ayude a minimizar la pérdida de humedad, así como también ayudará a conservar el color, la textura y el aroma de los alimentos (Kadam et al., 2019). Esta protección permitirá incrementar la vida de anaquel y prevenir el crecimiento y diseminación de microorganismos patógenos. Para determinar la efectividad bicarbonato de sodio al 2% en las frutas y hortalizas se sugiere realizar análisis tales como: análisis físico, químico y sensorial.

### **Conclusiones**

- La combinación de bicarbonato de sodio con tecnologías poscosecha, permitirá mejorar y retrasar la maduración y por ende reducir significativamente las pérdidas poscosecha.
- El bicarbonato de sodio permite sustituir el uso de fungicidas químicos de síntesis, como una alternativa para disminuir las pérdidas poscosecha de frutas y hortalizas, además de disminuir los impactos ambientales generados por el uso excesivo de estos productos químicos.

### **Referencias bibliográficas**

Bautista, S., Sivakumar, D., Bello, A., Villanueva, R. y Hernández, M. (2013). A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit

during the postharvest supply chain. *Crop protection*, 49, 8-20.  
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.011>

Heng, G., Ali, A y Siddiqui, Y. (2022) Current strategies, perspectives and challenges in management and control of postharvest diseases of papaya. *Scientia horticulturae*, 301. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111139>

Kadam, V., Bankar, P., Bhosale, A., Shitole, S., Chandankar, S., Wagh, S., Chitale, R. y Kanade, M. (2019). Studies on Post-Harvest Fungal Pathogens of Papaya Fruits (*Carica papaya* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(7), 2176-2180.  
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807.263>

Kebede, G., Gabrekiristos, E. y Dagneu, A. (2021). Distribution and identification of anthracnose of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in the central rift valley of ethiopia. *Plant Protection*, 5 (3), 139-147.  
<https://doir.org/10.33804/pp.005.03.3917>

Pereira, J., Correa, C., Gomes, A. y Freitas, O. (2021). Current technologies to control fungal diseases in postharvest papaya (*Carica papaya* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 36.  
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102128>

Solano, L., y Jiménez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 30-42. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>

Zhou, L., Paull, R. y Jung, N. (2014). Papaya. Postharvest Quality-Maintenance Guidelines. *Fruit, Nut, and Beverage Crops*, 1-6.  
[https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F\\_N-34.pdf](https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-34.pdf)

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- El tratamiento alternativo que mayor efecto antifúngico tuvo en el control de antracnosis fue la aplicación de bicarbonato de sodio al 2%, ya que disminuyó el crecimiento de *Colletotrichum* sp, luego de 35 días de almacenamiento a condiciones controladas en comparación a los demás tratamientos en estudio.
- Los tratamientos alternativos aplicados, con sales de bicarbonato de sodio a diferentes concentraciones (1%, 2% y 3%) no afectaron a la calidad físico química de la fruta. Conservó el color de la fruta, mantuvo la firmeza, disminuyó la pérdida de peso, acidez titulable y sólidos solubles (SST) comparado con frutos control.
- Los frutos tratados con sales de bicarbonato de Sodio al 2 % presentaron una mejor apariencia visual comparado con los frutos control y no se evidencio un efecto significativo en el análisis sensorial en los parámetros en estudio, aroma, dulzor y presencia de sabores extraños.

### 5.2 Recomendaciones

- Identificar molecularmente el microorganismo en estudio, con la finalidad de determinar la especie a la cual pertenece
- Evaluar la tasa de respiración de la fruta, con la finalidad de identificar los cambios producidos en el proceso de senescencia de la papaya.
- Determinar el efecto antifúngico de la combinación de otros tratamientos alternativos en el control de Antracnosis; aplicación de aceites esenciales, sustancias GRAS

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayón, L., López, J., Delgado, F., López, M., Molina, F., Carrillo, A. y Vega, M. (2017). Effect of the Combination Hot Water-Calcium Chloride on the In Vitro Growth of *Colletotrichum gloeosporioides* and the Postharvest Quality of Infected Papaya. *The Plant Pathology Journal*, 33(6), 572-581. <http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.OA.01.2017.0004>
- Barragán, J., Méndez, L. y Rodríguez, J. (2018). Ripeness indexes and physicochemical changes of papaya (*Carica papaya* L. cv. Maradol) during ripening on-tree. *Scientia Horticulturae*, 236, 272–278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.012>
- Bautista, S., Sivakumar, D., Bello, A., Villanueva, R. y Hernández, M. (2013). A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. *Crop protection*, 49, 8-20. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.011>
- Corrales, G. y Umaña, G. (2015). Efecto de ceras como complemento a la inmersión hidrotérmica sobre la calidad en la fruta de papaya (*Carica papaya* L. híbrido pococi). *Agronomía Costarricense* 19 (1), 91-105
- De Costa, D. y Gunawardhana, H. (2012). Effects of sodium bicarbonate on pathogenicity of *Colletotrichum musae* and potential for controlling postharvest diseases of banana. *Postharvest Biology and Technology*. 68, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.02.002>
- Figuroa, M., Castillo, D., Adriano, L., Gálvez, D., Rosas, R. y Vázquez, A. (2017). Chitosan composite films: Physicochemical characterization and their use as coating in papaya Maradol stored at room temperatura. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 29(10), 779-791. <http://dx.doi.org/10.9755/ejfa.2017.v29.i10.1303>

