

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA**  
**CARRERA INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de:

**INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ÁCIDO CÍTRICO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL TRATAMIENTO POSCOSECHA DE PITAHAYA AMARILLA (*Hylocereus triangularis*) EN EL CANTÓN PALORA.

**AUTORA:**

LUCERO CATERYN RAMOS DUCHICELA

**DIRECTORES:**

VICTOR CERDA MEJIA

AMAURY PÉREZ MARTINEZ

ERENIO GONZÁLES SUÁREZ

PUYO-PASTAZA-ECUADOR

2018

## **DECLARACIÓN DE AUTORIA DE CESIÓN DE DERECHOS**

### **RESPONSABILIDAD**

Yo LUCERO CATERYN RAMOS DUCHICELA, declaro que el contenido de esta investigación es de mi auditoria exclusiva.

---

LUCERO CATERYN RAMOS DUCHICELA

## CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DE PROYECTO

Certifico que el presente trabajo fue realizado por LUCERO CATERYN RAMOS DUCHICELA egresado de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Estatal Amazónica bajo nuestra supervisión.

---

Víctor Cerda Mejía

---

Amaury Pérez Martínez



---

Erenio González Suarez

## **INFORME DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título: “EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ÁCIDO CÍTRICO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL TRATAMIENTO POSCOSECHA DE PITAHAYA AMARILLA (HYLOCEREUS TRIANGULARIS) EN EL CANTÓN PALORA”**

Autor (a): Lucero Cateryn Ramos Duchicela

Unidad de Titulación: Carrera Ingeniería Agroindustrial

Director del proyecto: MsC. Víctor Cerda, Dr.C. Amaury Pérez, Dr.Sc. Erenio González Suarez

Fecha: 08 de junio del 2018

### **Introducción y contexto de la investigación:**

La pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) es fruto propio de Ecuador, quien ha ido posicionándose como un cultivo que hoy en día sobresale, teniendo como resultado una alta demanda de frutos exóticos a nivel mundial. La calidad nutricional organoléptica y manejo poscosecha de la fruta depende mucho del grado de madurez al momento de la cosecha, este también influye al tipo de mercado que va a ser comercializado (Guerrero, 2014).

El manejo de poscosecha es importante, ya que de ello depende su calidad, una vez que el producto es cosechado comienza el proceso de la senescencia haciéndolo susceptible a los procesos enzimáticos, específicamente por las enzimas como la polifenoloxidasa (PFO) y peroxidasa (POD), causando oscurecimiento de la pulpa/corteza (Barreiro & Vera, 2017).

Debido al mal manejo de poscosecha, en su mayoría por pinchazos producidos por los mismos espinos de la fruta, causa una oxidación, como el pardeamiento enzimático que es provocado por la acción de enzimas, como por ejemplo la polifenoloxidasa que actúa sobre sustratos como los polifenoles produciendo las quinonas que se polimerizan para dar finalmente el color característico del pardeamiento enzimático (Yupangui, 2016).

Las enzimas relacionadas con el pardeamiento enzimático reciben los nombres de polifenoloxidasas, fenoloxidasas, tirosinasas, cresolasa o catecolasas denominadas en forma general como fenolasas; las que se hallan ampliamente distribuidas en las frutas (Montenegro, 2015).

### **Cumplimiento de objetivos**

Los objetivos propuestos en la investigación se cumplieron satisfactoriamente. Así:

Se determinó el efecto de la combinación del ácidos cítrico y ascórbico, en la inhibición del pardeamiento enzimático, el cual, reduce las quinonas producidas por enzimas oxidativas

(polifenoloxidasas, peroxidasa), a fenoles antes que la reacción tenga lugar a la formación de la coloración propia del pardeamiento.

La actividad de los ácidos, tuvo un efecto antioxidante, disminuye el pH de la fruta, evita o retarda la oxidación, y previene así la aparición del pardeamiento.

### **Principales resultados obtenidos**

La investigación propuesta demostró que el mejor tratamiento para retardar el pardeamiento enzimático fue la inmersión de la pitahaya en una solución de ácido ascórbico y cítrico con pH 2,5 por 6 minutos a 28 °C y almacenado a una temperatura de refrigeración de 4 °C, esto fue corroborado por los análisis estadísticos que demostraron la efectividad del tratamiento. Como conclusión se pudo observar mediante el diseño experimental, la alternativa del ensayo 8 resultó conveniente para minimizar el pardeamiento enzimático, mediante el tratamiento de acidulantes, el cual inhibieron eficazmente al reconvertir las quinonas en fenoles.

La estudiante Lucero Cateryn Ramos Duchicela ha mostrado durante el desarrollo de la investigación una elevada dedicación y un alto grado de independencia, sirviendo como guía de los principales elementos a desarrollar en la investigación.

Se destacó la actividad curricular por su rendimiento académico, mostrado durante la investigación interés, motivación en el mismo, lo cual condujo a culminar de forma exitosa el trabajo, cumpliendo con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La presentación final del trabajo cumple con las normas establecidas en la reglamentación institucional.

Atentamente,

---

Víctor Cerda Mejía  
C.I. 1802850022

---

Amaury Pérez Martínez  
CI. 175715076-6



---

Erenio González Suarez

C.I 47110519586

## AVAL

Quien suscribe Ms.C. Víctor Cerda y Dr.C Pérez Martínez Amaury, Docente de la Universidad Estatal Amazónica avala el Perfil de Proyecto de investigación:

Título: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ÁCIDO CÍTRICO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL TRATAMIENTO DE POSCOSECHA DE PITAHAYA AMARILLA (*Hylocereus triangularis*) EN EL CANTÓN PALORA"

Autor (a): RAMOS DUCHICELA LUCERO CATERYN

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del perfil de Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el perfil de Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera de Agroindustria como forma de titulación como Ingeniero en Agroindustria, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 02 días del mes de abril del 2018.

Atentamente,

  
Víctor Rodrigo Cerda Mejía  
1802850022

  
Amaury Pérez Martínez  
1757150766

  
Erenio González Suarez  
C.I 47110519586

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: DOCUMENTO URKUN.docx (D40180492)  
Submitted: 6/14/2018 6:07:00 PM  
Submitted By: amperez@uea.edu.ec  
Significance: 6 %

### Sources included in the report:

Yupangui Tenesaca Marlon Geovanny 12.pdf (D21207813)  
Yupangui Tenesaca2.pdf (D21285088)  
<http://ccfrivers.blogspot.com/>  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2494/1/T-UCE-0004-77.pdf>  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1669-23142012000300010](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142012000300010)  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4747/1/ALVARADOJos%C3%A9Apolonio.pdf>

### Instances where selected sources appear:

14



Oficio No. 009-UTIC-UEA-2018

Puyo, 14 de Junio de 2018

Señores

**Secretaría Académica U.E.A.**

Presente.-

Por medio de presente CERTIFICO que:

El proyecto de titulación, investigación y desarrollo correspondiente a **RAMOS DUCHICELA LUCERO CATERYN**, con C.I. 1600626558 con el Tema: **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ACIDO CITRICO Y ACIDO ASCORBICO EN EL TRATAMIENTO POSCOSECHA DE PITAHAYA AMARILLA (*Hylocereus triangularis*) EN EL CANTÓN PALORA”**, de la Carrera de Ing. Agroindustrial, Director de proyecto. Dr. Víctor Hugo Cerda Mejía, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 06 %. Informe generado con fecha 14 de junio de 2018 por parte del Director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Elías Jachero Robalino MsC.

**UNIDAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UEA  
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .**

*NOTA: Adjunto Informe generado el 14 de junio de 2018 por parte del Director del proyecto.*



## **CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

El Tribunal de sustentación del Proyecto de Investigación y Desarrollo aprueba el proyecto de investigación y desarrollo con tema **“EVALUACIÓN DEL EFECTO DEL ÁCIDO CÍTRICO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN EL TRATAMIENTO POSCOSECHA DE PITAHAYA AMARILLA (HYLOCEREUS TRIANGULARIS) EN EL CANTÓN PALORA”**.

---

MSc. Hernán Ruiz

---

MSc. Marianela Escobar

---

Dra. Haideé Marín, PhD

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a Dios por haberme permitido vivir esta experiencia tan hermosa, por haberme guiado a lo largo de mi vida. Por haberme dado fortaleza y poder seguir adelante en aquellos momentos de debilidad.

A mis padres que este logro es gracias a ellos, por su apoyo incondicional que día a día con su buen ejemplo me han motivo a ser una mejor persona, sin duda ellos son mi principal motivación.

A mis hermanas que son una parte muy importante en mi vida, por su apoyo y su gran amor, gracias por llenar mi vida de alegrías.

A toda mi familia y amigos que siempre están pendiente de mí.

A Leidy, Angie, Estefany, Mayra, Tania, Lily, Marlen y Jackeline que hemos compartido durante el tiempo universitario conocimientos y experiencia, así como también alegrías inolvidables.

A mis mejores amigos, Dina y Ángel gracias por su amistad sincera y por hacerme sonreír en los peores momentos.

También me gustaría agradecer a mis tutores quién, con su experiencia, conocimientos y mucha paciencia me motivaron para seguir adelante y gracias a ellos puedo cumplir un logro más en mi vida.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haberme llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres German y Esthela, por ser ellos los pilares más importantes y demostrarme su cariño y apoyo incondicional a pesar de las diferencias que hemos tenido a lo largo de la vida.

A mis abuelitos María, Manuel y Trajano por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mis hermanas Lizbeth, Jasmin y Valeria por el amor y cariño que me han brindado.

A mi sobrino Owen que es el amor de mi vida, que sin duda con su amor e inocencia ha llegado a mi vida para regalarme los mejores momentos de felicidad.

A toda mi familia por todo el apoyo y el cariño que siempre me brindaron.

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con la finalidad de evaluar la respuesta de aplicación de tratamientos químicos con base a ácido cítrico y ácido ascórbico en la inhibición del pardeamiento enzimático durante el manejo poscosecha de la pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) en el cantón Palora. El tratamiento con acidulantes se realizó siguiendo las etapas de poscosecha, incorporándole dicha etapa después del lavado de la fruta. Los tratamientos que se realizaron fue a dos niveles de: pH (2-2,5), temperatura (20-28 °C), tiempo (4-6 minutos) se aplicaron aleatoriamente 8 ensayos por inmersión. Los datos fueron analizados utilizando un método estadístico Plackett- Bürman.

Los resultados muestran que el mejor tratamiento para retardar el pardeamiento enzimático al reconvertir las quinonas en fenoles, fue la inmersión de la pitahaya en una solución de ácido ascórbico y cítrico con pH 2,5 por 6 minutos a 28 °C y almacenado a una temperatura de refrigeración de 4°C.

