



**Evaluación del 1-MCP (Ethyl fresh) en el proceso de maduración comercial de Uvilla  
(*Physalis peruviana*) a diferentes tiempos de exposición**

Juiña Sarango, José Salomón

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro Mgtr.

30 de agosto del 2023



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**  
**Carrera Agropecuaria**

**Certificación:**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación del 1-MCP (Ethyl fresh) en el proceso de maduración comercial de Uvilla (*Physalis peruviana*) a diferentes tiempos de exposición**, fue realizado por el señor: **Juiña Sarango, José Salomón**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecido por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de agosto del 2023

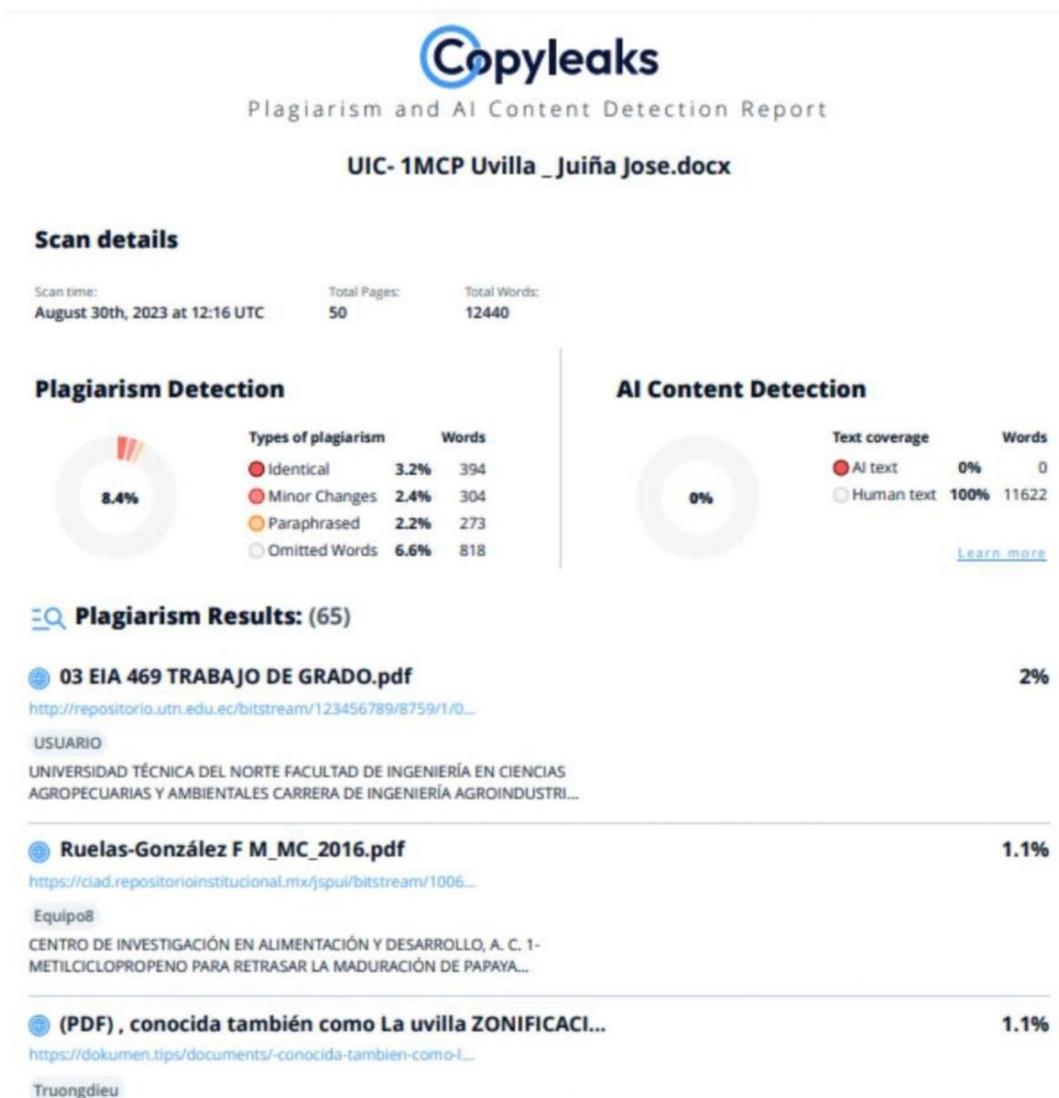


firmado electrónicamente por:  
GABRIEL ALEJANDRO  
LARREA CEDENO

**Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgtr**

C.C.: 1709635039

# Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos



Firmado electrónicamente por:  
**GABRIEL ALEJANDRO LARREA CEDENO**

**Ing. Larrea Cedeño, Gabriel Alejandro, Mgtr**

C.C.: 1709635039



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera Agropecuaria**

**Responsabilidad de Autoría:**

Yo, **Juiña Sarango, José Salomón**, con cédula de ciudadanía No.1725548828, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación del 1-MCP (Ethyl fresh) en el proceso de maduración comercial de Uvilla (*Physalis peruviana*) a diferentes tiempos de exposición**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando a las citas bibliográficas.

Sangolquí, 30 de agosto del 2023

**Juiña Sarango, José Salomón**

**CC:1725548828**



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera Agropecuaria**

**Autorización de Publicación:**

Yo **Juiña Sarango, José Salomón**, con cédula de ciudadanía No.1725548828, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Evaluación del 1-MCP (Ethyl fresh) en el proceso de maduración comercial de Uvilla (*Physalis peruviana*) a diferentes tiempos de exposición** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 30 de agosto del 2023

**Juiña Sarango, José Salomón**

**CC:1725548828**

## **Dedicatoria**

Dedico la culminación de mi proyecto de titulación y formación académica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria a:

A Dios quien ha sido mi fortaleza y de su lado he podido salir en todas las metas planteadas en el transcurso de mi vida, donde he logrado salir triunfante.

A mis padres Antonio Juiña y Mercedes Sarango, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han inculcado los valores de responsabilidad, honestidad y dedicación; lo cual ha sido un factor clave para llegar a cumplir esta meta tan importante en mi vida. Les demuestro mi amor, respeto y gratitud, por haberme apoyado toda la vida, dándome ánimos para salir adelante sin darme por vencido jamás.

A mis Hermanos, quienes me brindaron su apoyo en cada paso de mis estudios haciendo posible que haya cumplido con este propósito. Con mucha paciencia han sabido aconsejarme para no rendirme ni desvanecer en la vida.

***Juiña Sarango José Salomón***

## **Agradecimiento**

El agradecimiento por la culminación de mi proyecto de titulación y formación académica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria a:

Mis padres quienes han sido mi sustento y me han dado todo lo que ha estado a su alcance para brindarme estabilidad en el ajetreo de mi vida estudiantil.

Mis compañeros y amigos durante la carrera universitaria quienes fueron mi apoyo en muchos momentos difíciles y me supieron dar una mano en las situaciones difíciles, gracias por haber formado una parte importante de mi vida. Les deseo muchos éxitos en su vida, su realización personal, laboral y profesional.

Mis profesores, mi tutor de tesis Ing. Gabriel Larrea quien estuvo pendiente todo el tiempo para guiarme con su conocimiento en el proceso de la tesis en la fase experimental y escrita, y por estar siempre preocupado de mis tareas y avances.

***Juiña Sarango José Salomón***

## Índice de contenidos

Carátula .....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenidos .....	8
Índice de tablas.....	12
Índice de figuras.....	13
Resumen .....	14
Abstract.....	15
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
Antecedentes .....	16
Justificación.....	18
Objetivos .....	18
<i>Objetivo general.....</i>	<i>18</i>
<i>Objetivos específicos .....</i>	<i>18</i>
Hipótesis .....	19
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>20</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
Uvilla ( <i>Physalis peruviana</i> ) .....	20
<i>Respiración.....</i>	<i>21</i>

Taxonomía .....	21
<i>Clasificación científica</i> .....	21
Caracterización bromatológica de la uvilla.....	22
<i>Morfología</i> .....	22
<i>Etapas fenológicas</i> .....	23
<i>Fruto climatérico</i> .....	23
Eco tipos .....	23
<i>Colombiano o Kenyano:</i> .....	23
<i>Ambateño</i> .....	24
<i>Ecuatoriana</i> .....	24
Cosecha de la uvilla .....	24
Biosíntesis de etileno .....	24
<i>Tasa de Respiración (TR) y producción de etileno</i> .....	25
El 1-Metilciclopropeno (1-MCp) .....	25
<i>Concentración de 1-MCP y tiempos de exposición</i> .....	25
<i>Efecto de la aplicación de 1-MCp</i> .....	26
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>27</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
Ubicación del lugar de investigación.....	27
Ubicación geográfica.....	27
Condiciones del laboratorio .....	27
Fase de campo:.....	27
<i>Obtención de la materia prima</i> .....	27
Materiales.....	28
<i>Equipos</i> .....	28
<i>Insumos</i> .....	28

Métodos .....	29
<i>Selección de la dosis efectiva de 1-Metilciclopropeno (1-MCP)</i> .....	29
<i>Condiciones de laboratorio</i> .....	29
<i>Desinfección de la fruta:</i> .....	29
<i>Pesaje de la fruta:</i> .....	29
<i>Preparación de las dosis de 1-MCP</i> .....	29
<i>Aplicación de las dosis de 1-MCP</i> .....	30
<i>Almacenamiento</i> .....	30
Metodología utilizada para cada variable de respuesta .....	30
<i>Variable pérdida de peso (%)</i> .....	30
<i>Variable firmeza (KgF)</i> .....	30
<i>Variable pH</i> .....	30
<i>Variable sólidos solubles (°Brix)</i> .....	31
<i>Variable acidez (% de ácido cítrico)</i> .....	31
<i>Variable color (<math>\Delta E</math>)</i> .....	31
<i>Tiempo de vida útil</i> .....	32
Diseño experimental.....	32
<i>Modelo matemático</i> .....	32
Tratamientos .....	33
Croquis experimental .....	33
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>35</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>35</b>
Dureza de la uvilla (Kg/F) .....	35
Acidez de la uvilla.....	39
Sólidos solubles (Grados Brix) de la uvilla.....	44
<i>Tiempo de vida útil</i> .....	49