- García, J., Mina, J., Torres, F., Burbano, M. y Yambay Willman. (2017). *Evaluación Sensorial y metodologías para su análisis*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Guédez, C., Cañizales, L., Avendaño, L., Scorza, J., Castillo, C., Olivar, R., Méndez, Y. y Sánchez, L. (2014). Actividad antifúngica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L) sobre hongos postcosecha en frutos de lechosa (*Carica papaya* L). *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 34(2), 81-87. <http://www.scielo.org.ve/pdf/rsvm/v34n2/art07.pdf>.
- Hamim, I., Alam, Z., Ali, A., y Ashrafuzzaman, M. (2014). Incidence of post-harvest fungal diseases of ripe papaya in Mymensingh. *Bangladesh Agricultural University*, 12(1), 25–28. <https://doi.org/10.3329/jbau.v12i1.21235>
- Heng, G., Ali, A y Siddiqui, Y. (2022) Current strategies, perspectives and challenges in management and control of postharvest diseases of papaya. *Scientia horticultrae*, 301. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111139>
- Hong, P., Hao, W., Luo, J., Chen, S., Hu, M. y Zhong, G. (2014). Combination of hot wáter, *Bacillus amyloliquefaciens* HF-01 and sodium bicarbonate treatments to control prstharvest decay of Mandarin fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 88, 96-102. <https://doi.org/101016/j.postharvbio.2013.10.004>
- John, A., Yang, J., Liu, J., Jiang, Y. y Yang, B. (2018). The structure changes of water-soluble polysaccharides in papaya during ripening. *International Journal of Biological Macromolecules*, 1-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.04.059>
- Kadam, V., Bankar, P., Bhosale, A., Shitole, S., Chandankar, S., Wagh, S., Chitale, R. y Kanade, M. (2019). Studies on Post-Harvest Fungal Pathogens of Papaya Fruits (*Carica papaya* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(7), 2176-2180. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.807.263>

- Kalupahana K., Kuruppu, M. y Dissanayake, P (2020). Effect of Essential Oils and GRAS Compounds on Postharvest Disease Control in Mango (*Mangifera indica* L.cv Tom EJC). *The Journal of Agricultural Sciences - Sri Lanka*. 15(2), 207-221, <http://doi.org/10.4038/jas.v15i2.8802>
- Kebede, G., Gabrekiristos, E. y Dagneu, A. (2021). Distribution and identification of anthracnose of papaya caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in the central rift valley of ethiopia. *Plant Protection*, 5 (3), 139-147. <https://doir.org/10.33804/pp.005.03.3917>
- Lai, T., Bai, X., Wang, Y., Zhou, J., Shin, N. y Zhou, T. (2015). Inhibitory effect of exogenous sodium bicarbonate on development and pathogenicity of postharvest disease *Penicillium expansum*. *Scientia Horticulturae*, (187), 108–114. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.010>
- López, E., Ayón, M., López, R., Gutiérrez, M., y Vega, O. (2018). Efecto de un Tratamiento Hidrotérmico-Cloruro de Calcio sobre la Calidad Poscosecha y el Contenido de Compuestos Bioactivos en Frutos de Papaya Durante su Almacenamiento Comercial. *Universidad Autónoma de Sinaloa*. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/10/119.pdf>.
- Marrigal, B., Hashim, N., Syafinza, I., Tawakkal, A., Muda, M., Hazwan, M., Mohd, M. y Haffuz, M. (2020). Kinetics of quality changes in papayas (*Carica papaya* L.) coated with Malaysian stingless bee honey. *Scientia Horticulturae*, (267), 65. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109321>
- Murray, R., Candanm A, y Vázquez, D. (2019). *Manual de poscosecha de frutas. Manejo integrado de patógenos (2nd ed.)*. INTA Ediciones, 37-46
- Papoutsis, K., Mathioudakis, M., Hasperué, J. & Ziogas, V. (2019). Non-chemical treatments for preventing the postharvest fungal rotting of citrus caused by *Penicillium digitatum* (green mold) and *Penicillium italicum* (blue mold), *Trenadas in Foro Sincé & Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.053>.



- Pereira, J., Correa, J., Gomes, A. y Freitas, O., (2021) *Current technologies to control fungal diseases in postharvest papaya (Carica papaya L.) Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 36, <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102128>
- Rebessi, R., Porrelli, P., Oliveira, J., Micotti, E., & Filete, M., (2018). Carboxymethylcellulose coating associated with essential oil can increase papaya shelf life. *Scientia Horticulturae*, 239, 70-77. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.025>
- Solano, L., y Jiménez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 30-42. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Tian, S., Torres, R., Ballester. A., Li, B., Vilanova, L y González, L. (2016). Molecular aspects in pathogen-fruit interactions: Virulence and resistance. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 11 – 21. <https://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.018>
- Torres, R., Montes, E., Pérez, O. y Andrade, R. (2013). Relation of Color and Maturity Stage with Physicochemical Properties of Tropical Fruits. *Información Tecnológica*, 24 (3), 51-56. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007>
- Usall, J., Ippolito, J., Sisquella, M. y Neri, I. (2016). Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol*, 122. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.05.002>
- Valenzuela, N., Lara, F., Hoyos, P., Aguilar, L. y Aguado, G. (2016). Alternativas para el control de *Colletotrichum spp.* *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7 (5), 1189-1198.
- Vilaplana, R., Valencia, S. y Vaca C. (2018). *Aislamiento, identificación y estudio de la patogenicidad de hongos patógenos causantes de podredumbres en*

*papaya (Carica papaya) durante el periodo poscosecha*. Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional].