**Palabras clave:** Peroxidasa, polifenoloxidasa, pitahaya amarilla, pH, Temperatura, tiempo, ácido ascórbico, ácido cítrico.

## ABSTRACT

This investigation was carried out with the purpose of evaluating the response of application of chemical treatments based on citric acid and ascorbic acid in the inhibition of the enzymatic browning during the postharvest handling of the yellow pitahaya (*Hylocereus triangularis*) in the Palora canton. The treatment with acidulants was carried out following the postharvest stages, incorporating this stage after washing the fruit. The treatments that were carried out were at two levels of: pH (2-2.5), temperature (20-28 °C), time (4-6 minutes) 8 trials were applied randomly by immersion. The data were analyzed using a Plackett-Bürman statistical method.

The results show that the best treatment to retard the enzymatic browning when converting the quinones into phenols, was the immersion of the pitahaya in a solution of ascorbic and citric acid with pH 2.5 for 6 minutes at 28 °C and stored at a temperature of 4°C cooling.

**Key words:** Peroxidase, polyphenoloxidase, yellow pitahaya, pH, Temperature, time, ascorbic acid, citric acid.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS .....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivo específico.....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	5
2.1. ANTECEDENTES .....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1. Pitahaya .....	6
2.2.2. Producción de pitahaya.....	7
2.2.3. Calidad según la norma INEN 2003 .....	8
2.2.4. Manejo de poscosecha.....	9
2.2.5. Pardeamiento enzimático.....	10
<b>CAPÍTULO III</b> .....	16
<b>3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	16
3.1. LOCALIZACIÓN .....	16
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	16
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	16
3.3.1. Recolección de pitahaya .....	17
3.3.2. Señalización de las pitahayas.....	17
3.3.3. Pesaje.....	17
3.3.4. Daño físico.....	17
3.3.5. Preparación de soluciones .....	17
3.3.6. Inmersión de las pitahayas.....	18

3.3.7. Medición del área oxidada y pesaje .....	18
3.3.8. Diseño de experimento .....	18
3.3.9. Variables de respuestas.....	19
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>21</b>
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
4.1. EFECTO DEL TRATAMIENTO EN EL PESO .....	21
4.1.1 Análisis con Box-Hunter .....	23
4.2. EFECTO DEL TRATAMIENTO EN EL ÁREA DAÑADA .....	25
4.3 MÉTODO DE INHIBICIÓN .....	27
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>29</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>29</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	29
5.2. RECOMENDACIONES .....	29
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>31</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Diseño experimental .....	18
<b>Tabla 2</b> Matriz experimental de Plackett-Bürman .....	19
<b>Tabla 3.</b> Rangos de las variables reales en el experimento .....	19
<b>Tabla 4.</b> Resultados experimentales correspondientes al diseño de Plackett- Bürman. ....	21
<b>Tabla 5.</b> Resultados de los coeficientes y los valores de Error Estándar (SE) del diseño de Plackett- Bürman .....	22
<b>Tabla 6.</b> Diseño de Box- Hunter $2^{4-1}$ derivado del diseño de Plackett-Bürman.....	24
<b>Tabla 7.</b> Análisis de áreas afectadas.....	25
<b>Tabla 8.</b> Matriz experimental del efecto de las variables en el crecimiento del área dañada .....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo del proceso de poscosecha de la pitahaya amarilla .....	9
<b>Figura 2.</b> Efecto de pH sobre la actividad de catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas .....	11
<b>Figura 3.</b> Efecto de la temperatura sobre la actividad de catalasa, peroxidasa, polifenoloxidasas.....	11
<b>Figura 4.</b> Diagrama heurístico del proceso de tratamiento .....	16
<b>Figura 5.</b> Resultado de pérdida de peso .....	22
<b>Figura 6.</b> Área final de afectada en las pitahayas .....	27
<b>Figura 7.</b> Pardeamiento no enzimático.....	28



# CAPÍTULO I.

## 1. Introducción

Actualmente la producción y exportación de pitahaya a nivel mundial ha ido en aumento, los países con mayor producción son Israel, México, Nicaragua y Vietnam. Dentro del continente americano también sobresalen como productores Colombia, Guatemala y Ecuador (Molina, Vásconez, & Veliz, 2009).

Los principales destinos de las exportaciones de pitahaya nacional en el 2015 fueron los países asiáticos. Hong Kong presentó una participación mayoritaria de 53% con un ingreso USD 1.7 millones, Singapur 20% con USD 639 mil, Indonesia 7% con USD 229 miles. Otros mercados importadores de la fruta desde Europa son países Bajos 5%, Francia 3%, Canadá 3%, España 3%, Malasia 2% demás países 4% respectivamente (BCE, 2015).

Las pitahayas ecuatorianas son reconocidas a nivel mundial por su singular forma, sabor y sus propiedades nutricionales, así también como una fruta exótica. Se cultiva dos especies que son: La *H. triangularis* (pitahaya amarilla) y la *H. ocamposis* (pitahaya roja) (MAGAP, 2016).

La pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) es un fruto propio de Ecuador, quien ha ido posicionándose como un cultivo que hoy en día sobresale, teniendo como resultado una alta demanda de frutos exóticos a nivel mundial. (Guerrero, 2014).

A nivel nacional la provincia más representativa de producción de pitahaya es Morona Santiago con un 69%, Guayas 16%, Pichincha 9%, Bolívar 2% y otras provincias 4% (Parojnia, 2016).

La pitahaya es un producto perecible, aproximadamente 8 a 15 días de tiempo de vida útil, lo que constituye una limitante para el transporte y comercialización de los frutos frescos hacia mercados distantes, por lo que se busca alternativas de manejo poscosecha (Guerrero, 2014).

La etapa de cosecha y manejo poscosecha de la fruta tiene poca investigación, los parámetros importantes dentro de estas etapas, es la calidad y la durabilidad, teniendo en cuenta las temperaturas y tiempos óptimos específicos para cada una de las frutas siendo responsable de pérdidas económicas (Aguilar, 2016).

El manejo poscosecha es importante, ya que de ello depende su calidad, una vez que el producto es cosechado comienza el proceso de la senescencia haciéndolo susceptible a los procesos enzimáticos, específicamente por las enzimas como la polifenoloxidasa (PFO) y peroxidasa (POD), causando oscurecimiento de la pulpa/corteza (Barreiro, 2017;Yupangui, 2016).

El manejo de poscosecha, en su mayoría no es el adecuado, debido a que la fruta sufre ciertos pinchazos producidos por los mismos espinos, causando una oxidación en la corteza, que da lugar al pardeamiento del área afectada, provocado por acción de enzimas, en este caso la polifeloxidasa, esta enzima actúa sobre sustratos como polifenoles, produciendo quinonas que se polimerizan y como resultado obtiene el color característico de una oxidación. (Yupangui, 2016).

Las enzimas relacionadas con el pardeamiento enzimático reciben los nombres de polifenoloxidasas, fenoloxidasas, tirosinasas, cresolasa o catecolasas denominadas en forma general como fenolasas; las que se hallan ampliamente distribuidas en las frutas (Montenegro, 2015).

Son diversos los estudios realizados para optimizar el tiempo de vida útil de los productores hortofrutícolas, tales como: tratamientos térmicos, radiaciones, ionizantes, adición de ácidos, pre-enfriamiento, uso de atmosferas modificadas, recubrimientos comestibles y almacenamiento bajo condiciones de temperatura y humedad relativa controladas (Paredes, 2014).

En este sentido, el objetivo principal de esta investigación es evaluar el efecto de la adición de dos acidulantes como método para retardar el pardeamiento enzimático de la pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) en la fase poscosecha.

## **1.1. Planteamiento del problema**

La pitahaya a nivel mundial, diariamente gana terreno en el mundo, debido a que varios países, aumentan los envíos de frutas ya sea de la variedad roja o amarilla, los principales mercados de exportación son España, Alemania, Inglaterra, Dinamarca, Suiza, Holanda, Argentina, EEUU, Canadá y Japón (Rodríguez, Patiño, Miranda, Fischer, & Galvis, 2005).

Dentro de la producción nacional según (Parojnia, 2016) hace mención el incremento positivo de aproximadamente 180 % en toneladas métricas de producción de pitahaya, a

partir del año 2011 al 2014 cuyo resultado fue bastante notorio debido a que en el año 2011 la producción fue de 1299 t en comparación con el año 2014 con 3633 t.

Debido al incremento de producción y una mayor demanda por parte de mercados internacionales, dichos mercados definen términos de calidad, el cual deben cumplir según la norma INEN 2003.

Existen ciertos inconvenientes durante el proceso productivo de la pitahaya, sin embargo, la principal amenaza que sufren los productores es el mal manejo poscosecha, que sufre la fruta en su mayoría debido a pinchazos producidos por los mismos espinos, que causan una oxidación, dando como resultado el pardeamiento de la fruta.

Ante esta situación, se ha planteado la valoración de un tratamiento mediante acidulantes, que evita o retarda el pardeamiento enzimático de la pitahaya, como una alternativa de manejo de poscosecha que disminuya la fruta de descarte y reduzca las pérdidas económicas a los productores.

## **1.2. Formulación del problema**

El manejo inadecuado durante la poscosecha afecta a la calidad de la fruta acelerando el deterioro, ocasionando pérdidas que afectan a los productores.

## **1.3. Justificación**

Actualmente, la producción de pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) en el País cuenta con un alto potencial para su comercialización, exportándose el 70% de fruta fresca a diferentes países, mientras que la demanda interna se encuentra en un 30%, el cual dentro de ese porcentaje un 20% se destina a supermercados y un 10% a mercados minoristas siendo una fruta de descarte por lo que su costo es mínimo. En este contexto, la evaluación del efecto del ácido cítrico y ácido ascórbico en el tratamiento poscosecha de pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) en el cantón Palora, tiene una importancia significativa desde el punto de vista económico por cuanto alrededor de doscientas familias agrupadas en diferentes asociaciones directamente se dedican al cultivo de esta fruta, a la vez emplea mano de obra para la cosecha, transporte, comercialización. Desde el punto de vista técnico debido a que el manejo no es el apropiado repercute en la calidad, por lo mismo se implementará como estrategia aplicar un tratamiento con acidulantes que tiene como objetivo conservar sus características físicas/organolépticas, mediante esta investigación se pretende evaluar métodos alternativos que permita alargar la vida útil de la fruta de exportación durante su

cadena de comercialización, reduciendo las pérdidas y mejorando los ingresos de los productores.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto del ácido cítrico y ácido ascórbico en el tratamiento poscosecha de pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) en el cantón Palora.