Variable (pH) .....	51
<i>Pruebas de hipótesis</i> .....	53
Pérdida de peso .....	55
Color .....	59
Índice de madurez .....	61
Evaluación sensorial .....	63
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>64</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
Conclusiones .....	64
Recomendaciones .....	65
<b>Bibliografía .....</b>	<b>66</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Promedio de la dureza medida en kgf.....	35
<b>Tabla 2</b> Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).....	37
<b>Tabla 3</b> Tabla de comparación de medias .....	38
<b>Tabla 4</b> Datos promedio de la acidez de las 3 repeticiones por tratamiento .....	39
<b>Tabla 5</b> Ecuación lineal de los datos promedio de las 3 repeticiones.....	41
<b>Tabla 6</b> ANAVA del % de acidez.....	42
<b>Tabla 7</b> Comparación de medias de Fisher.....	43
<b>Tabla 8</b> Datos promedio de la acidez de las 3 repeticiones por tratamiento .....	44
<b>Tabla 9</b> Regresión lineal de los datos promedio de las 3 repeticiones .....	45
<b>Tabla 10</b> Índice de las características fisicoquímicas de la uvilla .....	46
<b>Tabla 11</b> Cuadro de Análisis de la Varianza .....	48
<b>Tabla 12</b> Comparación de medias de los sólidos solubles .....	48
<b>Tabla 13</b> Tabla del cálculo de vida útil en base a los grados Brix.....	50
<b>Tabla 14</b> Datos promedio del pH de las 3 repeticiones por tratamiento .....	51
<b>Tabla 15</b> Regresión lineal de los datos promedio de las 3 repeticiones .....	52
<b>Tabla 16</b> Cuadro de Análisis de la Varianza .....	53
<b>Tabla 17</b> Cuadro de comparación de medias del pH.....	53
<b>Tabla 18</b> Datos promedio de la pérdida de peso en porcentaje.....	55
<b>Tabla 19</b> Datos promedio, ecuación lineal y ajuste de los datos .....	56
<b>Tabla 20</b> Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).....	57
<b>Tabla 21</b> Cuadro de comparación de medias de Fisher .....	57
<b>Tabla 22</b> Medias de la Luminosidad.....	59
<b>Tabla 23</b> Medias de la Tonalidad .....	59
<b>Tabla 24</b> Tabla de datos de la Pureza.....	60
<b>Tabla 25</b> Desplazamiento de color (Delta E).....	61
<b>Tabla 26</b> Índice de madurez.....	62
<b>Tabla 27</b> Promedios del análisis sensorial .....	63

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Vista aérea del lugar de la investigación .....	27
<b>Figura 2</b> Croquis experimental .....	33
<b>Figura 3</b> Modelo de encuesta para el análisis sensorial .....	34
<b>Figura 4</b> Gráfica de la dureza.....	35
<b>Figura 5</b> Ecuaciones de regresión lineal de los datos promedio de la dureza .....	36
<b>Figura 6</b> Normalidad y homocedasticidad de la Dureza .....	36
<b>Figura 7</b> Gráfica de barras del promedio y EE.....	38
<b>Figura 8</b> Gráfica del promedio de la acidez (%) vs tiempo (días) .....	40
<b>Figura 9</b> Representación gráfica de la regresión lineal de los tratamientos .....	41
<b>Figura 10</b> Gráficas de la verificación de supuestos de la acidez .....	42
<b>Figura 11</b> Medias y desviación estándar.....	43
<b>Figura 12</b> Representación gráfica del promedio de la acidez (%) vs tiempo (días) .....	44
<b>Figura 13</b> Representación gráfica de la verificación de los Supuestos .....	47
<b>Figura 14</b> Gráfica de los datos promedio y EE de los grados Brix .....	48
<b>Figura 15</b> Representación gráfica del promedio del cambio de pH vs tiempo (días) .....	51
<b>Figura 16</b> Gráfica de los supuestos de la normalidad y homocedasticidad del pH .....	52
<b>Figura 17</b> Gráfica de los datos promedio y EE del pH.....	54
<b>Figura 18</b> Gráfica de la pérdida de peso.....	55
<b>Figura 19</b> Normalidad y homocedasticidad del peso perdido .....	56
<b>Figura 20</b> Gráfica de los datos promedio y EE del peso perdido.....	58
<b>Figura 21</b> Gráfica de la luminosidad .....	59
<b>Figura 22</b> Gráfica de la tonalidad .....	60
<b>Figura 23</b> Gráfica de la pureza.....	60
<b>Figura 24</b> Gráfica de la pureza.....	61
<b>Figura 25</b> Gráfica de la madurez día 0 y día 21.....	62
<b>Figura 26</b> Gráfica de los promedios del análisis sensorial.....	63

## Resumen

El Ecuador es un país productor de uvilla para el mercado nacional e internacional, sin embargo, el principal problema que enfrentan los productores de uvilla en el proceso de postcosecha en el país está marcado por el ataque de hongos y producción de etileno al ser una fruta climatérica. En el presente trabajo de investigación evaluó el efecto de la aplicación de 1-MCP (Ethyl fresh), una molécula sintética en estado sólido que bloquea la síntesis de etileno y es muy utilizada en los procesos de conservación de frutas y rosas en los procesos de postcosecha con el objetivo de extender el tiempo de vida útil. El trabajo se desarrolló a una temperatura ambiente de 16° C y se trabajó con unidades experimentales de 0,25 kg de fruta desinfectada con una solución 50 ppm de hipoclorito de sodio en tarrinas de PET (polietileno tereftalato). En el diseño experimental se aplicó un DCA. Se aplicó un ANOVA la prueba de comparación de medias de Fisher con un nivel de significancia de 0.05, teniendo así resultados favorables de los tratamientos con respecto al control, específicamente el tiempo de 7 días de exposición y una dosis de 100 ppm presento el mejor aumentando la vida útil a 23 días. En todas las variables se observó el retraso de la madurez por la aplicación de 1-MCP, existiendo diferencias significativas en la pérdida de peso, firmeza, pH y color.

**Palabras clave:** 1 METIL CICLOPROPENO, UVILLA, MADUREZ, ETILENO

## **Abstract**

Ecuador is a country producing grapefruit for the national and international market, however, the main problem faced by grapefruit producers in the post-harvest process in the country is marked by fungal attack and ethylene production as it is a fruit. climacteric. In the present research work, the effect of the application of 1-MCP (Ethyl fresh) was evaluated, a synthetic molecule in solid state that blocks the synthesis of ethylene and is widely used in the preservation processes of fruits and roses in the processes of postharvest to extend the shelf life. The work was carried out at an ambient temperature of 16° C and worked with experimental units of 0.25 kg of fruit disinfected with a 50-ppm solution of sodium hypochlorite in PET (polyethylene terephthalate) tubs. In the experimental design, a DCA was applied. An ANOVA, Fisher's mean comparison test, was applied with a significance level of 0.05, thus having favorable results of the treatments concerning the control, specifically the time of 7 days of exposure and a dose of 100 ppm presented the best increase. shelf life to 23 days. In all variables, the delay in maturity was observed due to the application of 1-MCP, with significant differences in weight loss, firmness, pH, and color.

**Keywords:** 1-METHYL CYCLOPROPENE, GRAPEFRUIT, MATURITY, ETHYLENE

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

La uvilla (*Physalis peruviana L.*) también conocida como uchuva, es una fruta nativa de la región, que no siempre fue considerada como para ser producida a gran escala, pero desde hace aproximadamente una década comenzó a tomar fuerza debido a sus características nutricionales y lo económico de su producción. Sin embargo, el rendimiento de esta fruta puede depender de muchos aspectos, entre estos, el tratamiento post cosecha presenta gran relevancia pues cuando no se realiza de forma adecuada conlleva a problemas como el rápido deterioro. La uvilla es cultivada en gran parte de la región interandina con métodos tradicionales de cultivo y post cosecha.

El Ecuador es un país inmensamente rico, en recursos naturales, especialmente en especies vegetales, como las frutas; sin embargo, la pérdida postcosecha por deterioro de las mismas, no implican solamente pérdida de la calidad del producto, sino que implica un mal aprovechamiento de los recursos, insumos y esfuerzos durante la producción, generando pérdidas económicas cercanas al 45% en los países en vías de desarrollo. De ahí la necesidad de buscar alternativas de procesamiento que, a más de aumentar el tiempo de vida útil del producto, le dé un valor agregado, pero manteniendo la calidad inherente de la fruta, valor nutricional y características organolépticas (Bojacá *et al.*,2006)

La uvilla (*Physalis peruviana L.*), es una fruta no tradicional de importancia económica y alimenticia. Esta especie es originaria de los Andes sudamericanos (Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia) donde también se encuentran ejemplares silvestres. En el Ecuador las zonas de cultivo están localizadas en la región interandina, en las provincias de: Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Azuay (Vinuesa, 2015). En el Ecuador existen aproximadamente 200 hectáreas sembradas de uvilla, el rendimiento varía entre 5 y 7 toneladas métricas por hectáreas, cabe recalcar que no se dispone de estadísticas actualizadas sobre superficie de

producción y rendimiento de este cultivo. Según el Banco Central del Ecuador, a noviembre del 2013 se han exportado 70.2 toneladas métricas por un valor FOB de USD 302,640 (Rosas, 2011).

La uvilla, al ser una fruta perecedera climatérica y de vida útil corta, se producen cuantiosas pérdidas postcosecha. Estudios sitúan las pérdidas de productos frescos que oscilan entre 25 a 50%, debido a factores como una inadecuada logística comercial, cosecha, transporte y almacenamiento. La aplicación de 1MCP, es una alternativa técnica para disminuir los problemas indicados, retrasar el envejecimiento y prolongar la vida de útil de la uvilla bloqueando la síntesis de Etileno.

Hace más de dos décadas se realizaron los primeros estudios sobre la fisiología y mecanismos bioquímicos involucrados en la maduración de la uvilla como una base para su manejo postcosecha con el fin de mantener niveles óptimos de calidad. Se demostró que la uvilla es un fruto altamente perecible debido a un impresionante incremento en la síntesis de etileno y su alta tasa de respiración producidos durante la maduración (Trincherro *et al.*, 1999). Por lo que es necesario evaluar el uso de tecnologías que reduzcan la tasa de respiración y la producción de etileno, mantener la firmeza y retrasar el decaimiento producido por microorganismos.

Numerosos estudios demuestran la efectividad de 1-MCP para mantener la firmeza, retrasar la maduración y pérdida de color, producir disminución en la astringencia, disminuir los niveles de abscisión de hojas y frutos cítricos, reducir el decaimiento, disminuir la producción de etileno, retrasar la aparición de síntomas de daño por frío, en frutos como manzanas, mango, pera, caqui, higos, mangos y naranjas. Asimismo, se han observado efectos adversos como pérdidas de compuestos volátiles, pardeamiento interno, decaimiento y alteraciones en la textura de la pulpa (Blankenship y Dole, 2003). Los efectos beneficiosos como resultado de tratamientos con 1-MCP se han encontrado con diferentes dosis (entre 0,001 - 100  $\mu\text{L/L}$ ) y tiempos de duración de exposición (entre 1 hasta 48 horas). Estas condiciones deben ser

determinadas para cada producto tomando en cuenta factores como grado de madurez, variedad, época de cosecha, entre otros.