Vilaplana, R., Alba, P., y Valencia, S., (2018). Sodium bicarbonate salts for the control of postharvest black rot disease in yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). *Crop Protection*, 114, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.021>

Youssef, K., Sanzani, M., Ligorio, A., Ippolito, A. y Terry, L. (2014). Sodium carbonate and bicarbonate treatments induce resistance to postharvest green mould with citrus fruit. *Postharvest Bio. Technol*, 87, 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.08.006>

Zhou, Z., Ford, R., Bar, I., y Kanchana, C. (2021). Papaya (*Carica papaya L.*) Flavour Profiling. *Flavour Profiling*. *Genes*, 12, 1416. <https://doi.org/10.3390/genes12091416>

Zhu, R., Lu, L., Guo, J., Lu, H., Abudureheman, N., Yu, T., y Zheng, X. (2013). Postharvest Control of Green Mold Decay of Citrus Fruit Using Combined Treatment with Sodium Bicarbonate and *Rhodosporidium paludigenum*. *Food Bioprocess Technol*, 6, 2925-2930. <http://doi.org/10.1007/s11947-012-0863-0>

Zhou, L., Paull, R. y Jung, N. (2014). Papaya. Postharvest Quality-Maintenance Guidelines. *Fruit, Nut, and Beverage Crops*, 1-6. [https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F\\_N-34.pdf](https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/F_N-34.pdf)

## 7. ANEXOS

**Anexo A.** Aislamiento de hongos patógenos presentes en la superficie de la papaya. Se realizó el aislamiento e identificación de microorganismos patógenos causantes de podredumbres en papaya. Para ello almacenó las frutas a temperatura ambiente hasta que desarrolló síntomas característicos del crecimiento del hongo patógeno en la poscosecha de la papaya.

Figura 5

Síntomas del desarrollo de podredumbre en papaya durante 15 días.



Figura 6

Selección y desinfección de material vegetal a ser aislado

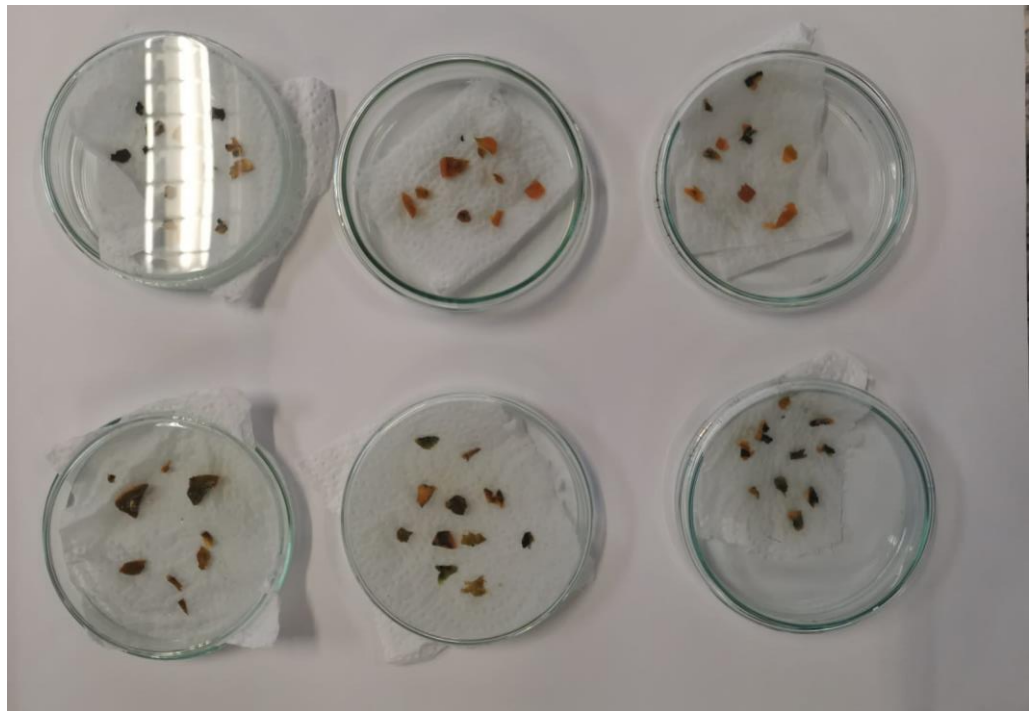


Figura 7

Siembra de material vegetal en medio de cultivo PDA (potato dextrosa agar)