### **1.4.2. Objetivo específico**

1. Determinar el método de inhibición de las enzimas causantes del pardeamiento enzimático en la corteza de pitahaya.
2. Definir la actividad del ácido cítrico y ácido ascórbico para retardar la oxidación de la corteza de pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*).

## CAPÍTULO II

### 2. Fundamentación teórica de la investigación

#### 2.1. Antecedentes

A continuación, se presentan algunos trabajos e investigaciones que se han desarrollado en torno al tema. Los mismos aportan ciertos datos e insumos de interés que sirven como punto de partida y de referencia para una mejor aproximación a los aspectos considerados en el problema de estudio.

Los resultados de una investigación realizada por Barreiro & Vera (2017) plantea, que el ácido ascórbico generalmente es utilizado como un agente antipardeamiento, debido a propiedades reductoras, así como también disminuye ligeramente el pH, este ácido controla la reacción de pardeamiento de la fruta, ya que es un inhibidor muy eficaz al reconvertir las quinonas en fenoles. También hace mención al porcentaje óptimo para contrarrestar el pardeamiento enzimático de la pulpa de pitahaya es de 1.2%, referente a la temperatura puede ser entre -2 °C como 4 °C.

Por otra parte, Deyona (2012), evaluó diferentes tratamientos como inhibidores de pardeamiento enzimático en manzanas, el tratamiento consistió en sumergir las frutas en soluciones de ácido ascórbico, ácido cítrico y EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) en diferentes concentraciones, observando la reacción de actividad de la enzima polifenoloxidasas. La solución que resultó significativamente menor fue, 2% ácido ascórbico, 1% ácido cítrico, 0,5% EDTA.

Así mismo, Bravo & Vélez (2016), estableció factores de medición mediante la aplicación de ácido ascórbico con el fin de evaluar el pardeamiento enzimático de la pulpa de mate, en cuanto a la determinación de la dosis óptima de ácido ascórbico, se obtuvo como resultado que la pulpa de mate sumergida en la solución del 0,5% de ácido ascórbico, a una temperatura de refrigeración de 4 °C por 15 minutos fue el mejor tratamiento para retardar el pardeamiento enzimático.

Cómo plantea Ulloa (2010) sobre tratamientos de remojo para bulbos de jaca, con soluciones combinadas de ácido cítrico, ácido ascórbico y sorbato de potasio en diferentes concentraciones, las cuales se almacenaron a 6 °C para su posterior análisis cada cuatro días por un periodo de 12 días. El tratamiento que incluyó al sorbato de

potasio 1,5 (g/L), ácido cítrico 10,0 (g/L), y ácido ascórbico 10,0 (g/L), generó una diferencia con respecto a los demás tratamientos, debido a la presencia de dos tipos de ácidos, disminuyendo así el pH, lo que permitió al sorbato de potasio una mejor función antimicrobiana al concentrarse en una mayor proporción en su forma sin disociar que es la forma activa.

Mientras tanto Tesen & Valdez (2014) evaluaron diferentes tratamientos los cuales se plantearon tres variables independientes: ácido ascórbico, temperatura y tiempo cada uno con tres niveles, con el fin de optimizar la concentración de las variables. En base a los resultados se determinó que las concentraciones al que fue sometida el jugo de caña tienen influencia significativa sobre la inactivación de la enzima polifenoloxidasas. La muestra con un resultado favorable que inactivo en un gran porcentaje la polifenoloxidasas en el jugo de caña, determinando así los niveles óptimos de concentración de ácido ascórbico fue de 0,17%, temperatura 86,84°C, y 4,15 minutos. Se realizó una comparación de inactivación de la polifenoloxidasas en jugo de caña en diferentes pH (4 y 5) y diferentes temperaturas y tiempos, llegando a una conclusión que las mejores condiciones de inactivación son a un pH de 4 a 80 °C por un tiempo de 4 minutos.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Pitahaya**

La Pitahaya amarilla (*Hylocereus triangularis*) es una variedad de Palora cuya planta, familia de las cactáceas de tallos triangulares, posee una flor tubular, hermafrodita, de color blanco o rosado, mide aproximadamente 20 cm de largo y se abre solo durante la noche. El fruto es una baya de forma ovoide, está cubierto con escamas de color amarillo o rojo, la pulpa es carnosa de color crema o rojo pálido, con gran cantidad de semillas, de sabor agradable; es consumido en fresco o preparado (INEN, 2003).

La fruta producida nacionalmente se localiza en zonas subtropicales y amazónicas, misma que tiene una forma ovalada de color amarillo, dulce y de excelente calidad. Su pulpa es blanca consistente y espumosa con pequeñas pepas comestibles. Pertenece a la familia de las cactáceas, es una fruta tropical de características particulares, tiene una capa que la recubre, en comparación con otras frutas es de los más dulces que se encuentra (Difilo, 2017).

Como característica propia la pitahaya ecuatoriana, se diferencia de las demás variedades, en el tamaño y peso que son valores más altos en relación con la fruta colombiana, haciéndola más apetecible para su exportación como fruta entera, como propiedades químicas contiene un alto porcentaje de sólidos solubles que le brinda un alto potencial para su procesamiento como pulpa o jugo (Carrera & Caicedo, 2011).

#### **2.2.1.1. Beneficios de la pitahaya**

Hoy en día es muy apetecida por los consumidores ya que es fuente principal de: glucosa, fructosa, lípidos, potasio, sodio, magnesio, calcio, ácido cítrico, ácido láctico, y vitamina C. También tiene propiedades medicinales, entre las que se puede mencionar, que es laxante, y disminuye el nivel de colesterol en la sangre (Trujillo, 2014).

#### **2.2.2. Producción de pitahaya**

Dentro de la producción de pitahaya en el Ecuador da como resultado una fruta reconocida a nivel mundial por su singular forma, sabor y sus propiedades nutricionales, así también como una fruta exótica. Se cultiva dos tipos dos especies que son: La *H. triangularis* (pitaya amarilla) y la *H. ocamopsis* (pitaya roja) (MAGAP, 2016).

A nivel nacional la provincia más representativa de producción de pitahaya es Morona Santiago con un 69%, Guayas 16%, Pichincha 9%, Bolívar 2% y otras provincias 4% (Parojnia, 2016)

#### **2.2.2.1. Análisis de mercado**

La demanda interna de pitahaya se concentra en las clases sociales media y media alta, en supermercados como Megamaxi, esta es una fruta clasificada que no se encuentra en cualquier supermercado. Mientras que las importaciones a nivel mundial son a países como Europa, Estados Unidos y Asia llegando a ser mercados principales para el país, dichos mercados se definen en términos de la calidad de la pulpa, tamaño de la fruta y la estabilidad de la oferta del producto durante la temporada (Jordan, Vasconez, & Veliz, 2009).

#### **2.2.2.2. Costo nacional y de exportación**

Debido a que la fruta tiende a tener un costo elevado, dentro del país no tiene mucha aceptación, lo que impulsa a los productores a buscar otras alternativas de mercados, una mayor acogida son los mercados extranjeros los cuales tienden ser exigentes respecto a la calidad, así también el costo es mayor, resultando un incremento económico favorable (Proaño, 2013).

El costo de la pitahaya en el Ecuador varía según su demanda, ya sea para consumo dentro del país como para fruta de exportación, como menciona (Pacheco & Wilson, 2013) el precio de la pitahaya en el Ecuador, la caja de 15 unidades tiene un costo de 17 dólares, mientras que el kilogramo tiene un valor de 5 dólares.

Como menciona (Pasquel, 2016) , el 70% de la fruta fresca se exporta alrededor de 5 dólares el kilogramo, donde el 24% no cumple con la normativa establecida para exportación, misma que es comercializada en el mercado nacional a 1,10 dólares el kilogramo, reduciendo su costo de producción real que es de 1,25 dólares el kilogramo.

### **2.2.3. Calidad según la norma INEN 2003**

Los índices de cosecha y manejo poscosecha de la fruta de pitahaya han sido poco investigadas, los parámetros importantes que se incluyen es la calidad el cual se basa según la normativa (INEN, 2003) establece que todas las categorías de requisitos especiales y de tolerancia deben:

Estar enteras y exenta de daños mecánicos, deben ser separadas de frutas por podredumbre o deterioro; estar limpias (sin espinas) y extensas de materia extraña visible, estar exenta de plagas y daños que afecten al aspecto general del producto; estar exenta de humedad externa anormal; extensas de cualquier olor y/o sabor extraño; el péndulo o tallo debe medir de 15 mm a 25 mm de longitud.

Cumpliendo lo antes mencionado, la fruta se clasifica según la calidad física del fruto:

Grado "extra": se aceptan solamente ligeras alteraciones superficiales de la cascara, siempre y cuando no afecten la apariencia general del producto, admitiendo así hasta el 5% de frutos que no corresponden a las características de grado extra.

Grado 1: esta fruta debe cumplir todos los requisitos definidos anteriormente, para las frutas dentro de esta categoría se admiten los defectos tales como; deformaciones del fruto, como alargamiento poco pronunciado del ápice; rozaduras cicatrizadas, que no excedan 1 cm<sup>2</sup> con respecto al área total del fruto. Además de admitir hasta el 10 % en número de frutos que no correspondan a los requisitos

Grado 2: este grado comprende a los frutos que no pueden clasificarse en las categorías anteriores, pero cumplen los requisitos básicos, además de conservar sus características esenciales de calidad y no debe alterar el aspecto general del producto, es por ello que admiten defectos como: manchas superficiales y/o raspaduras cicatrizadas que no excedan a

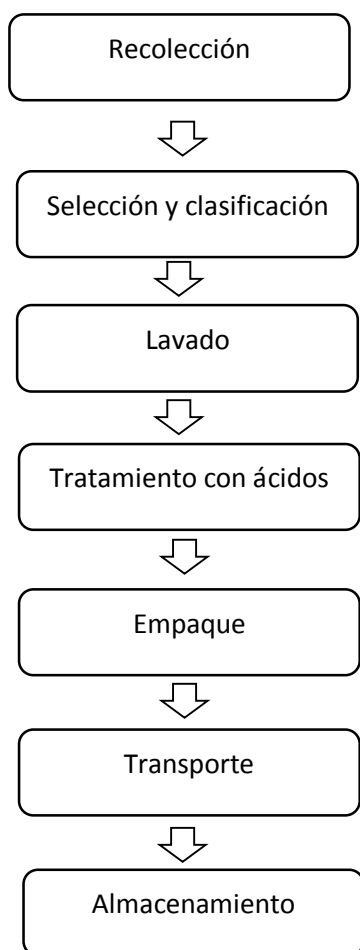


2 cm<sup>2</sup> con respecto al área total del fruto; pérdida de la forma ovoidal. Se admite hasta el 10% en número de los frutos que no correspondan a los requisitos planteados.