## **Justificación**

El fruto de la uvilla es capaz de acumular grandes cantidades de agua y azúcares hasta el estado de madurez de consumo, esta fruta tiene una cierta predisposición al corte por ser una baya jugosa con una epidermis muy delgada, generando una disminución del tiempo de vida útil, aceleración en su proceso de maduración, producción de etileno y pérdida de peso (Ponce,2020). También la falta de cuidado en el momento de la postcosecha causa daños significativos como el almacenamiento inadecuado del fruto, daños físicos y el desarrollo fúngico que reducen su vida útil (Endara,2020). La información disponible sobre la fisiología de la uvilla y su comportamiento en poscosecha es deficiente. Con el presente trabajo se busca determinar las diferencias en el comportamiento fisiológico en postcosecha cuando el fruto se somete a la exposición de la molécula 1-MCP bajo diferentes tiempos de exposición (1, 3 y 7 días) y dosis, (1, 0,5 y 0,25 % de una card), durante 3 semanas y cuando su cosecha se hace en un grado de madurez, GM 4 y 5. Para ello, se analizaron los cambios físicos, químicos, bioquímicos y fisiológicos que presentó el fruto durante el desarrollo de este estudio.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

- Evaluar el 1-MCP (Ethyl fresh) en el proceso de maduración comercial de Uvilla (*Physalis peruviana*) a diferentes tiempos de exposición.

### ***Objetivos específicos***

- Evaluar tres cantidades de Ethyl fresh 0,1% 1-MCP con 21, 10, 5 cm<sup>2</sup> en Uvilla, con grado de madurez 4 de color, expuestas por 1, 3 y 7 días, sobre su vida útil a temperatura ambiente.
- Calcular el tiempo de vida útil de los diferentes tratamientos, más un testigo, con base a los

cambios de color de la piel (Cie-Lab), % pérdida de peso, °Brix, Acidez Total y Textura durante 21 días.

- Establecer las cinéticas de cambio de las variables físicas y químicas de los diferentes tratamientos almacenados.
- Evaluar el perfil sensorial y aceptabilidad de los diferentes tratamientos a los 9 días de almacenamiento.

### **Hipótesis**

- Ho: Ninguno de los tratamientos de exposición del 1-MCP (Ethyl fresh) influye en el proceso de maduración comercial de Uvilla (*Physalis peruviana*).
- Hi: Al menos uno de los tratamientos de exposición del 1-MCP (Ethyl fresh) influye en el proceso de maduración comercial de Uvilla (*Physalis peruviana*).

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### **Uvilla (*Physalis peruviana*)**

La uvilla (*Physalis peruviana* L.), crece como planta silvestre en las zonas tropicales y templadas de América del Sur, su centro de origen y diversificación se ubica en los Andes de América del Sur, principalmente entre Perú, Colombia y Ecuador, aunque también se tiene indicios que proviene de Brasil con su posterior domesticación y aclimatación en los altiplanos de Perú y Chile (Iñiguez, 2015).

El 2019 se realizó la primera exportación ecuatoriana de uvilla fresca hacia los Estados Unidos desde Shungourko, centro de producción y procesamiento de frutas Andinas y Tropicales, ubicado en Machachi. La respuesta positiva por parte del Gobierno Norteamericano para abrir el mercado de la uvilla fue posible después de 14 años de negociación gracias al resultado del trabajo coordinado entre el sector público y privado del País según la información proporcionada por la empresa responsable del proceso GOLDEN SWEET SPIRIT (Vinueza, 2015).

La planta de uvilla es perenne, herbácea, arbustiva y muy ramificada con raíces fibrosas. El crecimiento aproximado de sus raicillas absorbentes es 15 cm y hasta 80 cm de sus raíces principales. El crecimiento depende de las características físico químicas de suelo, siendo las raíces más vigorosas las formadas a partir de semilla. Se puede propagar las plantas a partir de estacas o esquejes sin embargo sus raíces resultan muy superficiales, débiles y con una mayor rapidez en la producción, pero el ciclo de vida de la planta es mucho más corto (Cuaspud, 2017)

Generalmente el desarrollo de la planta empieza por las semillas cultivadas en camas, una vez que han brotado plantas de 15 centímetros de altura son trasplantadas al terreno definitivo. Alrededor de seis meses, las plantas llegan a alcanzar hasta 2,50 metros de altura. Se las debe sembrar a 3 bolillo con 2,50 a 3 metros de distancia una de otra para evitar que las

ramas se enreden entre ellas y formen matorrales que pueden hacer que la producción se pierda porque se dificulta la cosecha, además de evitar la competencia por nutrientes entre las plantas del cultivo (Carrera y Puruncajas, 2015)

### **Respiración**

La respiración es un proceso metabólico en el cual se realiza un intercambio gaseoso entre la fruta y la atmósfera, donde se consume el oxígeno y se elimina el dióxido de Carbono. La respiración en postcosecha es de gran utilidad, debido a que es un determinante en la vida útil del producto, o también conocido como tiempo de vida útil en postcosecha. En este proceso las reservas de azúcares y almidones son convertidos en energía, desencadenando el deterioro y senescencia de la fruta, razón por la cual es de gran necesidad mantener las tasas de respiración lo más bajo posible al tratarse de una fruta de comportamiento climatérico (Balaguera, 2015) .

### **Taxonomía**

La uvilla (*Physalis peruviana* L.) pertenece a la familia de las Solanáceas y al género *Physalis*, cuenta con más de ochenta variedades en su mayoría silvestres y que se caracterizan por tener sus frutos encerrados dentro de un cáliz o cápsula (Iñiguez, 2015).

La uvilla (*Physalis peruviana*) es una de las especies comestibles también llamada con éxito Guchuba, Uguva, Uvilla, Uchuva o cereza andina.

### **Clasificación científica**

- Nombre científico: *Physalis peruviana* L.
- Nombre vulgar: Uvilla, uchuva
- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliophyta
- Orden: Tubiflorae

- Familia: Solanaceae

### **Caracterización bromatológica de la uvilla.**

En el ámbito nutricional la uvilla (*Physalis peruviana*), es considerada como una fruta altamente nutritiva con propiedades antiabortivas, anticancerígenas y diurética que contribuye a eliminar toxinas acumuladas en el organismo previniendo además problemas de retención de líquidos. También tiene efectos terapéuticos como la coagulación de la sangre, la reducción de las hemorragias internas, el alivio de los problemas de garganta, el fortalecimiento del nervio óptico, y la depuración. Por tanto, la uvilla (*Physalis peruviana*), es una fuente de vitamina A, vitamina C en mayor proporción, además de altas concentraciones de fósforo. Contiene componentes fisiológicamente activos, que contribuyen a reducir la incidencia de enfermedades crónicas. A continuación, se puede apreciar los componentes nutricionales de la uvilla (Yépez, 2018).

La fruta de la uvilla contiene 78.9% de agua, 0.3% de proteína, 0.2% de grasa, 14.7% de carbohidratos totales, 4.9% de fibra y 1.0% de cenizas. Por cada 100 gramos se tiene 73 calorías, 8mg de calcio, 55 mg de fósforo, 1.2mg de hierro, cerca de 1mg de sodio, 320 mg de potasio, 1,460 mg de beta caroteno equivalente, 0.1 mg de tiamina, 0.03 mg de riboflavina, 1.70 mg de niacina y 43 mg de ácido ascórbico (Yépez, 2018).

### **Morfología**

El germoplasma de la uvilla es determinante en el campo agropecuario. La replicación y la evaluación del producto son actividades complementarias que identifican rasgos cualitativos específicos e introducciones importantes de la misma especie, donde el punto primordial es su el rendimiento, características morfométricas y organolépticas donde el propósito es mejorar la producción de la uvilla tanto en calidad como cantidad. Según explica Altamirano (2010) , entre las características morfológicas, se tiene:

- Raíz pivotante y profundizada, ramificada
- El tallo es herbáceo, cubierto de vellosidades suaves, de color eternamente verde.

- Las hojas son simples, enteras y acorazonadas, dispuestas en forma alterna a la planta.
- El limbo es entero y presenta vellosidades que lo hacen suave al tacto
- El cáliz de la flor llega a un tamaño de 5 cm de largo, es ascendente como un farol colgante y encierra al pequeño fruto.
- El cáliz se mantiene verde hasta que madure la fruta, luego se vuelve pardo traslúcido y el fruto se pone amarillo.
- Foliolo lateral (3 pares)

### ***Etapas fenológicas***

En el cultivo de la uvilla se pueden observar 5 etapas fenológica dentro de cuales se mencionan: vegetativa, prefloración, floración, amarre y maduración del fruto Aguilar *et al.* (2018). Este ciclo tiene una duración de 10 a 18 meses acorde a las condiciones ambientales y manejo del cultivo.

### ***Fruto climatérico***

La respiración de la uvilla, está directamente relacionada con la percibibilidad de la misma, al ser una fruta climatérica, durante la maduración 45 presenta un aumento en la tasa de respiración, producción de etileno y CO<sub>2</sub> generado por la transformación de azúcares de la fruta (Rosas, 2011).

### **Eco tipos**

Aunque no se conocen variedades definidas de la especie *Physalis peruviana*, si se conocen varios eco tipos. En la actualidad se ha reconocido a tres eco tipos de uvilla en el Ecuador.

### ***Colombiano o Kenyano:***

Es una uvilla que se caracteriza por tener el fruto grande alrededor de 5 centímetros de diámetro con un color amarillo intenso, tiene una concentración de ácido cítrico menor que el del resto de materiales, con más contenido de azúcar y con mayor aceptación en el mercado.

Se produce desde los 1800 a 3000 msnm, su floración empieza desde el quinto mes. Esta planta puede producir hasta 10 Kg de fruta al año (Palacios, 2013).

### ***Ambateño***

Fruto mediano de color verde amarillento, sabor agridulce y aroma diferente a los otros eco tipos (Palacios, 2013).

### ***Ecuatoriana***

Fruto pequeño, de color amarillo intenso, con mayor concentración de vitaminas, aroma agradable (Palacios, 2013).

### **Cosecha de la uvilla**

El cuidado en la cosecha de la uvilla es fundamental y determinante en la calidad de la fruta y consiste en el primer paso en el proceso de postcosecha. Es recomendable recolectar los frutos cada ocho días ya que al ser una fruta climatérica tiende a presentar un ritmo de maduración acelerada en la planta corriendo el riesgo de echarse a perder en la misma mata. Este proceso se realiza de forma manual utilizando gavetas plásticas de 15 kg de preferencia con el objetivo de evitar daños en la fruta por sobrepeso en la base de las gavetas (Palacios, 2013). Para evitar pérdidas al momento de la cosecha se debe tomar las siguientes precauciones:

- Recolectar en horas de la mañana después del rocío.
- Recolectar los frutos siempre del mismo estado de madurez.