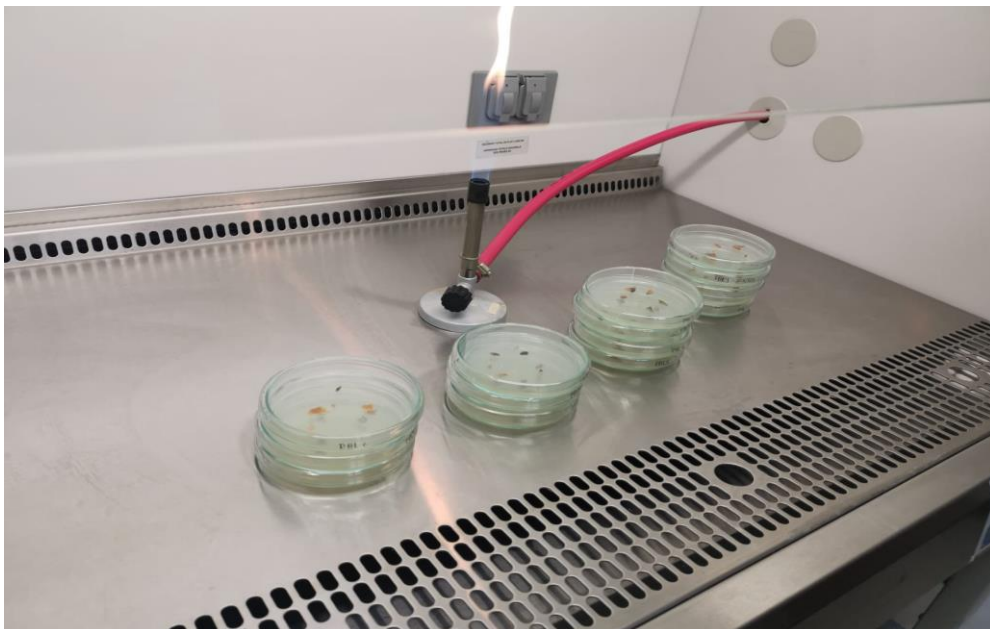


Figura 8

Crecimiento de microorganismos patógenos (48 horas después).

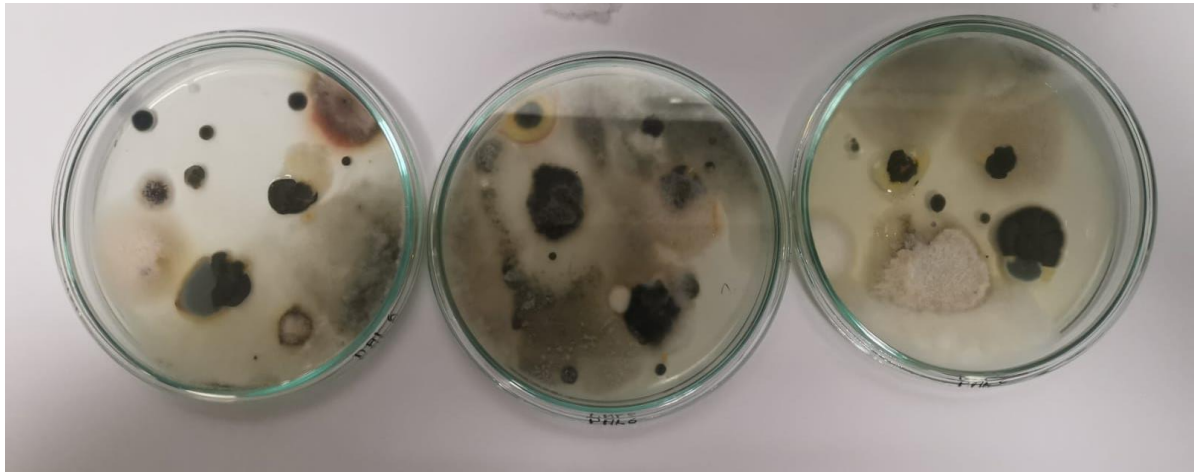
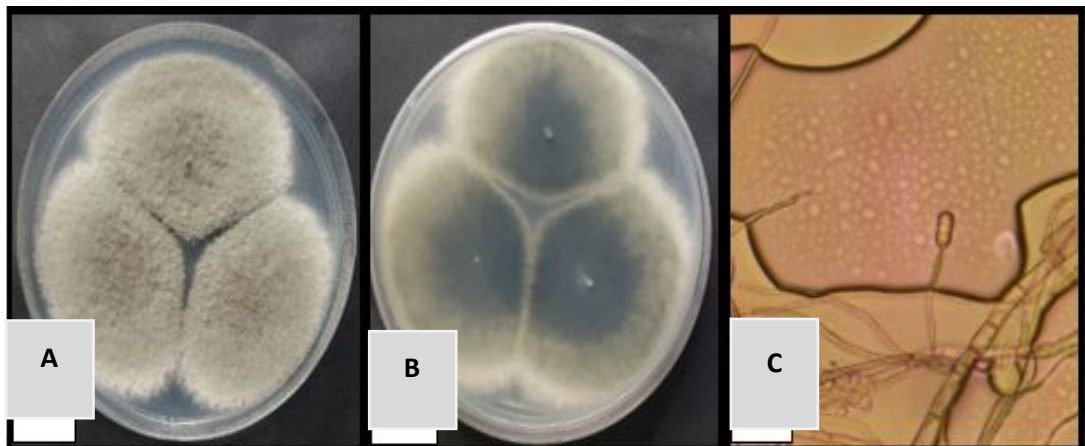


Figura 9

Identificación micro y macroscópica de *Colletotrichum* sp.