#### 2.2.4. Manejo de poscosecha

La pitahaya, es un producto perecible, aproximadamente, 8 a 15 días de tiempo de vida útil excelente para la comercialización, lo que constituye una limitante para el transporte y comercialización de los frutos frescos hacia mercados distantes, por lo que se busca alternativas de manejo poscosecha (Guerrero, 2014).

Para evitar dichos inconvenientes en la fruta se debe cumplir con un buen manejo de poscosecha, el cual se entiende como el conjunto de actividades que se realizan desde la recolección de las frutas en el campo hasta cuando son consumidas. (Guerrero, 2014). En la Figura 1, se muestra el diagrama de todo el proceso poscosecha de la pitahaya amarilla.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de poscosecha de la pitahaya amarilla

**Fuente:** (Guerrero, 2014).

Es por ello que es importante la manipulación de la fruta en esta etapa, ya que debido a ciertas alteraciones causa lesiones y daños físicos, los cuales incrementan la respiración y producción de etileno, que provocan cambios físicos y químicos como: color, sabor, textura y características propias de la fruta (Aguilar, 2016; Yupangui, 2016).

### **2.2.5. Pardeamiento enzimático**

La reacción de pardeamiento empieza con el corte de fruta en la superficie del tejido, en ese momento se desestructura la célula y se produce la liberación de los componentes. La compartimentación celular es interrumpida produciéndose la mezcla de sustratos y enzimas, iniciándose las reacciones que dan lugar a compuestos activos (Piedra, 2017).

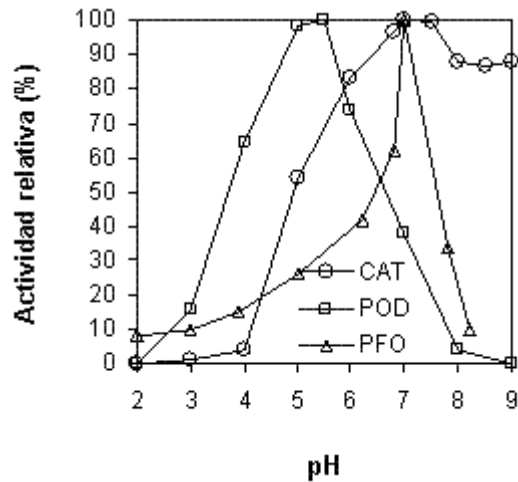
La acción de la polifenoloxidasas, actúa sobre sustratos como los polifenoles originales, convirtiéndolos a quinonas, estos se polimerizan y finalmente dan el color característico de pardeamiento (Yupangui, 2016).

Las enzimas relacionadas con el pardeamiento enzimático reciben los nombres de polifenoloxidasas, fenoloxidasas, tirosinasas, cresolasa o catecolasas denominadas en forma general como fenolasas; las que se hallan ampliamente distribuidas en las frutas (Montenegro, 2015).

Según, (Baquero, Castro, & Narvaez, 2005) hace mención a la reacción de las enzimas polifenoloxidasas y peroxidasa que reaccionan mediante la oxidación de fenoles propias de las células a quinonas, las cuales son altamente reactivas con proteínas, ácidos nucleicos, flavonoides y otras quinonas, como producto de esta reacción se generan colores pardos, así también reducen propiedades sensoriales de textura, color y sabor.

#### **2.2.5.1. Medio de activación en función de pH y temperatura**

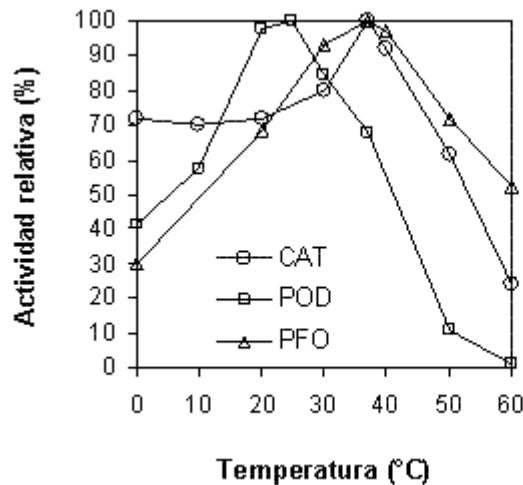
En función de la temperatura y pH, estas enzimas tienen un medio de activación, la mayor actividad se encuentra entre los valores 5,0 a 5,5 para la peroxidasa mientras que para la polifenoloxidasas se encuentra en un valor de 7,0 como se puede observar en la Figura 2.



**Figura 2.** Efecto de pH sobre la actividad de catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas

Fuente: (Castro et al, 2006)

En el caso de la temperatura la activación de estas enzimas se encuentra en diferentes rangos, la actividad de la peroxidasa es media entre 20 a 25 °C con una actividad máxima a 25 °C, mientras que la polifenoloxidasas es alta entre 30 a 40 °C con un máximo en su actividad a 37 °C como se puede apreciar en la Figura 3.



**Figura 3.** Efecto de la temperatura sobre la actividad de catalasa, peroxidasa, polifenoloxidasas.

Fuente: (Castro et al., 2006)

### 2.2.5.2. Métodos de inhibición de la actividad enzimática

Para poder dar una solución al manejo de poscosecha, se ha observado mediante diferentes autores tratamientos poscosecha para incrementar el tiempo de vida útil de los productos hortofrutícolas, tales como: tratamientos térmicos, radiaciones, ionizantes, pre-enfriamiento, uso de atmosferas modificadas, recubrimientos comestibles y almacenamiento bajo condiciones de temperatura y humedad relativa controladas (Paredes, 2014).

El uso de radiación Gamma como tratamiento poscosecha se utilizó para inhibir la acción enzimática de la PPO en la naranjilla, esto permitió conservar las características fisicoquímicas y sensoriales a niveles aceptados para el consumo en fresco y posterior almacenamiento refrigerado, (Montenegro, 2015).

Como menciona (Bravo, 2016) sobre los tratamientos térmicos, el cual inactiva la enzima polifenoloxidasas mediante calor, tomando en cuenta que tiene ventajas y desventajas, como ventaja plantea que no se aplica algún aditivo, como desventaja las frutas frescas presentan cambios en la textura, dando sabor y aspecto a cocido, para evitar dichos inconvenientes se procede a regular el tiempo de calentamiento, acortando justo al mínimo capaz de inactivar la enzima por un escaldado inmediato.

Deshidratación es un método convencional de conservación de alimentos; cuyo objetivo principal es reducir la actividad de agua ( $a_w$ ) de las frutas, hasta valores críticos donde la actividad y estabilidad de las enzimas puedan verse afectadas. La disminución de forma controlada de la  $a_w$  se realiza generalmente por deshidratación osmótica, que consiste en la inmersión de frutas enteras o cortadas en jarabes de maíz o soluciones concentradas de sacarosa; bajo estas condiciones se tiene dos flujos en contracorriente; un flujo de agua y solutos desde la fruta hacia el medio y otro flujo del medio a la fruta con una posible incorporación de agentes conservantes, antimicrobianos y antipardecimiento (Montenegro, 2015).

La función de los sulfitos, es reducir las o-quinonas en difenoles menos reactivos para prevenir el desarrollo de melaninas. Este método fue descartado debido a que algunas personas presentaron alergias (Yupangui, 2016).

Agentes reductores como derivados del azufre, tiene un rol multifuncional en los alimentos; estos poseen actividad antimicrobiana e inhiben el pardecimiento tanto enzimático como no enzimático, algunas especies el bisulfito ( $\text{HSO}_3$ ) y sulfitos ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) ejerce un efecto competitivo con la PPO, debido al enlace formado entre este y el sitio activo de la enzima; además este compuesto reacciona con algunos intermediarios como quinonas, que resultan en la formación de sulfoquinonas e inhiben irreversiblemente la PPO (Gil, Rojano, & Guerrero, 2012).

Ácido L-ascorbico (vitamina C) es un agente reductor moderado. Este previene el pardecimiento y otras reacciones oxidativas en frutas y vegetales; además, es considerado como un buen secuestrante de oxígeno que permite la remoción del oxígeno molecular en

las reacciones de la PPO. Es muy usado el ácido cítrico en conjunto con el ácido L-ascórbico para mantener el nivel del pH en el medio (Gil et al., 2012)

La Cisteína tiene un efecto poder inhibidor enzimático, pero tiene efectos negativos sobre el sabor. La inhibición de la melanosis por cisteína es debido a la formación de o-quinonas tiol conjugadas (Gil et al., 2012)

Inhibidores de enzimas como el 4-Hexilresorcinol (4-HR), los resorcinolos sustituidos, compuestos *m*-difenólicos que están estructuralmente relacionados con los sustratos fenólicos, tienen un efecto inhibidor competitivo con la PPO; la sustitución hidrofóbica con hexil, dodecil y grupos ciclohexil en la posición 4 del anillo aromático del resorcinol incrementa la efectividad de su efecto inhibidor competitivo sobre la polifenoloxidasas. 4-HR tiene una capacidad inhibitoria del 50% a una concentración de 0.2 M (Gil et al., 2012)

El envasado en atmósferas modificadas es una técnica que permite el intercambio gaseoso y proporciona una atmósfera diferente a la normal, se basa en el empleo de nitrógeno solo o mezclado con CO<sub>2</sub>, y en la reducción del contenido de oxígeno hasta niveles inferiores a 1%. Las concentraciones de CO<sub>2</sub>, han de comprender entre 20 y 60% siendo más efectivo a bajas temperaturas (Blach, Donado, & Pinzón, 2011).

La reacción necesita oxígeno, remover el oxígeno a través de envasar las frutas frescas bajo atmósfera libre de oxígeno, la exclusión de oxígeno se realiza mediante el uso de recubrimiento o películas comestibles que limitan la disponibilidad de O<sub>2</sub>, este método busca reducir la tasa de respiración y las reacciones enzimáticas, al empacar los productos con bajas concentraciones de O<sub>2</sub> y altas de CO<sub>2</sub> (Montenegro, 2015). La concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> en el envase, tiene como finalidad reducir de forma progresiva la velocidad de respiración de los productos sin llegar a inducir la anaerobiosis, debido a que esta favorecerá la fermentación del producto generando olores y sabores desagradables (Cabezas, 2013).