### **Biosíntesis de etileno**

El etileno se sintetiza a partir del aminoácido metionina, primero se da la conversión de metionina a S-adenosil-L-metionina (SAM) catalizada por la enzima S-adenosil-L-metionina sintetasa, luego se presenta la formación de 1-aminociclopropano-1-ácido carboxílico (ACC) a partir de S-adenosil-L-metionina mediante la enzima ACC sintasa (ACS) y finalmente la conversión de ACC a etileno, catalizada por la ACC oxidasa (ACO). La metionina es reciclada

en el ciclo de “Yang” lo que conlleva a tener altas tasas de producción de etileno sin necesidad de altos niveles de metionina intracelular (Balaguera, 2015)

### ***Tasa de Respiración (TR) y producción de etileno***

La uvilla pertenece al grupo de los frutos climatéricos; en estos se produce un incremento en la TR y producción de etileno después del comienzo de la maduración y su regulación por efecto de tratamientos postcosecha es una estrategia comúnmente utilizada para alargar la vida útil de productos frutihortícolas (Cuaspud, 2016)

### ***El 1-Metilciclopropeno (1-MCp)***

El 1-MCP ( $C_4H_6$ ) es una olefina cíclica, se comporta como un gas con un peso molecular de 54 g/mol. El 1-MCP ocupa los receptores del etileno de manera irreversible, bloqueando la cascada de transducción de señales que conllevan a la expresión de genes relacionados con la respuesta al etileno. La afinidad del 1-MCP por los receptores es diez veces mayor a la del etileno y actúa a muy bajas concentraciones sobre los frutos. No se tiene registros de toxicidad del compuesto, es inodoro, estable a temperatura ambiente, además, es de fácil aplicación y altamente eficaz para proteger a muchas especies agrícolas de la acción del etileno, incluyendo, frutos, vegetales, flores cortadas y plantas en maceta. Pese de que la unión del 1-MCP es irreversible, se ha reportado que algunas especies pueden recuperar la sensibilidad al etileno, debido a la capacidad de síntesis de nuevos receptores (Watkins, 2006).

### ***Concentración de 1-MCP y tiempos de exposición***

La concentración de 1-MCP necesaria para bloquear la acción del etileno varía de acuerdo con la especie, cultivar, estado de maduración, capacidad de producción de nuevos receptores, tiempo y temperatura de exposición. Las dosis óptimas varían entre especies, pero reportan diferentes concentraciones y temperaturas para la aplicación de 1-MCP, las cuales se encuentran entre 0,1 a 100  $\mu\text{L/L}$  y 20-25°C por 6 a 24 h. Sin embargo, la concentración recomendada para productos de uso comercial está entre 100 a 500  $\mu\text{L L}^{-1}$ , alrededor de mil veces mayor, probablemente debido a una alta posibilidad de pérdidas del 1-MCP.

### ***Efecto de la aplicación de 1-MCP***

El 1-MCP ha mostrado un efecto significativo en la disminución de la maduración y senescencia de diversos productos agrícolas, como frutos, hortalizas y especies ornamentales. Los mejores resultados se han observado en frutos climatéricos. El 1-MCP disminuye la producción de etileno, debido a que afecta su síntesis auto catalítica al disminuir la expresión de genes que codifican para las enzimas ACS y ACO en manzano, banano, tomate, durazno y brócoli. El 1-MCP afecta la biosíntesis, señalización y los procesos que dependen de etileno durante la maduración. El 1-MCP disminuye la pérdida de firmeza en frutos y disminuye la actividad de enzimas que degradan pared celular, como pectin-metilesterasa (PME), poligalacturonasa (PG), endo- $\beta$ -1,4-glucanasa (EGasa) y pectato liasa (PL), además de expansinas (EXP),  $\beta$ -galactosidasa,  $\alpha$ -arabinofuranosidasa y  $\beta$ -xilosidasa. La disminución de la actividad de estas enzimas está relacionada con la disminución de la expresión de genes AcXET1 (xyloglucano endotransglicosilasas), AcEXP, AcEXP3 en chirimoya Li *et al.* (2009), MaEXP1 en banano Trivedi y Nath , (2004) y EGasa y pIB (pectato liasa B) en fresa Balogh *et al.* (2005).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### **Ubicación del lugar de investigación**

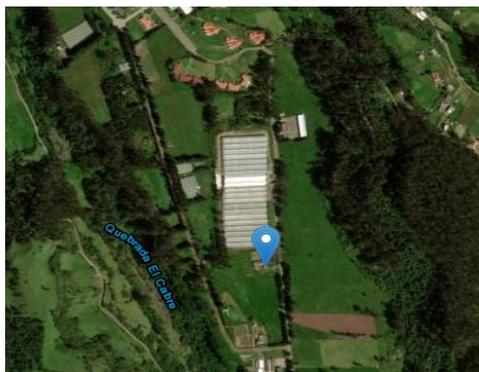
La presente investigación se realizó en el laboratorio de Postcosecha de las instalaciones de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

#### **Ubicación geográfica**

Geográficamente el área de estudio se encontró en las coordenadas de las instalaciones de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, son latitud  $-0.3911488667$  longitud  $-78.41367$ , altitud 2750 m.s.n.m.

#### **Figura 1**

*Vista aérea del lugar de la investigación*



*Nota.* Recuperado de Google Maps (2023).

#### **Condiciones del laboratorio**

El experimento donde se realizó el ensayo dentro del laboratorio tuvo una temperatura promedio de  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa media: 40% y aislado de la luz.

#### **Fase de campo:**

##### ***Obtención de la materia prima***

Se utilizó uvilla orgánica (*Physalis peruviana*) cosechada en Tabacundo ( $0.177492\text{ }^{\circ}\text{N}$  -  $78.409367\text{ }^{\circ}\text{W}$ ), cantón Quito, norte de la provincia de Pichincha, Ecuador. Los frutos recién

cosechados con grados de madurez 4 y 5 (100% de desarrollo de color superficial verde amarillo) se trasladaron hasta el laboratorio de postcosecha del Instituto Agropecuario Superior Andino (IASA1) de la Universidad ESPE. Se retiró el cáliz (capuchón) que protege a la fruta y se descartaron aquellos frutos que presentaban daños físicos. Posteriormente los frutos seleccionados, se lavaron y desinfectaron utilizando una solución de cloro (100 ppm) y finalmente se secaron a temperatura ambiente.

## **Materiales**

### ***Equipos***

- Balanza analítica
- pH-metro
- Acidómetro
- Brixómetro
- Penetrómetro
- Envases de polietileno tereftalato
- Moldes de aluminio
- Papel de absorbente

### ***Insumos***

- Cloro
- Agua destilada
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- 1 MCP (EthilFresh)

## **Métodos**

### ***Selección de la dosis efectiva de 1-Metilciclopropeno (1-MCP)***

Se realizaron ensayos con diversas concentraciones de 1-MCP (Ethyl Fresh. Los frutos previamente acondicionados se colocaron en bandejas plásticas PET y se dividieron en dos grupos: frutos control (sin ningún tratamiento) y tratados (con 1-MCP) en diferentes dosis. El tratamiento postcosecha se realizó introduciendo los frutos en las bandejas y posteriormente se colocó 1-MCP en estado sólido impregnado en cards de 21 cm<sup>2</sup> al 0,1%. Se aplicaron concentraciones medidas en cards de: 0,25% 0,5%; 1,0% 1-MCP (producto comercial Ethyl Fresh, con 0,1% de ingrediente activo) que se mantuvieron a temperatura ambiente promedio de 16° C durante 3 y 7 días.

### ***Condiciones de laboratorio***

Tanto las frutas tratadas como controles se almacenaron a temperatura ambiente. Se tomaron las frutas de una bandeja por tratamiento y repetición cada 3 días para analizar pérdida de peso, deterioro de la fruta y perfil sensorial a los 9 días y a final de la fase experimental. Se realizaron 3 réplicas por cada tratamiento más 1 testigo para confirmar el efecto de 1-MCP sobre la calidad de uvilla y los análisis se complementaron con la determinación de pH, acidez titulable y sólidos solubles, color superficial, tasa de respiración y firmeza.

### ***Desinfección de la fruta:***

Se desinfectaron las tarrinas con una solución de Hipoclorito de sodio al 5% de concentración aplicadas mediante un atomizador sobre los capuchones de la fruta.

### ***Pesaje de la fruta:***

Se pesaron 250 gramos de fruta en la balanza de gramos se procedió al llenado en las tarrinas.

### ***Preparación de las dosis de 1-MCP***

Se cortaron las cartillas de Ethyl Fresh en las proporciones de: 25%, 50 % y 100%.

### ***Aplicación de las dosis de 1-MCP***

Se colocaron las cartillas de Ethyl Fresh sobre las frutas en las tarrinas teniendo la precaución de que quedara en el centro de la tarrina para una mejor distribución.

### ***Almacenamiento***

Una vez cerradas las tarrinas con las uvillas y las cartillas de 1-MCP, se almacenan a una temperatura de ambiente de 16°C en promedio para su posterior control en la toma de datos y su posterior evaluación del tiempo de vida útil durante un periodo de 21 días.

Almacenamiento de uvillas en envases de polietileno tereftalato con una pequeña perforación en la base.

### ***Metodología utilizada para cada variable de respuesta***

Cada variable se midió al día cero y posteriormente se siguieron midiendo cada 3 días hasta los 21 días después de montar el experimento.

#### ***Variable pérdida de peso (%)***

Se pesaron por medio de una balanza analítica dos uvillas de cada tratamiento y repetición; las cuales se las seleccionaron previamente, señalándolas con una con marcador permanente para tomar los datos de las mismas uvillas.

#### ***Variable firmeza (KgF)***

Se utilizó el equipo penetrómetro, retirando el capuchón de la uvilla e introduciendo el aparato previamente calibrado, el valor resultante fue tomado en las unidades de kilogramos de fuerza (KgF).

#### ***Variable pH***

Se pesó 25 gramos de fruta, los cuales se colocaron en una probeta y se aforó hasta 250ml, todo ello se licuó y se filtró. En un vaso de precipitación se colocó la muestra obtenida, se introdujo el pH-metro previamente calibrado, se esperó hasta obtener el valor estable.

### **Variable sólidos solubles (°Brix)**

Se extrajeron dos gotas de la uvilla seleccionada y se colocaron en el brixómetro digital previamente calibrado y limpio. Se toma el valor dispuesto por el equipo directamente ya que no se realizaron diluciones.

### **Variable acidez (% de ácido cítrico)**

Se tomó una muestra de uvillas que pesen 10 gramos, las cuales se colocaron en una probeta y se aforó hasta 100 ml, todo ello se licuó y se filtró. Se tomaron 10 gramos del jugo resultante, se añadió 3 gotas de fenolftaleína y se procede a realizar la titulación con el hidróxido de sodio. Luego el dato obtenido se lo transforma a % de ácido cítrico con la siguiente fórmula:

$$\%Acidez = \frac{(A * B * C)}{D}$$

Donde:

A: ml de NaOH utilizados

B: peso equivalente del ácido dominante

C: normalidad del NaOH

D: peso de la muestra a analizar

### **Variable color ( $\Delta E$ )**

La determinación de los parámetros de color, en el espacio CIE-LAB se basa en el modelo de los colores opuestos, y define cada color a partir de unas coordenadas denominadas

L\* (luminosidad: 0, negro, a 100, blanco),

a\* (“+60” intensidad de color rojo y “-60” de color verde)

b\* (“+60” intensidad de color amarillo y “-60” de color azul), según el método de

Grassmann.

La captación visual se realizó con el programa Color GRAB. Con la aplicación se tomó una foto de la uvilla señalada para cada tratamiento. La foto se la tomó dentro de una caja negra, con el flash del celular y siempre a la misma uvilla para que no exista variación en los datos.