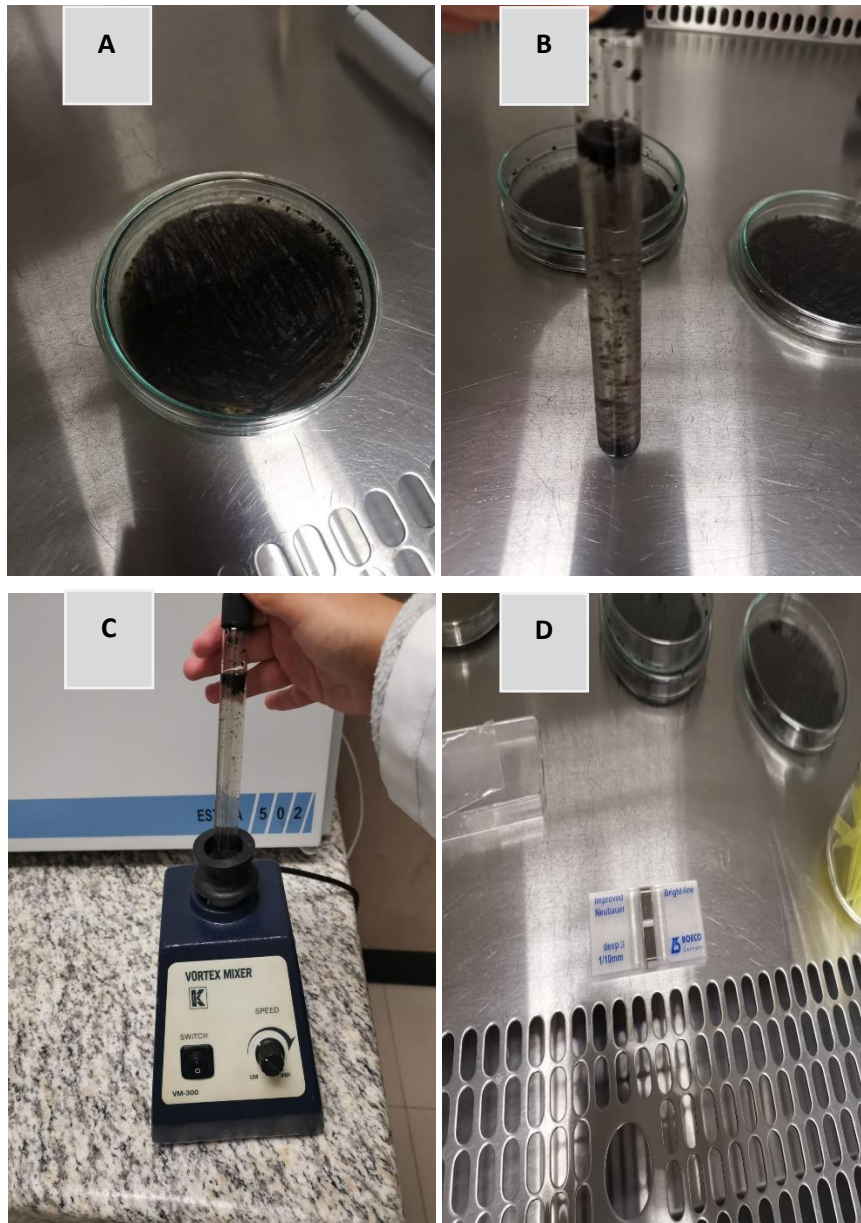


**Nota:** A) Lado anverso B) Lado reverso C) Identificación macroscópica

## Anexo B Preparación de concentraciones

Figura 10

### Preparación de inóculos

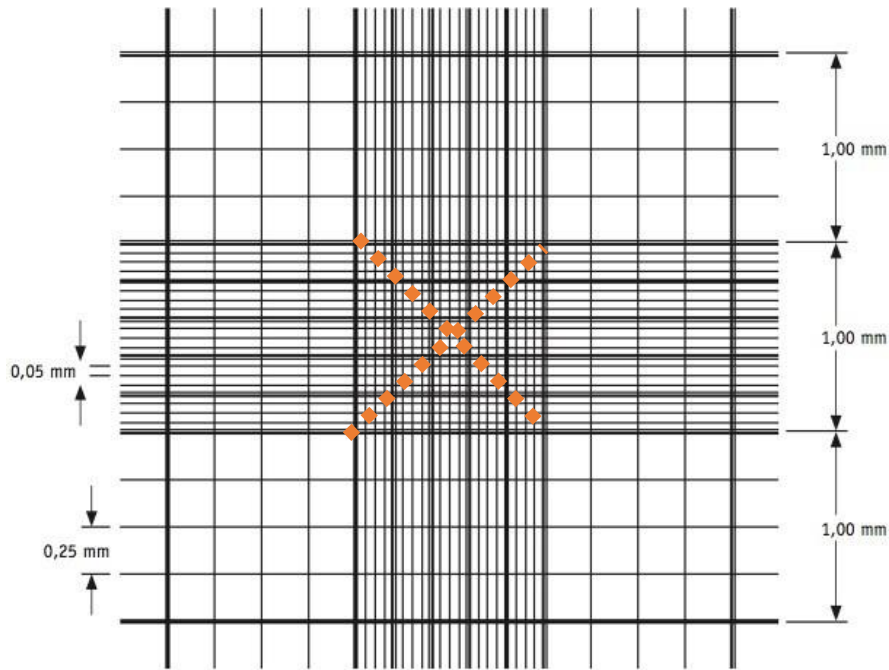


**Nota:** A) Raspado de micelio B) Suspensión de conidias C) Homogenización de suspensión D) Ubicación en cámara neubauer.

Para el cálculo de la concentración de esporas de *Colletotrichum sp*, se calculó a través del conteo en microscopio, por lo que se utilizó una cámara de recuento neubauer. De esta manera es importante indicar que la cámara neubauer, está conformada por dos zonas (superior e inferior), y estas a la vez contienen 25 cuadros

que se dividen en 16 cuadros pequeños. Por lo que, para calcular la concentración inicial de esporas, se contó aquellas que estuvieron presentes en las diagonales. De esta manera se tomó en cuenta el total 80 cuadros pequeños tal y como se observa en la figura 11.