El hidrofriamiento consiste en reducir de forma rápido el "calor de campo" de un producto recién cosechado previo a su almacenamiento, transporte o procesamiento; basado en el principio de que por cada 10 °C que disminuya la temperatura la tasa de respiración se reduce de 2 a 3 veces y por ende la vida útil de los productos hortofrutícolas. El pre-enfriamiento reduce la tasa de respiración y la actividad enzimática, además mantiene la firmeza y minimiza la pérdida de agua (Paredes, 2014).

El método de ozono, se utilizan dos electrodos uno de alta tensión y uno de baja tensión (electrodo de tierra). Se hace pasar aire seco u oxígeno adecuadamente entre dos electrodos de alto voltaje separados por un material dieléctrico, que es generalmente vidrio. Cuando los electrodos tienen la energía cinética suficiente para disociar la molécula de oxígeno, una cierta fracción de estas colisiona y una molécula puede formarse a partir de cada átomo de oxígeno. Si se hace pasar aire como un gas de alimentación a través del generador se puede producir del 1-3% de ozono, en cambio el uso de oxígeno puro como gas de alimentación permite rendimientos de hasta 6% de ozono (Jaramillo, 2014).

El efecto del ozono sobre la inactivación enzimática en algunas frutas y verduras frescas o cortadas ha sido estudiado. Algunos autores observaron que la aplicación de ozono provocó una disminución significativa en la actividad de las enzimas polifenoloxidasas y peroxidasas presentes en diversas frutas y vegetales (Jaramillo, 2014).

Los autores (Andrade-Cuvi, Moreno-Guerrero, Henríquez-Bucheli, Gómez-Gordillo, & Concellón, 2010) plantean que una dosis baja de irradiación actúa como un agente dañino, estimulan reacciones benéficas en organismos biológicos, este actúa sobre la materia vegetal, prolongando calidad, vida útil, retrasa de senescencia y maduración de las frutas el cual induce mecanismos de defensa contra mohos y bacterias.

Los tratamientos de acidulantes, consiste en retardar o evitar el pardeamiento de las frutas, reduciendo el pH a valores menores a 5, debido a que el medio de activación de estas enzimas se encuentra en un valor de 5 a 7, es por ello la combinación de antioxidantes, con reguladores de pH (Pardo & Mendez, 2017).

El ácido cítrico es un corrector de acidez, actúa como agente quelante de iones de metales responsables de las reacciones de pardeamiento enzimático (Tinitana, 2014). El Ácido cítrico reduce el pardeamiento enzimático deteniendo el cobre del sitio activo de la PPO, y potencia el efecto de compuestos tales como el Ácido ascórbico.

“El Ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) inactiva a la enzima y forma complejos con iones de metales pesados tales como el cobre de la PPO” es óptima entre 5 y 7 (Deyona et al., 2012). Aunque luego se vuelva al pH original de la fruta, la enzima no se recupera, impidiéndole así el pardeamiento. Los acidulantes se utilizan frecuentemente en combinación con otros agentes de antipardeamiento, debido a que es muy difícil lograr una inhibición completa del oscurecimiento únicamente por el control del pH (Yupangui, 2016). El tratamiento más utilizado dentro de los tratamientos mencionados anteriormente es el baño químico, que comprende sumergir las frutas en una solución acuosa de ácidos, que

tiene como función ejercer un mayor control de pH en el alimento al limitar la actividad de microorganismos, que en combinación con temperaturas bajas permite controlar el crecimiento y desarrollo, prolongado de las frutas (Hernández, Cardozo, Flores, Salazar, & Gómez, 2014).

El tratamiento a tomar en cuenta para la elaboración de esta investigación, es con ácidos, que tiene efecto de antioxidante con la acción del ácido cítrico, capaz de disminuir el pH de las frutas, en conjunto con el ácido ascórbico esta combinación de ácidos evitan o retardan la oxidación de compuestos presentes en las frutas, previniendo así la aparición del pardeamiento (Arias, 2016).

## CAPÍTULO III

### 3. Metodología de la investigación

#### 3.1. Localización

La investigación y su parte experimental, se llevó a cabo en la Universidad Estatal Amazónica, ubicada en la provincia de Pastaza, km 2 ½ vía al Tena paso lateral.

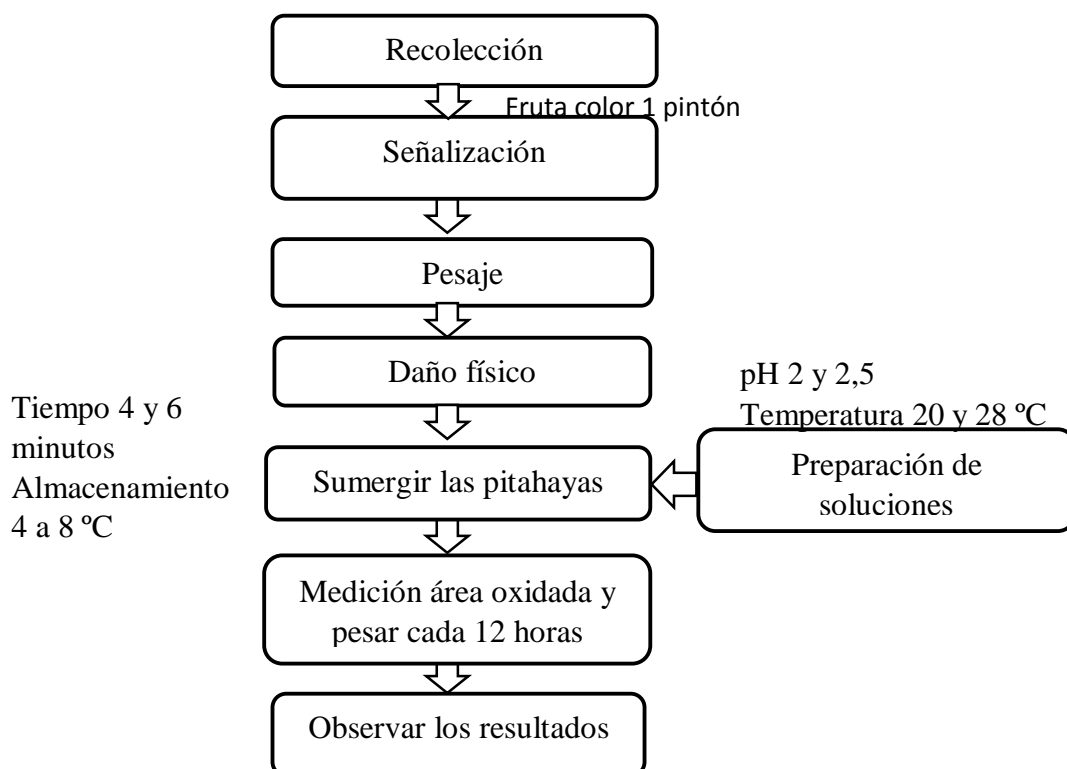
#### 3.2. Tipo de investigación

Esta investigación es tipo experimental, el cual consiste en someter un objeto a determinadas condiciones o estímulos, para observar los efectos que se producen.

#### 3.3. Métodos de investigación

Mediante una recopilación bibliográfica se determinó el método de inhibición de las enzimas causantes del pardeamiento enzimático en la corteza de pitahaya.

Con el fin de definir la actividad del ácido cítrico y ácido ascórbico para retardar la oxidación de la corteza de pitahaya amarilla como se describe en el diagrama heurístico que se muestra a continuación en la Figura 4.



**Figura 4.** Diagrama heurístico del proceso de tratamiento

**Fuente:** Elaboración propia



### **3.3.1. Recolección de pitahayas**

La recolección de pitahaya se realizó en el cantón Palora provincia de Morona Santiago, en la parroquia Sangay, de forma manual, se debe tener mucho cuidado con la fruta ya que contiene espinos, es recomendable recolectar con guantes de cuero y utilizar tijeras de punta curva para cortar la fruta, antes de cortar se procede a despinar con un cepillo para finalizar con el corte de la fruta. La fruta requerida para el presente trabajo debe estar en un estado de madurez color 1 según (INEN, 2003), que es la fruta pintona verde-amarillo que va del 21 al 40%.

### **3.3.2. Señalización de pitahayas**

Para seguir un orden respectivo y saber diferenciarlas, se enumeraron las frutas para poder observar los cambios mediante los días transcurridos.

### **3.3.3. Pesaje**

Esta etapa es muy importante, ya que se tomó en cuenta el peso inicial de las frutas, así como también el peso cada 12 horas, para tener referencia sobre la pérdida de peso que sufrió las frutas, el pesado se realizó individualmente con una balanza analítica CAMBRY modelo EK5450.

### **3.3.4. Daño físico**

El pinchazo de la fruta se realizó de la siguiente manera 8 frutas fueron pinchadas con intención para poder observar cómo reacciona con el tratamiento de los ácidos, 8 frutas no fueron pinchadas para poder observar si el tratamiento de ácidos tiene efecto de conservación sobre ellas, es decir que la apariencia física de la fruta no se deteriore, la última fruta que se pinchó fue la de control esta no fue expuesta a ningún tratamiento de ácidos.

### **3.3.5. Preparación de soluciones**

Los ácidos a utilizar en esta investigación son de grado alimenticio, el cual se procedió a preparar la solución concentrada de ácido cítrico, utilizando 5 gr de ácido en 25 ml de agua destilada, de la misma manera se preparó la solución de ácido ascórbico 5 gr de ácido en 25 ml de agua destilada. Mediante una bureta de 25 ml para cada solución de ácidos se agregó por goteo en 2 litros de agua hasta bajar el pH requerido para las diferentes soluciones y poder sumergir las frutas, teniendo como resultado una solución m/v al 20% de ácido ascórbico y 20% de ácido cítrico en relación 2:1. Una vez obtenido las soluciones, otro de los parámetros dentro del tratamiento es que las soluciones se encuentren a una temperatura de 20 °C y 28 °C el control de temperaturas se realizó con un termómetro.

### 3.3.6. Inmersión de las pitahayas

Las frutas son sumergidas de manera aleatoriamente, como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.** Diseño experimental

Numero	pH	Temperatura	Tiempo	Daño Físico
1	2	20	4	con
2	2	20	6	con
3	2,5	20	4	con
4	2,5	20	6	con
5	2	28	4	con
6	2	28	6	con
7	2,5	28	4	con
8	2,5	28	6	con
9	2	20	4	sin
10	2	20	6	sin
11	2,5	20	4	sin
12	2,5	20	6	sin
13	2	28	4	sin
14	2	28	6	sin
15	2,5	28	4	sin
16	2,5	28	6	sin

**Fuente:** Elaboración propia

Después que las frutas fueron sumergidas en las soluciones, estas son almacenadas a una temperatura de 4 a 8 °C.