### **Tiempo de vida útil**

Se determinó el tiempo de vida útil utilizando el modelo lineal propuesto por Labuza ,(1982) ecuación cinética de primer orden

Ecuación:

$$A = A_0 e^{-kt}$$

Donde:

$A$ : calidad al tiempo  $t$

$A_0$ : calidad al tiempo inicial

$k$ : constante de la reacción (pendiente)

Linealizando la ecuación se tiene

$$\ln A = \ln A_0 - kt$$

El tiempo de vida útil podría obtenerse despejando  $t$ :

$$t = \frac{(\ln A - \ln A_0)}{-k}$$

### **Diseño experimental**

El experimento se dispuso bajo el un diseño bifactorial 3 x3 con un testigo.

Se efectuaron 2 tiempos de exposición (3 y 7 días) a 3 diferentes concentraciones (D1, D2, D3) más un testigo sin exposición al 1-MCP, resultando un total de 7 tratamientos con 3 repeticiones cada uno a 16°C de temperatura ambiente promedio y se aleatorizaron las unidades experimentales.

### **Modelo matemático**

El diseño se dispuso bajo el siguiente modelo matemático:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + D_j + TD_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$y_{ijk}$  = Variable de respuesta.

$\mu$  = Promedio global para todos los tratamientos.

$T_i$  = Efectos del i-ésimo nivel del factor Tiempo.

$D_j$  = Efectos del j-ésimo nivel del factor Dosis.

$TD_{ij}$  = Efecto de la interacción de los factores tiempo y dosis sobre la variable de respuesta.

$\epsilon_{ij}$  = Error Experimental

Los datos fueron procesados por medio del análisis ANOVA y la prueba de Fisher al 95% de confianza, utilizando el software Infostat.

### Tratamientos

- T1D1: Tiempo 1, Dosis 1
- T1D2: Tiempo 1, Dosis 2
- T1D3: Tiempo 1, Dosis 3
- T2D1: Tiempo 2, Dosis 1
- T2D2: Tiempo 2, Dosis 2
- T2D3: Tiempo 2, Dosis 3
- Testigo

### Croquis experimental

#### Figura 2

*Croquis experimental*

T2D3	T1D1	T2D2	Testigo	T1D2	T2D1	T1D3
T1D3	Testigo	T1D1	T2D3	T1D3	T2D1	Testigo
T1D2	T2D3	T2D1	T1D2	T1D1	T2D2	T2D2

Nota. Autoría propia

### Figura 3

#### Modelo de encuesta para el análisis sensorial

Encuesta para analisis sensorial fruta de uvilla.								
	Nombre:							
	<b>Atributo</b>							
	<b>Nivel de agrado</b>							
Puntuacion	<b>Textura</b>	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
1	Me disgusta mucho							
2	Me disgusta moderadamente							
3	No me gusta ni me disgusta							
4	Me gusta moderadamente							
5	Me gusta mucho							
	<b>Color</b>							
1	Me disgusta mucho							
2	Me disgusta moderadamente							
3	No me gusta ni me disgusta							
4	Me gusta moderadamente							
5	Me gusta mucho							
	<b>Sabor</b>							
1	Me disgusta mucho							
2	Me disgusta moderadamente							
3	No me gusta ni me disgusta							
4	Me gusta moderadamente							
5	Me gusta mucho							
	<b>Aroma</b>							
1	Me disgusta mucho							
2	Me disgusta moderadamente							
3	No me gusta ni me disgusta							
4	Me gusta moderadamente							
5	Me gusta mucho							

Nota. Autoría propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Dureza de la uvilla (Kg/F)

**Tabla 1**

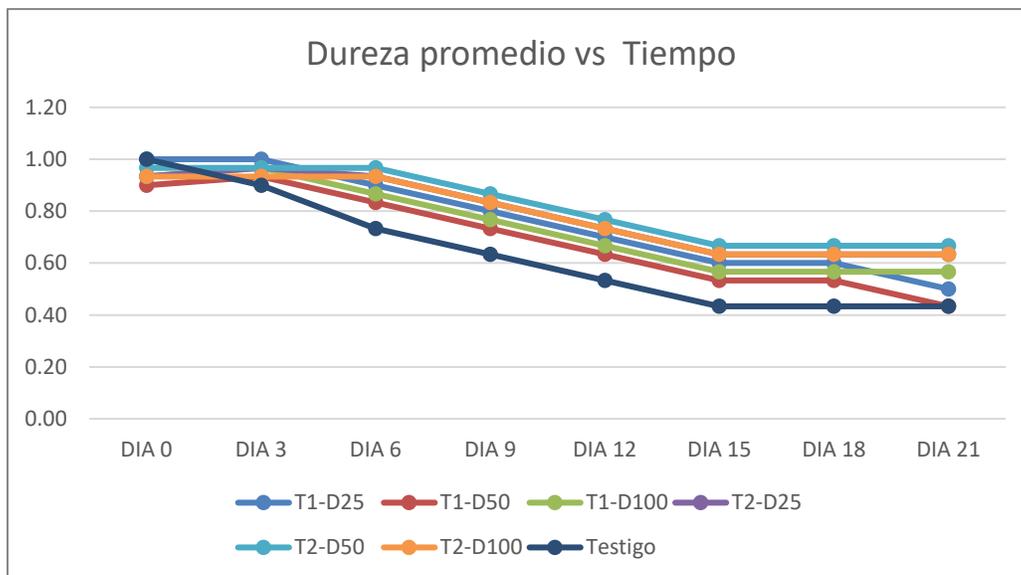
*Promedio de la dureza medida en kg/f*

Días	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	1,00	0,9	0,93	0,93	0,97	0,93	1,00
Día 1	1,00	0,93	0,97	0,97	0,97	0,93	0,90
Día 2	0,90	0,83	0,87	0,93	0,97	0,93	0,73
Día 3	0,80	0,73	0,77	0,83	0,87	0,83	0,63
Día 4	0,70	0,63	0,67	0,73	0,77	0,73	0,53
Día 5	0,60	0,53	0,57	0,63	0,67	0,63	0,43
Día 6	0,60	0,53	0,57	0,63	0,67	0,63	0,43
Día 7	0,50	0,43	0,57	0,63	0,67	0,63	0,43

*Nota.* Promedio de la dureza. Autoría propia

**Figura 4**

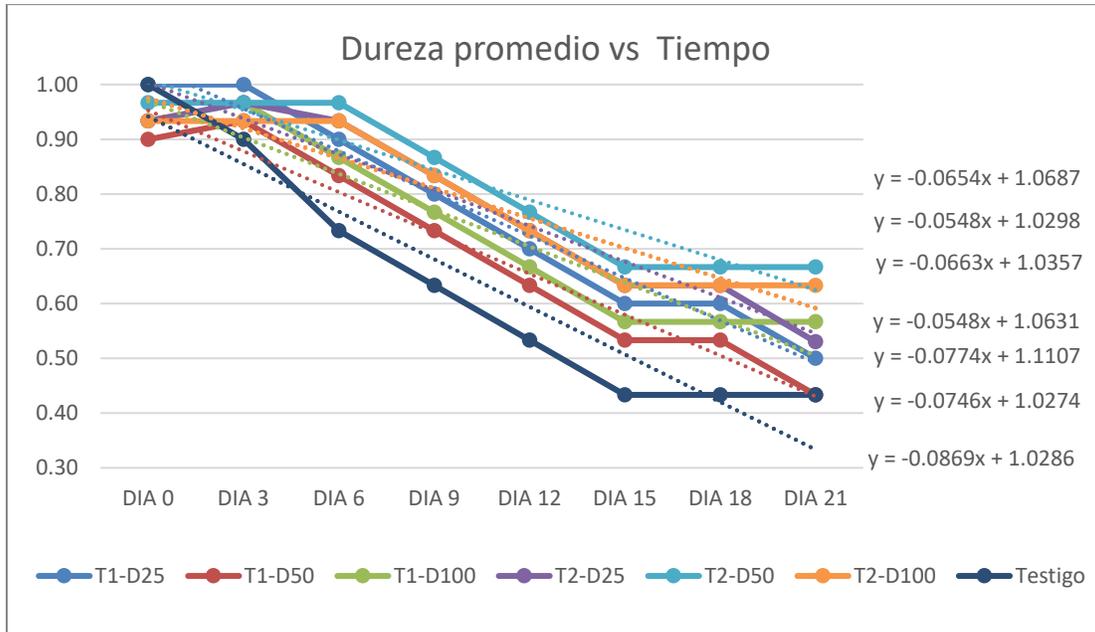
*Gráfica de la dureza*



*Nota.* Promedio de la dureza de la uvilla. Autoría propia

**Figura 5**

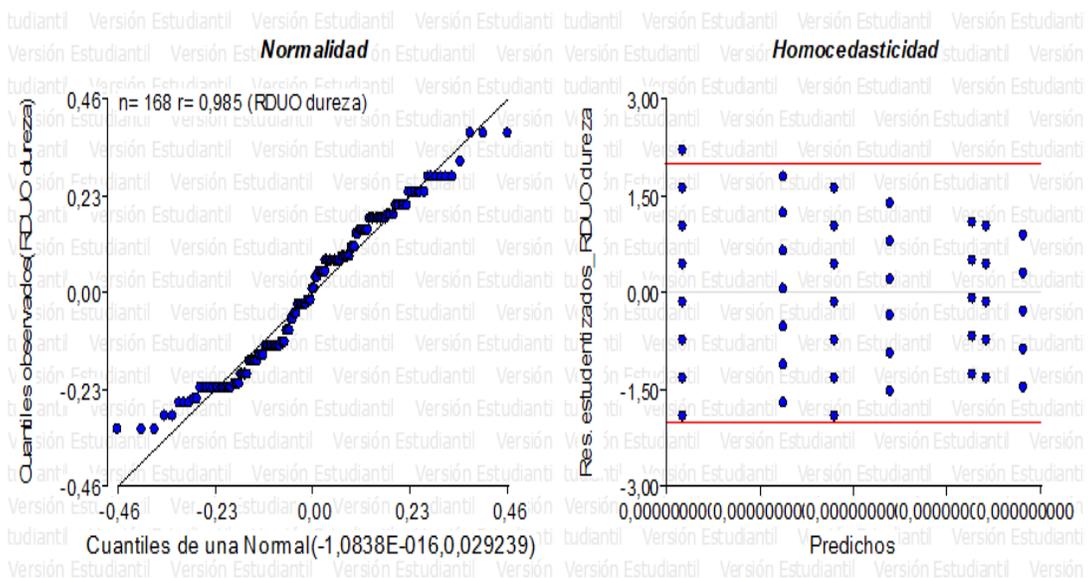
*Ecuaciones de regresión lineal de los datos promedio de la dureza*