**Figura 11** Ejemplo de cuadrícula de conteo, cámara de Neubauer.



A continuación, se muestra la forma de cálculo de la concentración inicial de esporas de *Colletotrichum sp*, para llegar a la concentración  $10^6$  conidias/ml:

$$C_0 = \frac{d_1+d_2+d_3+d_4}{80} * 4 * 10^6$$

(Ec.4)

Donde:

**C<sub>0</sub>**: Concentración inicial de conidias/ml

**d<sub>1</sub>**: Número de esporas presentes en el campo superior (diagonal derecha)

**d<sub>2</sub>**: Número de esporas presentes en el campo superior (diagonal izquierda)

**d<sub>3</sub>**: Número de esporas presentes en el campo inferior (diagonal derecha)

**d<sub>4</sub>**: Número de esporas presentes en el campo inferior (diagonal izquierda)

$$C_0 = \frac{23 + 23 + 27 + 15}{80} * 4 * 10^6$$

$$C_0 = 4,4 * 10^6 \frac{\text{conidias}}{\text{mL}}$$

Además, se muestra la forma de cálculo para el ajuste de la suspensión para llegar a la concentración  $10^6$  conidias/ml de *colletotrichum* sp.

$$C_1X = C_2(V_1 + X)$$

(Ec.5)

Dónde:

**C<sub>1</sub>**: Concentración inicial

**C<sub>2</sub>**: Concentración final ( $10^6$  conidias/ml)

**X**: Volumen que se va a tomar de la suspensión inicial de *Colletotrichum sp* para añadir a  $V_1$  y llegar a  $C_2$  (15ml)

**V<sub>1</sub>**: Volumen conocido de agua estéril +tween80 al que se le va a añadir el volumen desconocido X para conseguir a  $C_2$



Anexo C Índice de madurez de la papaya



**Anexo D** Inoculación de *Colletotrichum sp.* y aplicación de tratamientos

Figura 12

Limpieza y desinfección de la materia prima



Figura 13

Inoculación mediante herida



Anexo E Evaluación de la severidad

**Figura 14** Crecimiento del hongo patógeno día 35.



**Nota:** A) 1%SBC B) 2% SBC C) 3% SBC D) Tratamiento fungicida E) Frutos control

Anexo F Análisis de propiedades físico-químicas



Anexo G Formulario de evaluación sensorial



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS  
EVALUACIÓN SENSORIAL EN PAPAYA

NOMBRE: .....

FECHA: .....

**INSTRUCCIONES:**

Usted recibirá para evaluar tres muestras de papayas enteras, por favor valore las propiedades de acuerdo con el puntaje que ud considere según la siguiente escala:

**Apariencia General**

| PUNTAJE | CATEGORIA                  |
|---------|----------------------------|
| 1       | Me disgusta mucho          |
| 2       | Me disgusta                |
| 3       | No me gusta ni me disgusta |
| 4       | Me gusta                   |
| 5       | Me gusta mucho             |

| CODIGO | ASPECTO DEL FRUTO |
|--------|-------------------|
|        |                   |
|        |                   |
|        |                   |

**Presencia de olores extraños**

| PUNTAJE | CATEGORIA   |
|---------|-------------|
| 1       | Ausente     |
| 2       | Ligero      |
| 3       | Moderado    |
| 4       | Intenso     |
| 5       | Muy Intenso |

| CODIGO | ASPECTO DEL FRUTO |
|--------|-------------------|
|        |                   |
|        |                   |
|        |                   |



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**MAESTRÍA EN AGROINDUSTRIA MENCIÓN TECNOLOGÍA DE**  
**ALIMENTOS**  
**EVALUACIÓN SENSORIAL EN PAPAYA**

**NOMBRE:** .....

**FECHA:** .....

**INSTRUCCIONES:**

Usted recibirá para evaluar tres muestras de papayas picada, por favor valore las propiedades de acuerdo con el puntaje que ud considere según la siguiente escala:

**COLOR**

| <b>PUNTAJE</b> | <b>CATEGORIA</b>          |
|----------------|---------------------------|
| 1              | Considerablemente opaco   |
| 2              | Opaco                     |
| 3              | Ni Intenso ni opaco       |
| 4              | Intenso                   |
| 5              | Considerablemente Intenso |

| <b>CODIGO</b> | <b>ASPECTO DEL FRUTO</b> |
|---------------|--------------------------|
|               |                          |
|               |                          |
|               |                          |

**AROMA**

| <b>PUNTAJE</b> | <b>CATEGORIA</b>       |
|----------------|------------------------|
| 1              | Nada Intenso           |
| 2              | Poco Intenso           |
| 3              | Moderadamente Intenso  |
| 4              | Muy Intenso            |
| 5              | Extremadamente Intenso |

| <b>CODIGO</b> | <b>ASPECTO DEL FRUTO</b> |
|---------------|--------------------------|
|               |                          |
|               |                          |
|               |                          |

## DULZOR

| PUNTAJE | CATEGORIA            |
|---------|----------------------|
| 1       | Nada Dulce           |
| 2       | Poco Dulce           |
| 3       | Moderadamente Dulce  |
| 4       | Muy dulce            |
| 5       | Extremadamente dulce |

| CODIGO | ASPECTO DEL FRUTO |
|--------|-------------------|
|        |                   |
|        |                   |
|        |                   |