### 3.3.7. Medición del área oxidada y pesaje

El control se realizó cada 12 horas, se pesó cada una de las frutas y se observó el cambio de coloración propia del pardeamiento.

### 3.3.8. Diseño de experimento

Esta investigación se ha basado en datos de diferentes autores, para el efecto del pH en un medio de activación se encuentra en un promedio de 5 a 7 dependiendo de la enzima polifenoloxidasas o peroxidasas (Baquero et al., 2005), el descenso del pH retarda el pardeamiento enzimático, es por ello, que al disminuir a valores por debajo de 4.0 retarda considerablemente la actividad de la fenolasa (Barreiro & Vera, 2017), los valores de pH que se han considerado esta entre 2 y 2,5 en la cual se inactiva la enzima en su totalidad Tesen & Valdez (2014). Este mismo autor hace énfasis al tiempo óptimo de inactivación se encuentra entre 4,15 a 6,0 minutos Tesen & Valdez (2014)

Como no se repitieron los ensayos se decidió determinar la incidencia de las variables mediante una combinación de los métodos experimentales de Plackett- Bürman y Box – Hunter como lo propusieron (González, Ramos, Ribot, & Peralta, 1986) el diseño experimental utilizando statgraphics 5.0 se observa puede observar en la Tabla 2.

**Tabla 2** Matriz experimental de Plackett-Bürman

N	N	pH	Xf1	Temp	Tiempo	Xf2	Xf3	Daño
P-B	Real							
1	15	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1
2	4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1
3	7	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1
4	1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1
5	12	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
6	6	-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1
7	14	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1
8	9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

**Fuente:** Elaboración propia

En la Tabla 3, el pH, Temperatura, Tiempo y daño, son variables reales con la característica de que las tres primeras son variables cuantitativas y la última (daño) es cualitativa.

Se fijan como falsas variables Xf1, Xf2 y Xf3y esto nos permite hacer el estudio con tres falsas variables como recomendó (Isaacson, 1970)

Los rangos de las variables reales se expresan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Rangos de las variables reales en el experimento

N en el diseño	Variable	Nivel bajo	Nivel alto	Intervalo de variación
1	pH	2	2.5	0.25
3	Temperatura	20 °C	28 °C	4
4	Tiempo	4 minutos	6 minutos	1 minuto
7	Daño	No	Si	

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.9. Variables de respuestas

Como variable de respuesta se definieron 4 parámetros, a saber:

Y1: La razón de pérdida de peso a los 7 días, = (Peso Inicial - peso a los 7 días) /Peso inicial, la influencia de las variables independientes seleccionadas con el propósito de determinar el

peso que se pierde en días posteriores al tratamiento y su comparación con el valor correspondiente a la muestra testigo emite un criterio de efectividad del tratamiento.

Y2: La velocidad de pérdida de peso a los 7 días =  $Y1/7$  días para conocer el comportamiento de la velocidad de deterioro en los días y poder pronosticar el rendimiento final con relación al inicial y pronosticar tiempo de comercialización

Y3: La razón de pérdida de peso a los 14 días, =  $(\text{Peso Inicial} - \text{peso a los 14 días}) / \text{Peso inicial}$ , la influencia de las variables independientes seleccionas con el propósito de determinar en el peso que se pierde en días posteriores al tratamiento y su comparación con el valor correspondiente a la muestra testigo emite un criterio de efectividad del tratamiento.

Y4: La velocidad de pérdida de peso a los 14 días =  $Y3/14$  días para conocer el comportamiento de la velocidad de deterioro en los días y poder pronosticar el rendimiento final con relación a la inicial y determinar el tiempo de comercialización.

## CAPÍTULO IV

### 4. Resultados

#### 4.1. Efecto del tratamiento en el peso

La matriz de los resultados experimentales, seleccionados de los experimentos totales de un  $2^4$  se presenta en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Resultados experimentales correspondientes al diseño de Plackett- Búrman.

N	N	pH	Xf1	Tem	Tiem	Xf2	Xf3	Daño	Y1 (7)	Y2 (7)	Y3(14)	Y4(14)
P-B	Real								Razón	Velocidad	Razón	Velocidad
1	15	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	0.024814	0.003545	0.042184	0.003013
2	4	+1	+1	-1	+1	-1	-1	+1	0.044444	0.006349	0.083333	0.005952
3	7	+1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	0.042105	0.006015	0.078947	0.005639
4	1	-1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	0.019002	0.002715	0.033254	0.002375
5	12	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	0.044872	0.006410	0.089744	0.00641
6	6	-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	0.042105	0.006015	0.078947	0.005639
7	14	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	0.050847	0.007264	0.088983	0.006356
8	9	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0.058252	0.008322	0.097087	0.006935

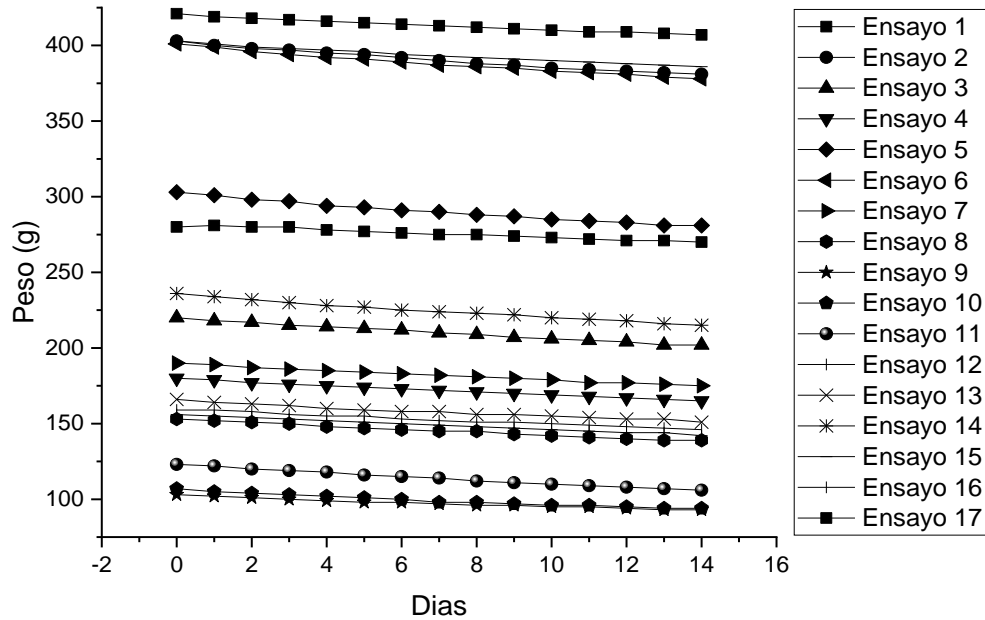
**Fuente:** Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la pérdida de peso se graficaron en la Figura 5 donde se puede observar una disminución de los pesos en todas las pitahayas debido al proceso de maduración y la actividad enzimática.

Durante el almacenamiento en refrigeración, que es un método utilizado para extender la vida útil de las frutas frescas, mediante el uso de temperaturas bajas ya que retarda los cambios poscosecha en la respiración y maduración, en el resultado experimental se evaluaron características físicas como pérdida de peso como se puede observar en la Figura 5, resaltando la pérdida de peso durante los días de control, esto se debe a la pérdida de agua que ha sufrido cada una de las frutas, la mayoría de los productos frescos presenta entre el 80 y 95% de agua por peso, y esta se pierde principalmente por evaporación, esta pérdida de agua de los tejidos vivos es conocida como transpiración. Además de la pérdida de agua, que trae como consecuencia disminución de peso, ocasionando una fruta poco atractiva, textura pobre y de inferior calidad, debido al encogimiento.

Las frutas sometidas a refrigeración presentaron una sensibilidad a bajas temperaturas, dando como resultado, la pérdida de peso diario obteniendo una media del peso total 16.05

tomando en cuenta el peso inicial, menos el peso final, para las 17 frutas que fueron sometidas a tratamiento.



**Figura 5.** Resultado de pérdida de peso

**Fuente:** Elaboración propia

De estos resultados experimentales se determinó el valor del efecto de los coeficientes de las variables y el Error Estándar de cada caso. Comparando los valores absolutos de los coeficientes se determina la significación o no de los coeficientes con la ayuda de la Prueba de *Student* como propuso (Isaacson, 1970). Los resultados se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Resultados de los coeficientes y los valores de Error Estándar (SE) del diseño de Plackett- Bürman

Coeficiente	Efecto en Y1	Efecto en Y2	Efecto en Y3	Efecto en Y4
Eo	0.079813	0.011402	0.079813	0.011402
EpH	-0.0033	0.000208	-0.0033	0.000208
Ef1	-0.00475	-0.00021	-0.00475	-0.00021
E Temperatura	-0.0095	0.000208	-0.0095	0.000208
E Tiempo	-0.02046	-0.00156	-0.02046	-0.00156
Ef2	-0.00036	-0.00021	-0.00036	-0.00021
Ef3	-0.01095	-0.00156	-0.01095	-0.00156
E daño	-0.00145	-0.00021	-0.00145	-0.00021

Error Estándar       $\pm$  0.0027428       $\pm$  0.000917       $\pm$  0.010969254       $\pm$  0.000977

---

**Fuente:** Elaboración propia

- Las variables cuyo efecto para una probabilidad de 95% no resulto significativa se presentan en color rojo.

El análisis de la significación de los coeficientes se hace mediante la expresión:

$\Delta_{bj}$ :  $\pm$   $t_p \cdot SE$  así tendremos que para  $p$ : 95% y tres grados de libertad (cantidad de falsas variable solo serán significativos los coeficientes de las variables que sean mayores que  $\Delta_{bj}$ : por lo que serán significativas la variables:

Siendo  $t_{95,3} = 2.353$ , entonces las  $\Delta_{bj}$ , serán:

Para Y1:  $\pm$  0.0064538

Para Y2:  $\pm$  0.021577

Para Y3:  $\pm$  0.0258105

Para Y4:  $\pm$  0.0022988

#### **4.1.1 Análisis con Box-Hunter**

Aunque en el rango estudiado el efecto del pH favorece la disminución de peso tanto a los 7 como a los 14 días, no lo hace con significación estadística, lo que puede deberse a la alta dispersión de los resultados, influido ello por la no repetición de los ensayos. Su efecto sobre la velocidad de pérdida de peso no es significativo en ningún caso, aunque tiende a aumentarla. Un comportamiento similar lo tiene la Temperatura.