Nota. Datos promedio de la dureza. Autoría propia

**Figura 6**

*Normalidad y homocedasticidad de la Dureza*



Nota. Supuestos de normalidad y homocedasticidad de la dureza. Autoría propia

**Tabla 2***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Tiempo	0,22	1	0,22	7,333	0,008
Dosis	0,01	2	0,01	0,333	0,717
Tiempo*dosis	0,11	2	0,06	2	0,139
Test vs Resto	0,48	1	0,48	15,98	0,0001
Error	4,88	161	0,03		
Total	5,83	167			

*Nota.* ANAVA de la dureza. Autoría propia

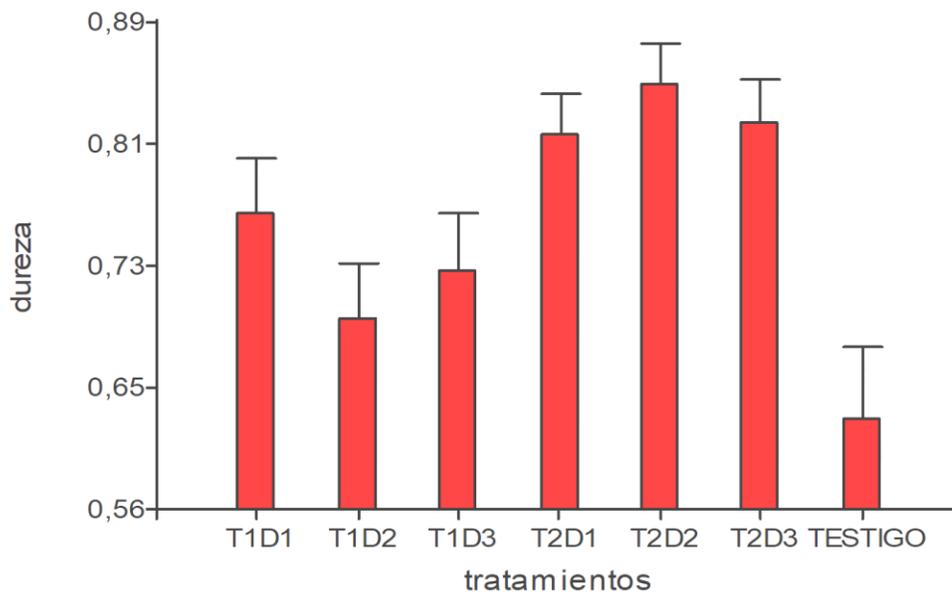
Para la variable de firmeza se constató diferencias significativas  $p = (0,0001)$  entre el grupo control comparado con cada una de las concentraciones y tiempos de exposición del 1-MCP comestible a través de la prueba de Fisher que permitió observar las diferencias específicas entre cada comparación de tratamientos, cabe destacar que no existieron diferencias entre cada dosis de 1-MCP. Aquello se constata con la investigación realizada por Lancho *et al.* (2007), en la que menciona que la pérdida de firmeza en los frutos de uvas tratadas tuvo menor variación con respecto al testigo y obtuvo valores de firmeza en evaluaciones de dos semanas, lo cual es similar en la presente investigación. Además, que la pérdida de firmeza está vinculada directamente con la pérdida de agua y es por ello que los tratamientos actuaron para evitar la rapidez de la salida de agua y por ende de firmeza. De igual manera Castro y Blair (2010) , reportan un decrecimiento en la textura los frutos tratados presentan mejores y mayores valores que los frutos control; siendo significativamente diferentes al final de la prueba al igual que en la presente investigación.

Diversos estudios demuestran que la aplicación del 1-MCP favorece para mantener una mayor firmeza respecto a frutos no tratados.

**Tabla 3***Tabla de comparación de medias*

Tratamientos	Medias	n	E.E.
TESTIGO	0,63	24	0,04 A
T1D2	0,69	24	0,04 A B
T1D3	0,73	24	0,04 A B C
T1D1	0,76	24	0,04 B C
T2D1	0,82	24	0,04 C
T2D3	0,83	24	0,04 C
T2D2	0,85	24	0,04 C

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes de acuerdo a Duncan ( $p > 0,05$ ). Autoría propia.

**Figura 7***Gráfica de barras del promedio y EE*

*Nota.* Promedio de la Acidez (%). Autoría propia

## Acidez de la uvilla

El cálculo de la acidez titulable se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez} = \frac{A * B * C}{D}$$

Dónde:

A: Cantidad en ml de base o NaOH gastado.

B: Normalidad de la base usada en la titulación (0.1 N).

C: Peso equivalente expresado en gramos de ácido predominante de la fruta.

D: Peso de la muestra en gramos.

**Tabla 4**

*Datos promedio de la acidez de las 3 repeticiones por tratamiento*

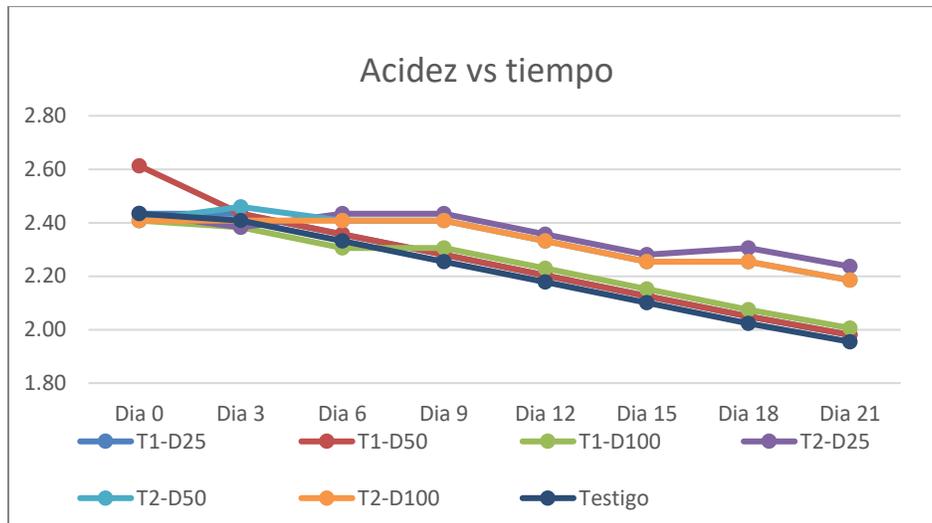
Días	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	2,43	2,61	2,41	2,43	2,41	2,41	2,43
Día 3	2,43	2,43	2,38	2,38	2,46	2,41	2,41
Día 6	2,36	2,36	2,31	2,43	2,41	2,41	2,33
Día 9	2,28	2,28	2,31	2,43	2,41	2,41	2,25
Día 12	2,20	2,20	2,23	2,36	2,33	2,33	2,18
Día 15	2,13	2,13	2,15	2,28	2,25	2,25	2,10
Día 18	2,05	2,05	2,08	2,31	2,25	2,25	2,02
Día 21	1,98	1,98	2,01	2,24	2,19	2,19	1,95

*Nota.* Promedio de la Acidez (%). Autoría propia

La acidez muestra una disminución porcentual en cada uno de los tratamientos siendo más representativa la disminución en el tratamiento testigo desde un promedio de 2,41 % hasta 1,95% lo cual demuestra el descenso normal de la acidez en condiciones normales.

**Figura 8**

Gráfica del promedio de la acidez (%) vs tiempo (días)



Nota. Promedio de la Acidez (%) vs el tiempo. Autoría propia

En lo que respecta a los valores de acidez total titulable (%) con el proceso de maduración se observa un descenso moderadamente uniforme lo que coincide con relaciones similares reportadas en estudios realizados en la pitahaya (Rodríguez *et al.*, 2005). La disminución del valor de la acidez puede interpretarse ya que los ácidos en el fruto son utilizados como sustrato de respiración, ya que al igual que los carbohidratos, son fuentes de carbono e hidrógeno (Andrimba, 2022). En la uvilla, la mayor proporción de los ácidos la constituye el ácido cítrico, cuando se ha alcanzado el máximo de acumulación del almidón se presenta una disminución del contenido de los ácidos por tal motivo se considera que la acidez titulable decrece en cuanto los ácidos orgánicos se convierten en sustratos de la respiración. (Fischer *et al.*, 2000), lo cual concuerda con lo observado durante el ensayo donde se puede observar que el descenso del porcentaje de la acidez de los tratamientos con menor tiempo de exposición y dosis presentaron mayor velocidad y porcentaje de disminución de la acidez. Cabe recalcar que los tratamientos de 3 días de exposición y dosis de 25%, 50% y 100% presentaron menor porcentaje de disminución de la acidez.

**Tabla 5**

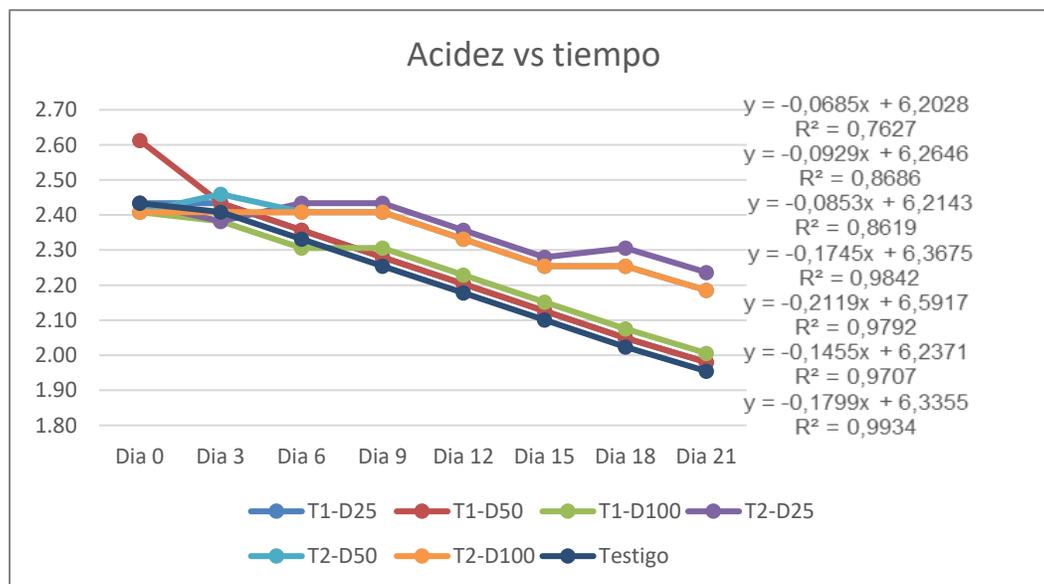
*Ecuación lineal de los datos promedio de las 3 repeticiones*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	2,43	2,61	2,41	2,43	2,41	2,41	2,43
Día 3	2,43	2,43	2,38	2,38	2,46	2,41	2,41
Día 6	2,36	2,36	2,31	2,43	2,41	2,41	2,33
Día 9	2,28	2,28	2,31	2,43	2,41	2,41	2,25
Día 12	2,20	2,20	2,23	2,36	2,33	2,33	2,18
Día 15	2,13	2,13	2,15	2,28	2,25	2,25	2,10
Día 18	2,05	2,05	2,08	2,31	2,25	2,25	2,02
Día 21	1,98	1,98	2,01	2,24	2,19	2,19	1,95
Ecuación lineal	$y = -0,068x + 6,2028$	$y = -0,092x + 6,2646$	$y = -0,085x + 6,2143$	$y = -0,174x + 6,3675$	$y = -0,211x + 6,5917$	$y = -0,1455x + 6,2371$	$y = -0,1799x + 6,3355$

*Nota.* Ecuación lineal y ajuste de los datos promedio de la acidez. Autoría propia.