## SABORES EXTRAÑOS

| PUNTAJE | CATEGORIA   |
|---------|-------------|
| 1       | Ausente     |
| 2       | Ligero      |
| 3       | Moderado    |
| 4       | Intenso     |
| 5       | Muy Intenso |

| CODIGO | ASPECTO DEL FRUTO |
|--------|-------------------|
|        |                   |
|        |                   |
|        |                   |

## OBSERVACIONES

---

---

---

---

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**Análisis sensorial - Muestras fruta entera**



**Análisis sensorial - Muestras fruta picada**



**Panelista semi- entrenado**





### GUÍA PARA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN POR EXPERTOS

**Tema de Investigación:** Evaluación de la calidad microbiológica en función de la norma INEN 2395 en yogures artesanales expendido en la feria de la plaza Jesús Camaño parroquia matriz del cantón Alausí

**Nombre del Autor / Investigador:** Arcos Guamán Talía Manuela

**Experto Evaluador 1:** Renato Agustín Romero Corral

**Perfil Profesional :** Ingeniero Agroindustrial con maestría en Gestión De Empresas Agroalimentarias

**Área de Desempeño :** Docente en la Universidad Técnica de Cotopaxi

*El trabajo de investigación será evaluado bajo la escala de Likert determinando los siguientes valores.*

| Nivel de Likert | Significado                      | Rango de porcentaje de satisfacción del experto |
|-----------------|----------------------------------|---|
| 1               | Totalmente en Desacuerdo         | 0-20  |
| 2               | En desacuerdo                    | 20-40   |
| 3               | Ni en acuerdo , Ni en desacuerdo | 40-60   |
| 4               | De acuerdo                       | 60-80   |
| 5               | Totalmente de Acuerdo            | 80-100  |

| CRITERIOS DE EVALUACIÓN                   |  | Puntuación |   |   |   |   | Observaciones |
|---|--|------------|---|---|---|---|---------------|
|   |  | 1          | 2 | 3 | 4 | 5 |               |
| <b>CUALIDADES DEL TEMA</b>                | Importancia del problema                       |            |   |   |   | X |               |
|   | Originalidad                                   |            |   |   |   | X |               |
|   | Interés al público                             |            |   |   |   | X |               |
|   | Factibilidad                                   |            |   |   |   | X |               |
|   | Delimitación                                   |            |   |   |   | X |               |
| <b>CUALIDADES TEÓRICAS-FUNDAMENTOS</b>    | Formulación del problema                       |            |   |   |   | X |               |
|   | Objetivos de la Investigación                  |            |   |   |   | X |               |
|   | Limitaciones del tema de investigación         |            |   |   |   | X |               |
|   | Revisión literaria                             |            |   |   |   | X |               |
|   | Definición de términos                         |            |   |   |   |   | No aplica     |
|   | Sistema de variables                           |            |   |   |   |   | No aplica     |
|   | Sistema de Hipótesis                           |            |   |   |   | X |               |
| <b>CUALIDADES METODOLÓGICAS</b>           | Cálculo de población y muestra                 |            |   |   |   | X |               |
|   | Diseño de la Observación / experimentación     |            |   |   |   | X |               |
|   | Instrumentos aplicados                         |            |   |   |   | X |               |
|   | Aplicación de técnicas de recolección de datos |            |   |   |   | X |               |
|   | Recursos utilizados                            |            |   |   |   | X |               |
|   | Presentación y discusión de resultados         |            |   |   |   | X |               |
| <b>CUALIDADES FORMALES</b>                | Lenguaje escrito                               |            |   |   |   | X |               |
|   | Presentación y estilo del documento            |            |   |   |   | X |               |
|   | Bibliografía                                   |            |   |   |   | X |               |
|   | Anexos   |            |   |   |   | X |               |
| <b>Sugerencias del Experto Evaluador:</b> |  |            |   |   |   |   |               |

  
**Nombres y Apellidos del experto:** Renato Agustín Romero Corral  
 C.C 171712248-3



Quito, 26/05/2022

### CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY, con documento de identificación número 1002329983, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY  
Número de documento de identificación: 1002329983  
Nacionalidad: Ecuador  
Género: MASCULINO

#### Título(s) de cuarto nivel o posgrado

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Número de registro       | 1010-09-695705                                 |
| Institución de origen    | UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO                  |
| Institución que reconoce |  |
| Título                   | DIPLOMA SUPERIOR EN CURRÍCULO POR COMPETENCIAS |
| Tipo                     | Nacional                                       |
| Fecha de registro        | 2009-07-17                                     |
| Observaciones            |  |



Titulo(s) de tercer nivel de grado

|                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| Número de registro       | 1015-06-691058                |
| Institución de origen    | UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE |
| Institución que reconoce |                               |
| Título                   | INGENIERO AGRÍCOLA INDUSTRIAL |
| Tipo                     | Nacional                      |
| Fecha de registro        | 2006-06-14                    |
| Observaciones            |                               |

Titulo(s) de cuarto nivel o posgrado

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Número de registro       | 1018-15-86064010                       |
| Institución de origen    | UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR        |
| Institución que reconoce |  |
| Título                   | MAGISTER EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS |
| Tipo                     | Nacional                               |
| Fecha de registro        | 2015-07-09                             |
| Observaciones            |  |

**OBSERVACIÓN:**

- Los títulos de tercer nivel de grado ecuatorianos están habilitados para el ingreso a un posgrado.
- Los títulos registrados tanto nacionales como extranjero han sido otorgados por instituciones de educación superior vigentes al momento de la emisión de la titulación.
- El cambio de nivel de formación de educación superior de los títulos técnicos y tecnológicos emitidos por instituciones de educación superior nacionales se ejecutó en cumplimiento a la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica Reformativa a la LOES, expedida el 2 de agosto de 2018.