Un comportamiento distinto lo tiene el tiempo de exposición al tratamiento que disminuye los % de pérdidas de peso tanto a los 7 como a los 14 días, y ejerce también un efecto de disminución de la velocidad de degradación del peso lo que indica que su efecto es muy beneficioso.

El efecto del daño sobre todos los parámetros de respuesta es significativamente bajo y aunque de signo negativo puede considerarse que no es influyente ni determinante para estos parámetros de respuesta.

La significación de la falsa variable  $f_3$  abre la posibilidad de considerar el efecto de las interacciones a través de un diseño de Box-Hunter para el caso de Y1, por ello se estudió el mezclado de los efectos de las variables como se puede observar en la Tabla 6. (Plackett & Burman, 1946).

**Tabla 6.** Diseño de Box- Hunter  $2^{4-1}$  derivado del diseño de Plackett-Bürman.

N	N	X1	X2	X3	X4	Y1 (7)	Y2 (7)	Y3(14)	Y4(14)
P-B	Real	pH	Tem	Tiem	Daño	Razón	Velocidad	Razón	Velocidad
1	15	+1	+1	-1	-1	0.024814	0.003545	0.042184	0.003013
2	4	+1	-1	+1	+1	0.044444	0.006349	0.083333	0.005952
3	7	+1	+1	-1	+1	0.042105	0.006015	0.078947	0.005639
4	1	-1	-1	-1	+1	0.019002	0.002715	0.033254	0.002375
5	12	+1	-1	+1	-1	0.044872	0.00641	0.089744	0.00641
6	6	-1	+1	+1	+1	0.042105	0.006015	0.078947	0.005639
7	14	-1	+1	+1	-1	0.050847	0.007264	0.088983	0.006356
8	9	-1	-1	-1	-1	0.058252	0.008322	0.097087	0.006935

**Fuente:** Elaboración propia

Siendo  $X3 = -X1X2$ , entonces el Patrón de Confusión de los efectos de las variables como sigue:

$$I = -X1X2X3$$

Y:

$$b_0 = B_0 - B_{123}$$

$$b_1 = B_1 - B_{23}$$

$$b_2 = B_2 - B_{13}$$

$$b_3 = B_3 - B_{12}$$

$$b_4 = B_4 - B_{1234}$$

$$b_{14} = B_{14} - B_{24}$$

$$b_{24} = B_{24} - B_{134}$$

$$b_{34} = B_{34} - B_{124}$$

Precisamente de acuerdo con el patrón de confusión el impacto de las interacciones entre el pH y la existencia o no de material dañado refleja una influencia significativa en la pérdida de pesos (-0.01095), lo que indica que para materia dañado es conveniente utilizar bajas temperaturas de tratamiento (Perry & Chilton, 1973).



## 4.2. Efecto del tratamiento en el área dañada

En el caso del área dañada los resultados del experimento 2<sup>4</sup> se presentan en la Tabla 7

**Tabla 7.** Análisis de áreas afectadas

Numero	Área		Día 7	Área total	%Crecimiento	Día14	Área total/ mm <sup>2</sup>	%Crecimiento
	Inicial / mm <sup>2</sup>	Día1 /mm <sup>2</sup>						
1	0.196	0.196	0.196	1.76	299.32	1.767	3.33	567.5
		0.196	0.785			0.785		
		0.196	0.785			0.785		
2	0.196	0.196	0.196	1.177	200.1	1.767	2.15	365.6
		0.196	0.196			0.196		
		0.196	0.785			0.196		
3	0.196	0.196	0.785	2.355	400.5	3.14	5.69	967.68
		0.196	0.785			1.767		
		0.196	0.785			0.785		
4	0.196	0.196	0.785	2.355	400.5	1.767	8.04	1367.3
		0.196	0.785			3.14		
		0.196	0.785			3.14		
5	0.196	0.196	0.785	1.76	299.32	1.767	3.73	634.35
		0.196	0.785			1.767		
		0.196	0.196			0.196		
6	0.196	0.196	0.196	1.177	200.1	0.196	1.17	200.1
		0.196	0.196			0.196		
		0.196	0.785			0.785		
7	0.196	0.196	0.785	3.337	567.5	3.14	8.04	1367.3
		0.196	0.785			3.14		
		0.196	1.767			1.767		
8	0.196	0.196	0.196	0.588	1.00	0.196	1.17	200.1
		0.196	0.196			0.196		
		0.196	0.785			0.785		

**Fuente:** Elaboración propia

Las posibilidades que brinda el diseño experimental en combinación de variables hace referencia a la alternativa del ensayo 4, el cual resulta conveniente para minimizar pérdidas de peso. Siendo la más recomendada el ensayo 8 minimizando el área dañada, que por otra parte favorece las pérdidas de peso.

Aquí un compromiso entre parámetros de respuesta debe pensarse, pero quizás deben potenciarse antes los efectos de las variables independientemente, por ello es adecuado el procesamiento de la matriz experimental de la Tabla 8.

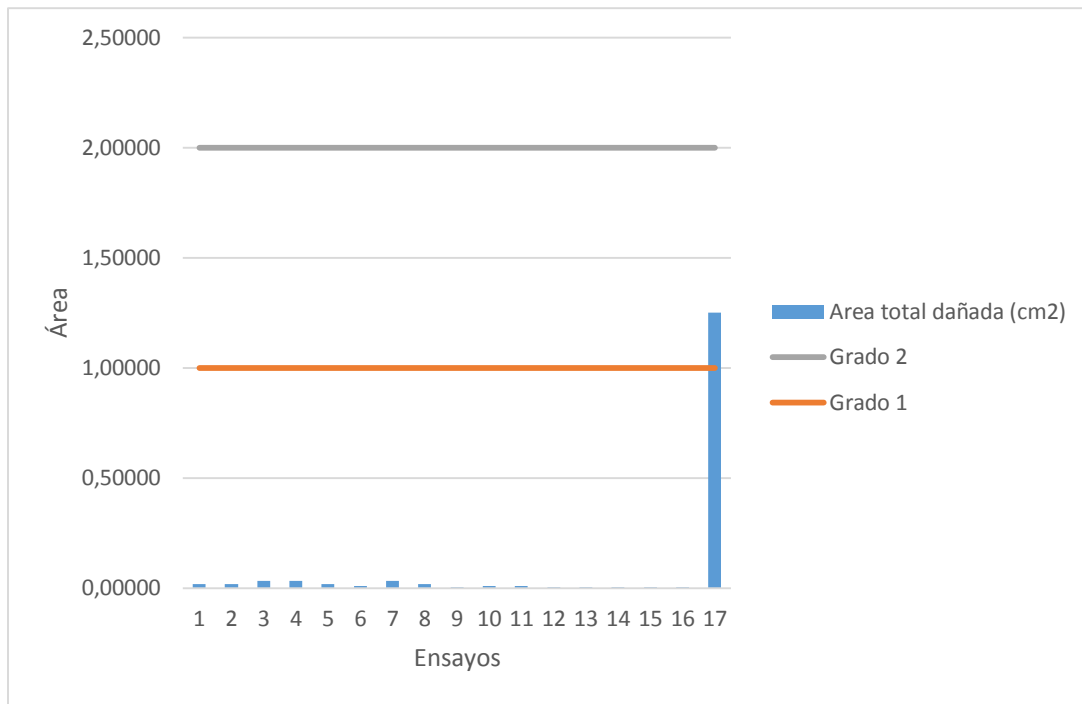
**Tabla 8.** Matriz experimental del efecto de las variables en el crecimiento del área dañada

N	X1	X2	X3	Por ciento de	Por ciento de
Real	pH	Tem	Tiem	Daño a 7 días	Daño a 14 días
1	-1	-1	-1	299.32	567.5
2	-1	-1	+1	200.1	365.6
3	+1	-1	-1	400.5	967.68 3
4	+1	-1	+1	400.5	1367.3 2
5	-1	+1	-1	299.32	634.35
6	-1	+1	+1	200.1	200.1
7	+1	+1	-1	567.5	1367.3 1
8	+1	+1	+1	1.00	200.1

**Fuente:** Elaboración propia

El ácido cítrico y ácido ascórbico actuaron como antioxidante en las frutas con tratamientos, los resultados que se observaron a los 14 días de control, permitieron presenciar que desde el día 7 en algunas frutas presentó un menor pardeamiento con un área  $0,196\text{mm}^2$  respecto al diámetro del pinchazo que se realizó en las frutas, esta reacción ocurrió lentamente en los siguientes días.

Como resultado final se observa en la tabla 8, el sumatorio total de las áreas dañadas de los 8 ensayos, los valores que representan mayor daño es el ensayo 7, siguiendo los datos en decreciente, llegando así al ensayo 8 quién represento el mejor tratamiento. Mientras que en la Figura 6 se puede apreciar el daño de mayor área afectada que tuvo cada ensayo, en comparación con la tabla 8 el ensayo con mayor afectación es el ensayo 7, quien tiene una semejanza respecto del área total con el área de mayor afectación.



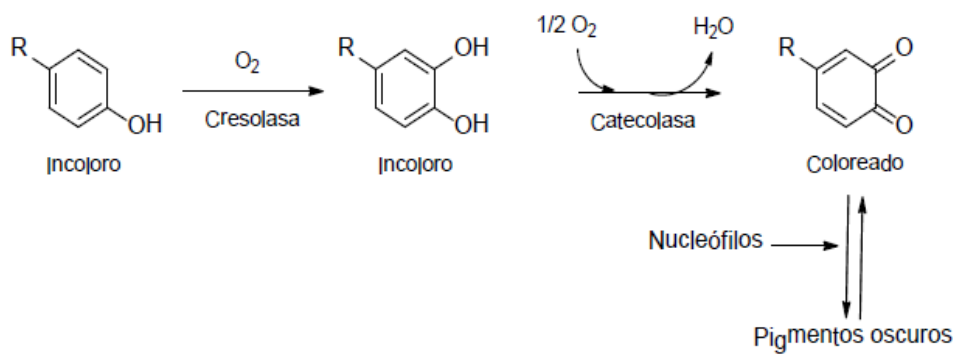
**Figura 6.** Área final de afectada en las pitahayas

**Fuente:** Elaboración propia

### 4.3 Método de inhibición

La utilización de acidulantes, es muy utilizada hoy en día debido al comportamiento de reacción que se genera, previene el pardeamiento y otras reacciones oxidativas, es considerado como un buen secuestrante de oxígeno que permite la remoción del oxígeno molecular en reacciones de enzimas oxidativas, la combinación de estos dos ácidos tiene como propósito inhibir el pardeamiento enzimático eliminando los sustratos, reduciendo las quinonas producidas por enzimas oxidativas (polifenoloxidasas, peroxidasa), a fenoles antes que la reacción tenga lugar a la formación de una coloración propia del pardeamiento como se muestra en la Figura 7.

## PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO



**Figura 7.** Pardeamiento enzimático

**Fuente:** Carriel et al., (2014)

# CAPITULO V

## 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

1. El tratamiento con acidulantes, tuvo un efecto positivo en las frutas el cual redujo las quinonas propias del pardeamiento enzimático formadas producto de la reacción de la polifenoloxidasas con los sustratos, reestableciendo las quinonas a los difenoles originales.
2. La determinación del método de inhibición de las enzimas causantes del pardeamiento enzimático fue por inmersión el cual las pitahayas se sumergieron en una solución de ácido ascórbico y cítrico en diferentes concentraciones, llegando así al tratamiento óptimo con pH 2,5 por 6 minutos a 28 °C y sometido a una temperatura de refrigeración de 4 °C.
3. La actividad del ácido cítrico y ácido ascórbico como tratamientos de acidulantes que se aplicaron en frutas frescas de pitahaya, tuvo una amplia variación respecto al área afectada, de la fruta donde se realizó el daño físico mediante un pinchazo con el mismo espino de la fruta, el cuál reacciono al tratamiento, dando como resultado que la fruta con menor oxidación y conservación fue el ensayo 8 con un crecimiento total del área afectada 1,77 mm<sup>2</sup>, el cual se encuentra dentro del rango de la INEN 2003, el cual se clasifica como fruta de exportación.

### 5.2. Recomendaciones

1. Que se elaboren procedimientos del manejo de cosecha y poscosecha para evitar lesiones en las frutas, el cual sufre de golpes, pinchazos y magulladuras, ya que estos daños causan pérdidas económicas disminuyendo así la vida útil por ende también su calidad.
2. Que se realicen investigaciones a diferentes temperaturas de almacenamiento con el mismo tratamiento para poder reducir la pérdida de peso y alargar el tiempo de vida poscosecha.
3. Que se estudie las causas de que ciertas frutas presentaron encogimiento, producto de la transpiración, por ello se plantea controlar a la temperatura óptima.

4. Que se aplique la propuesta de tratamiento inmersión de la pitahaya en una solución de ácido ascórbico y cítrico con pH 2.5 por 6 minutos a 28 °C y sometido a una temperatura de refrigeración de 4 °C en el centro de acopio del Cantón Palora.

## CAPÍTULO VI

### 6. Bibliografía

- Aguilar, K. (2016). Caracterización del manejo poscosecha y cuantificación de las pérdidas en pitahaya (*Selenicereus megalanthus* haw) en el noroccidente de pichincha. Pichincha.
- Andrade-Cuvi, M. J., Moreno-Guerrero, C., Henríquez-Bucheli, A., Gómez-Gordillo, A., & Concellón, A. (2010). Influencia de la radiación UV-C como tratamiento postcosecha sobre carambola (*Averrhoa carambola* L.) mínimamente procesada almacenada en refrigeración. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 11(1).
- Arias, L. (2016). Efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las verduras. Corporación Universitaria Lasallista.
- Baquero, L., Castro, J., & Narvaez, C. (2005). Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas en pitaya amarilla (*acanthocereus pitajaya*): Maduración y senescencia. *Acta Biológica Colombiana*, 10(2), 49.
- Barreiro, M., & Vera, L. (2017). Efecto del ácido ascórbico en el pardeamiento enzimático de la pulpa de pitahaya (*hylocereus undatus*) almacenada a diferentes temperaturas de congelación., Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta.
- BCE. (2015). Exportaciones ecuatorianas de pitahaya. El Productor.
- Blach, D., Donado, J., & Pinzón, M. (2011). Actividad de la peroxidasa y polifenoloxidasas en Rodajas de carambolo (*averrhoa carambola* l.) Fresco Cortado durante su almacenamiento en Atmosfera modificada. *Alimentos Hoy*, 19(20), 34-42.
- Bravo, E., & Velez, E. (2016). Efecto de la temperatura y adición de ácido ascórbico en el pardeamiento enzimático de la pulpa de mate (*crescentia cujete*). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta.
- Cabezas, A. (2013). Estrategias dirigidas a retrasar el pardeamiento enzimático en productos destinados a la IV Gama: alcachofas y patatas. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Carrera, A., & Caicedo, E. (2011). El desarrollo de la tecnología para la industrialización de la pitahaya (*cereus triangularis* haw) y su incidencia en la baja oferta de productos en el mercado local.

- Carriel, J., Obrebska, A., Bru-Martínez, R., Patiño, M., Pico-Saltos, R., & Rodríguez, E. (2014). Distribución, localización e inhibidores de las polifenol oxidasas en frutos y vegetales usados como alimento/distribution, location and inhibitors of polyphenol oxidases in fruits and vegetables used as food. *Ciencia y Tecnología*, 7(1), 23.
- Castro, J., Baquero, L., & Narvaes, C. (2006). Catalasa, peroxidasa y polifenoloxidasas de pitaha amarilla (*Acanthocereus pitahaya*). *Revista Colombiana de Química*, 35(1), 91-101.
- Deyona, G., Ardanaz, M., Sancho, A., Benitez, C., González, C., & Guidi, S. (2012). Efecto de la aplicación de tratamientos combinados de aditivos sobre la inhibición del pardeamiento enzimático en manzanas cv. Granny Smith mínimamente procesadas. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 38(3), 263-267.
- Difilo, I. (2017). Fortalecimiento asociativo de los actores de la economía popular y solidaria para el aprovechamiento de oportunidades de negocios en mercados internacionales. caso: asociación de productores y comercializadores de pitahaya y otros productos Palora, provincia de Morona Santiago–Ecuador, 2015–2016. PUCE.
- Gil, M., Rojano, B., & Guerrero, C. (2012). Inhibición de la polifenoloxidasas extraída del banano(cavendish) por medio de algunos derivados del isoespintanol. . In *Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista Investigación y Ciencia*. Corporación Universitaria Lasallista.
- González, E., Ramos, F., Ribot, A., & Peralta, L. M. (1986). Combinación de los métodos de diseño experimental en la minimización de los ensayos de una investigación. *Rev. Tecnología Química*, 7 (1), 11-18.
- Guerrero, M. (2014). Estudio del manejo poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) procedente del cantón Pedro Vicente Maldonado de la provincia de Pichincha. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Hernández, A. E., Cardozo, C. J. M., Flores, C. E. R., Salazar, J. A. C., & Gómez, J. H. P. (2014). Aplicación de tratamiento térmico, recubrimiento comestible y baño químico como tratamientos poscosecha para la conservación de hortalizas mínimamente procesadas. *Acta Agronómica*, 63(1), 1-10.
- INEN, N. (2003). *Frutas frescas. Pitahaya. Requisitos*. Quito.
- Isaacson, W. B. (1970). Statistical analyses for multivariable systems. *Chemical engineering*, 77(14), 69-&.



- Jaramillo, G. (2014). Preservación de jugo de durazno mediante la aplicación de ozono. Efecto sobre la calidad y la actividad enzimática. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Jordan, D., Vasconez, J., & Veliz, C. (2009). Produccion y exportacion de la pitahaya hacia el mercado Europeo. Escuela Superior Politecnica del Litoral, Guayaquil.
- MAGAP. (2016). Pitahaya analisis de la cadena de valor.
- Molina, D., Vásconez, J., & Veliz, C. (2009). Producción y exportación de la pitahaya hacia el mercado europeo. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador.
- Montenegro, L. (2015). Estudio de la inhibición del pardeamiento enzimático por irradiación y de la calidad poscosecha durante el almacenamiento refrigerado de la naranjilla (*Solanum quitoense* lam.) irradiada. Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- Pacheco, M., & Wilson, C. (2013). Proyecto viable para la exportación de pitahaya amarilla con destino a Alemania. Quito: Universidad de las Américas, 2013.
- Pardo, G., & Mendez, S. (2017). Evaluación del efecto del ácido ascórbico como inhibidor de pardeamiento enzimático en el fruto de anona pulpa rosada (*annona diversifolia*) y en la cinética de la polifenoloxidasas., Universidad el Salvador.
- Paredes, K. (2014). Estudio del efecto del hidrogenofriamiento y la utilización de dos tipos de empaque en la calidad poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- Parojnia, E. (2016). Proyecto de factibilidad comercial, financiera y de producción para exportación de pitahaya a francia. Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Matriz, Quito.
- Pasquel, E. (2016). Evaluación de métodos de deshidratación en pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), para el aprovechamiento de fruta que no reúne estándares de exportación en fresca. Quito: Universidad de las Américas, 2016.
- Perry, P. H., & Chilton, C. H. (1973). Chemical engineers' handbook. McGraw Hill. .
- Piedra, F. (2017). Control del pardeamiento enzimático en manzanas cortadas (Red delicious) mediante un sistema de envasado activo. Universidad Técnica de Manabí, 66-77.
- Plackett, R., & Burman, J. (1946). The design of optimum multifactorial experiments. *Biometrika*, 33(4), 305-325.
- Proaño, S. (2013). Estudio de exportación de la pitahaya ecuatoriana hacia el mercado europeo. PUCE.

- Rodríguez, D., Patiño, M., Miranda, D., Fischer, G., & Galvis, A. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 58(2), 2827-2857.
- Tesén, M., & Valdez, J.(2014). Optimización de la concentración de ácido ascórbico, tiempo y temperatura para inactivar polifenoloxidasas en jugo de caña mediante metodología de superficie respuesta.
- Tinitana, R. (2014). Estudio de la calidad poscosecha de pitahaya amarilla (*selenicereus megalanthus*) mínimamente procesada (fresh-cut). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Trujillo, D. (2014). Microorganismos asociados a la pudrición blanda del tallo y manchado del fruto en el cultivo de pitahaya amarilla en Ecuador. Tumbaco - Pichincha. Universidad Central del Ecuador, Quito-Ecuador.
- Ulloa, J. A., Aguilar-Pusian, J. R., Rosas-Ulloa, P., del C. Galaviz-Ortiz, K. M., & Ulloa-Rangel, B. E. (2010). Efecto del remojo con ácido cítrico, ácido ascórbico y sorbato de potasio en la calidad fisicoquímica y microbiológica de jaca mínimamente procesada Effect of soaking conditions with citric acid, ascorbic acid and potassium sorbate on the physicochemical and microbiological quality of minimally processed jackfruit. *CyTA-Journal of Food*, 8(3), 193-199.
- Yupanguí, M. (2016). Métodos utilizados para evitar el pardeamiento enzimático y no enzimático en el puré de banano en la industria alimenticia., Universidad Técnica de Machala, Machala.