**Figura 9**

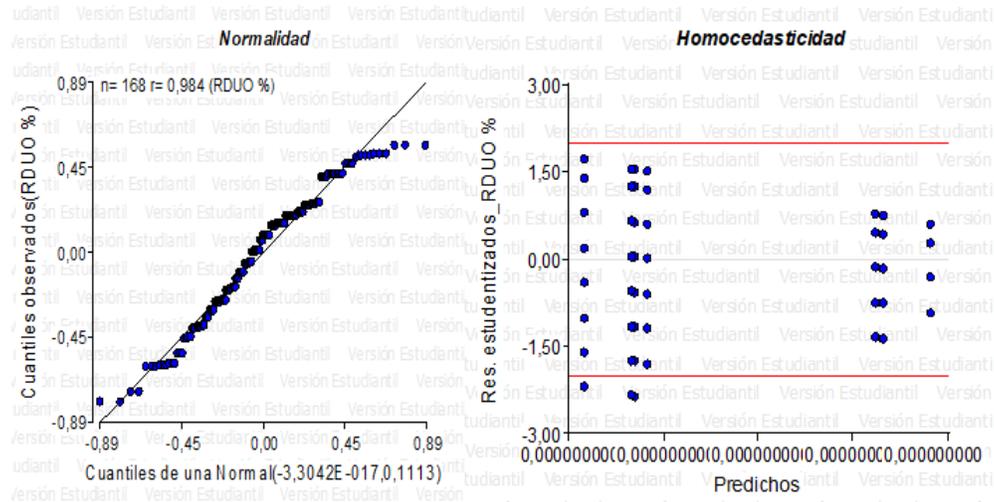
*Representación gráfica de la regresión lineal de los tratamientos*



*Nota.* Regresión lineal de los datos promedio de la variable acidez. Autoría propia.

**Figura 10**

Gráficas de la verificación de supuestos de la acidez



Nota. Supuestos de normalidad y homocedasticidad de la acidez. Autoría propia.

**Tabla 6**

ANAVA del % de acidez

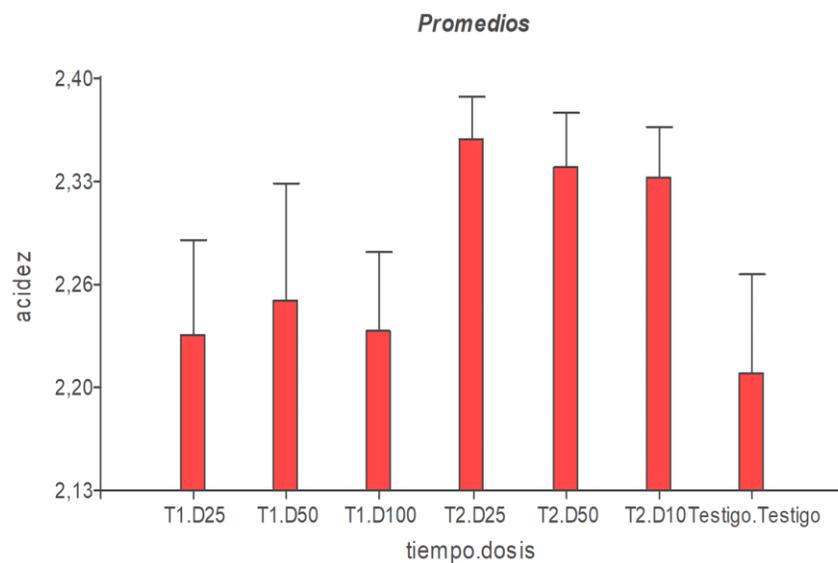
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamientos	0,97	6	0,16	5,15	0,0001
Tiempo	0,13	1	0,13	4,33	0,000010
Dosis	1,60E-03	2	8,10E-04	0,03	0,000010
Tiempo*dosis	3,50E-03	2	1,80E-03	0,03	1,390000
Test vs resto	0,18	6	0,03	1,39	0,2357
Error	5,06	161	0,03		
Total	6,03	167			

Nota. La tabla representa datos promedio de los sólidos solubles (<sup>o</sup>Brix).  
Autoría propia.

**Tabla 7***Comparación de medias de Fisher*

Tratamientos	Medias	n	E.E.
Testigo	2,21	24	0,05 A
T1.D25	2,23	24	0,05 A
T1.D100	2,24	24	0,05 A B
T1.D50	2,26	24	0,05 B
T2.D25	2,33	24	0,05 B C
T2.D100	2,34	24	0,05 C
T2.D50	2,36	24	0,05 C

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes de acuerdo a LSD Fisher ( $p > 0,01$ ). Autoría propia.

**Figura 11***Medias y desviación estándar*

*Nota.* Gráfica de los datos promedio y EE del % de acidez. Autoría propia.

## Sólidos solubles (Grados Brix) de la uvilla

**Tabla 8**

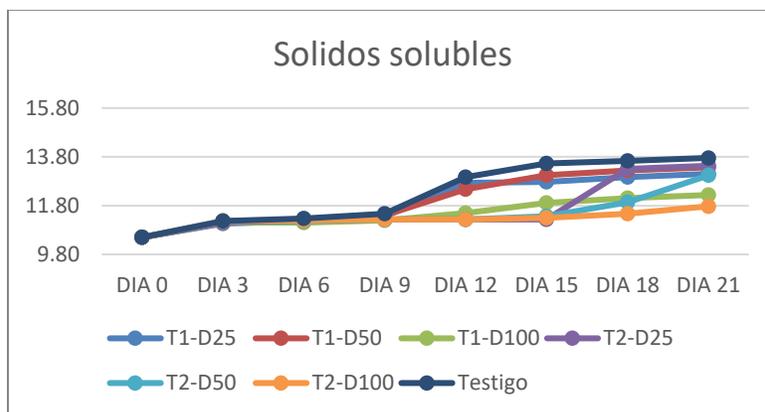
*Datos promedio de la acidez de las 3 repeticiones por tratamiento*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50
Día 3	11,07	11,10	11,10	11,10	11,17	11,17	11,17
Día 6	11,17	11,20	11,10	11,20	11,17	11,20	11,27
Día 9	11,37	11,40	11,20	11,23	11,23	11,23	11,47
Día 12	12,73	12,47	11,50	11,23	11,23	11,23	12,97
Día 15	12,77	13,04	11,91	11,23	11,36	11,30	13,53
Día 18	12,97	13,24	12,11	13,31	11,93	11,47	13,63
Día 21	13,10	13,37	12,24	13,43	13,04	11,77	13,76

*Nota.* La tabla representa datos promedio de los sólidos solubles (°Brix). Autoría propia.

**Figura 12**

*Representación gráfica del promedio de la acidez (%) vs tiempo (días)*



*Nota.* La figura representa los datos promedio de los sólidos solubles (°Brix) vs el tiempo. Autoría propia.

En base a la Tabla de los promedios se realizó el Gráfico del aumento de los grados Brix, en el que se observa el contenido de Grados Brix promedio en uvillas de los diferentes tratamientos.

**Tabla 9**

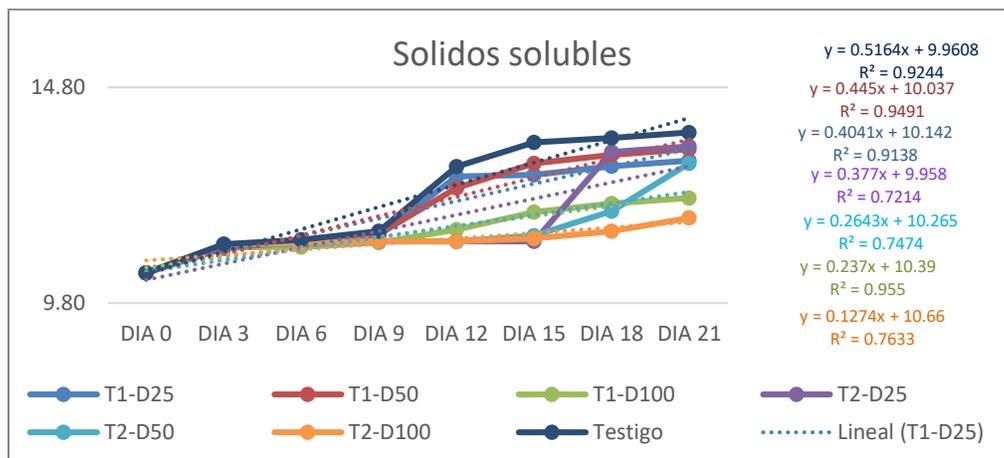
*Regresión lineal de los datos promedio de las 3 repeticiones*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50	10,50
Día 3	11,07	11,10	11,10	11,10	11,17	11,17	11,17
Día 6	11,17	11,20	11,10	11,20	11,17	11,20	11,27
Día 9	11,37	11,40	11,20	11,23	11,23	11,23	11,47
Día 12	12,73	12,47	11,50	11,23	11,23	11,23	12,97
Día 15	12,77	13,04	11,91	11,23	11,36	11,30	13,53
Día 18	12,97	13,24	12,11	13,31	11,93	11,47	13,63
Día 21	13,10	13,37	12,24	13,43	13,04	11,77	13,76
Ecuación lineal	$y = 0,4041x + 10,142$	$y = 0,445x + 10,037$	$y = 0,237x + 10,39$	$y = 0,377x + 9,958$	$y = 0,2643x + 10,265$	$y = 0,1274x + 10,66$	$y = 0,5164x + 9,9608$

*Nota.* La tabla representa la ecuación de la regresión lineal y ajuste de los datos promedio de los sólidos solubles. Autoría propia.