**IMPORTANTE:** La información proporcionada en este documento es la que consta en el SNIASE, que se alimenta de la información suministrada por las instituciones del sistema de educación superior, conforme lo disponen los artículos 126 y 129 de la Ley Orgánica de Educación Superior y 56 de su Reglamento. El reconocimiento/registro del título no habilita al ejercicio de las profesiones reguladas por leyes específicas, y de manera especial al ejercicio de las profesiones que pongan en riesgo de modo directo la vida, salud y seguridad ciudadana conforme el artículo 104 de la Ley Orgánica de Educación Superior. Según la Resolución RPC-SO-16-No.256-2016.

En caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada de titulaciones nacionales, se recomienda solicitar a la institución de educación superior nacional que emitió el título, la rectificación correspondiente y de ser una titulación extranjera solicitar la rectificación a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:

MARIA JOSÉ RODRÍGUEZ V.

Maria José Rodríguez Villota  
Directora de Registro de Títulos  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



GENERADO: 26/05/2022 12:05 PM



Quito, 26/05/2022

### CERTIFICADO DE REGISTRO DE TÍTULO

La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, certifica que PAREDES PITA CARLOS ARTURO, con documento de identificación número 1002503587, registra en el Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador (SNIESE), la siguiente información:

Nombre: PAREDES PITA CARLOS ARTURO  
Número de documento de identificación: 1002503587  
Nacionalidad: Ecuador  
Género: MASCULINO

#### Título(s) de tercer nivel de grado

|                          |                               |
|--------------------------|-------------------------------|
| Número de registro       | 1015-06-690264                |
| Institución de origen    | UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE |
| Institución que reconoce |                               |
| Título                   | INGENIERO AGRÍCOLA INDUSTRIAL |
| Tipo                     | Nacional                      |
| Fecha de registro        | 2006-06-08                    |
| Observaciones            |                               |

Título(s) de cuarto nivel o posgrado

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Número de registro       | 1040-2018-1935762  |
| Institución de origen    | UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS  |
| Institución que reconoce |  |
| Título                   | MAGISTER EN AGRÍINDUSTRIA MENCIÓN EN CALIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA |
| Tipo                     | Nacional   |
| Fecha de registro        | 2018-03-02   |
| Observaciones            |  |

**OBSERVACIÓN:**

- Los títulos de tercer nivel de grado ecuatorianos están habilitados para el ingreso a un posgrado.
- Los títulos registrados tanto nacionales como extranjero han sido otorgados por instituciones de educación superior vigentes al momento de la emisión de la titulación.
- El cambio de nivel de formación de educación superior de los títulos técnicos y tecnológicos emitidos por instituciones de educación superior nacionales se ejecutó en cumplimiento a la Disposición Transitoria Octava de la Ley Orgánica Reformativa a la LOES, expedida el 2 de agosto de 2018.

**IMPORTANTE:** La información proporcionada en este documento es la que consta en el SNIESE, que se alimenta de la información suministrada por las instituciones del sistema de educación superior, conforme lo disponen los artículos 126 y 129 de la Ley Orgánica de Educación Superior y 56 de su Reglamento. El reconocimiento/registro del título no habilita al ejercicio de las profesiones reguladas por leyes específicas, y de manera especial al ejercicio de las profesiones que pongan en riesgo de modo directo la vida, salud y seguridad ciudadana conforme el artículo 104 de la Ley Orgánica de Educación Superior. Según la Resolución RPC-SO-16-No.256-2016.

En caso de detectar inconsistencias en la información proporcionada de titulaciones nacionales, se recomienda solicitar a la institución de educación superior nacional que emitió el título, la rectificación correspondiente y de ser una titulación extranjera solicitar la rectificación a la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para comprobar la veracidad de la información proporcionada, usted debe acceder a la siguiente dirección:

MARIA JOSÉ RODRÍGUEZ V.

Maria José Rodríguez Villota  
Directora de Registro de Títulos  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR, CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN



GENERADO: 26/05/2022 12.06 PM

## Document Information

|                   |  |
|-------------------|--|
| Analyzed document | TESIS VACA CASTRO CARLA.pdf (D138036540) |
| Submitted         | 2022-05-25T18:58:00.0000000              |
| Submitted by      | Oriando                                  |
| Submitter email   | jaime.rojas@utc.edu.ec                   |
| Similarity        | 2%                                       |
| Analysis address  | jaime.rojas.utc@analysis.arkund.com      |

## Sources included in the report

- SA** **URKUND Proyecto de investigacion AE citrus limon - Actual.docx** 1  
Document URKUND Proyecto de investigacion AE citrus limon - Actual.docx (D24905892)
- SA** **TESIS PAPAYA MARILYN & JULEISY- OFICIAL CORREGIDO.docx** 4  
Document TESIS PAPAYA MARILYN & JULEISY- OFICIAL CORREGIDO.docx (D47383547)



Manuel Enrique Fernández Brodes  
CC 0501511604