**Figura 6**

*Representación gráfica de la regresión lineal de los tratamientos*



*Nota.* La figura representa la regresión lineal de los datos promedio de la variable acidez. Autoría propia

**Tabla 10***Índice de las características fisicoquímicas de la uvilla*

COLOR	ASPECTO EXTERNO DEL FRUTO	°Bx mínimo	% de ácido cítrico máximo	Índice de madurez (°Bx/ %ácido)
Cero	Fruto fisiológicamente desarrollado, color verde oscuro	9,4	2,69	3,5
Uno	Fruto color verde un poco más claro	11,4	2,7	4,2
Dos	El color verde se mantiene en la zona cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas	13,2	2,56	5,2
Tres	Fruto de color anaranjado con visos verdes hacia la zona del cáliz	14,1	2,34	6
Cuatro	Fruto de color anaranjado claro	14,5	2,03	7,1
Cinco	Fruto de color anaranjado	14,8	1,83	8,1
Seis	Fruto de color anaranjado intenso	15,1	1,68	9

*Nota.* Porcentajes de ácido cítrico, grados Brix y madurez acorde al estado fenológico. Recuperado de (García *et al.*,2014)

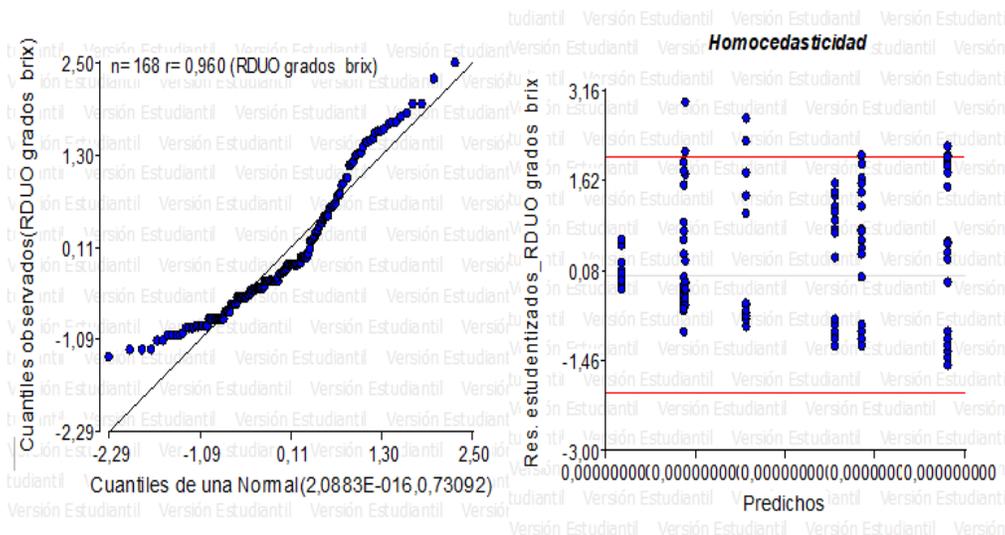
García *et al.* (2014), menciona que la uvilla se recolecta cuando el color del cáliz comienza a presentar coloración amarilla y el fruto es amarillo naranja por lo tanto la cosecha se lleva a cabo directamente con la mano, pero últimamente se recomienda utilizar tijeras desinfectadas para evitar la propagación de agentes biológicos perjudiciales en el proceso de postcosecha. Las uvillas de exportación se cosechan con un contenido mínimo de sólidos solubles de 10 grados Brix y que no sobrepase los 14 ° Brix. Cuando el color del capuchón comienza a amarillarse, pero para venta local el color del cáliz puede ser más amarillo. Márquez y Pretell, (2013) menciona que los indicadores de madurez son parámetros que se emplean para determinar el grado de desarrollo de las frutas y por lo tanto se utilizan como criterios para determinar el momento preciso para iniciar la recolección siendo el contenido de

sólidos solubles el principal punto de partida, por lo que se decidió calcular el tiempo de vida útil con esta variable cuantitativa.

Andrimba, (2022), en su estudio menciona que, en el caso de las uvillas verdes, el contenido de sólidos solubles fue de 6 °Brix para uvillas y de 8 °Brix en las uvillas previas a la cosecha y en las uvillas pintonas estos valores fueron de 9 y 11 °Brix, respectivamente. Para las uvillas maduras el contenido de sólidos se incrementó en aproximadamente a 13 °Brix con MCP1 y 14 °Brix sin MCP, lo que evidencia un mayor desarrollo y más rápida maduración de la fruta cuando está sin exposición al 1MCP. Por lo mencionado anteriormente se puede corroborar que la cinética del comportamiento de los °Brix está altamente influenciado por la exposición de la fruta al 1MCP, Donde se observó que los tratamientos de T2D100 y T2D100 presentaron mayor eficiencia en la prolongación del proceso de maduración, alargando así el tiempo estimado de vida útil como se muestra a continuación.

### Figura 13

*Representación gráfica de la verificación de los Supuestos*



*Nota.* Representación gráfica de los supuestos de la normalidad y homocedasticidad de los sólidos solubles. Autoría propia.

**Tabla 11***Cuadro de Análisis de la Varianza*

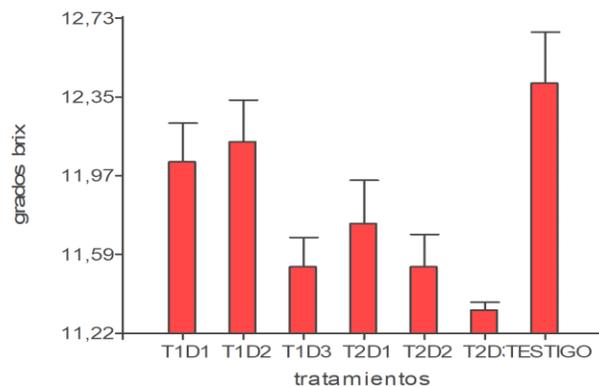
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tiempo	5,5	1	5,5	7,24	0,008
Dosis	4,46	2	2,23	2,93	0,056
Tiempo*dosis	0,7	2	0,35	0,46	0,632
Test vs Resto	10,12	1	10,12	13,35	0,0003
Error	122,06	161	0,76		
Total	144,21	167			

*Nota.* El análisis estadístico indica que existe diferencia altamente significativa, ( $\alpha < 0.01$ ) entre los tratamientos.

**Tabla 12***Comparación de medias de los sólidos solubles*

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T2D3	11,33	24	0,18	A
T1D3	11,54	24	0,18	A
T2D2	11,54	24	0,18	A
T2D1	11,75	24	0,18	A B
T1D1	12,04	24	0,18	B C
T1D2	12,14	24	0,18	B C
TESTIGO	11,33	24	0,18	C

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes según LSD Fisher ( $p > 0,05$ ). Autoría propia.

**Figura 14***Gráfica de los datos promedio y EE de los grados Brix*

*Nota.* Gráfica de los datos promedio y EE de los grados Brix. Autoría propia.

### **Tiempo de vida útil**

Vinueza, (2015) menciona que la norma ecuatoriana INEN 2 485 (2008) indica que los frutos de uvilla deben poseer un valor mínimo de 10 °Brix y máximo de 14 °Brix para que se consideren idóneos para su comercialización. Aceptando el 14 % como límite de aceptación de porcentaje de solidos solubles, se realizan los siguientes cálculos con la ecuación cinética para la vida útil (Labuza,1982) .

$$\ln A = \ln A_0 \pm kt$$

Dónde:

A =calidad al tiempo t

A<sub>0</sub>=calidad al tiempo inicial

K=constante de la reacción

T=tiempo de almacenamiento

T1D25:

$$\ln (14) = 0,0341 * t + 2,36$$

$$t = (\ln 14) - 2,36/0,034$$

$$t = 8,18 = 8 \text{ días}$$

T1D50:

$$\ln (10) = 0,0371 * t + 2,35$$

$$t = (\ln 14) - 2,35/0,1401$$

$$t = 7,79 = 8 \text{ días}$$

T1D100:

$$\ln (14) = 0,0207 * t + 2,36$$

$$t = (\ln 14) - 2,36/0,020$$

$$t = 13,48 = 13 \text{ días}$$

T2D25:

$$\ln(14) = 0,0314 * t + 2,34$$

$$t = (\ln 14) - 2,34 / 0,0324$$

$$t = 9,52 = 10 \text{ días}$$

T2D50:

$$\ln(14) = 0,0226 * t + 2,36$$

$$t = (\ln 14) - 2,36 / 0,026$$

$$t = 12,35 = 12 \text{ días}$$

T2D100

$$\ln(14) = 0,0114 * t + 2,38$$

$$T = (\ln 14) - 2,38 / 0,0114$$

$$t = 22,72 = 23 \text{ días}$$

TESTIGO

$$\ln(14) = 0,0424 * t + 2,36$$

$$t = (\ln 14) - 2,36 / 0,0424$$

$$t = 6,58 = 7 \text{ días}$$

### Tabla 13

Tabla del cálculo de vida útil en base a los grados Brix

°Brix	Ecuaciones	R2	Vida útil (t) días
T1D25	$\ln y = 0,0341 * t + 2,36$	0,913	8,18
T1D50	$\ln y = 0,0371 * t + 2,35$	0,949	7,79
T1D100	$\ln y = 0,0207 * t + 2,36$	0,952	13,48
T2D25	$\ln y = 0,0314 * t + 2,34$	0,733	9,52
T2D50	$\ln y = 0,0226 * t + 2,36$	0,764	12,35
T2D100	$\ln y = 0,0114 * t + 2,38$	0,755	22,72
Testigo	$\ln y = 0,0424 * t + 2,36$	0,924	6,58

*Nota.* Se observan diferencias altamente significativas entre los tratamientos en cuanto a la vida útil mediante la ecuación de Labuza.

Autoría propia.

## Variable (pH)

**Tabla 14**

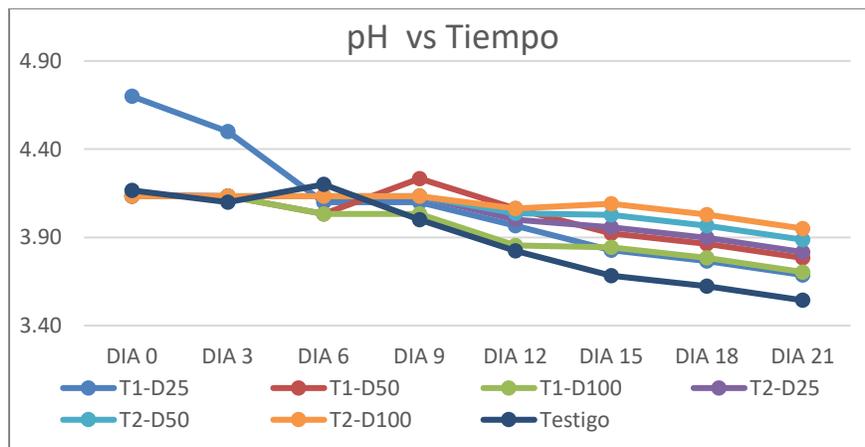
*Datos promedio del pH de las 3 repeticiones por tratamiento*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	4,70	4,14	4,13	4,13	4,13	4,13	4,17
Día 3	4,50	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13	4,10
Día 6	4,1	4,03	4,03	4,13	4,13	4,13	4,20
Día 9	4,1	4,23	4,03	4,13	4,13	4,13	4,00
Día 12	3,97	4,06	3,85	4,00	4,04	4,06	3,82
Día 15	3,83	3,92	3,84	3,96	4,03	4,09	3,68
Día 18	3,77	3,86	3,78	3,90	3,97	4,03	3,62
Día 21	3,69	3,78	3,70	3,82	3,89	3,95	3,54

*Nota.* La tabla representa datos promedio del pH. Autoría propia.

**Figura 15**

*Representación gráfica del promedio del cambio de pH vs tiempo (días)*



*Nota.* La figura representa los datos promedio del pH vs tiempo (días).

Autoría propia.

**Tabla 15**

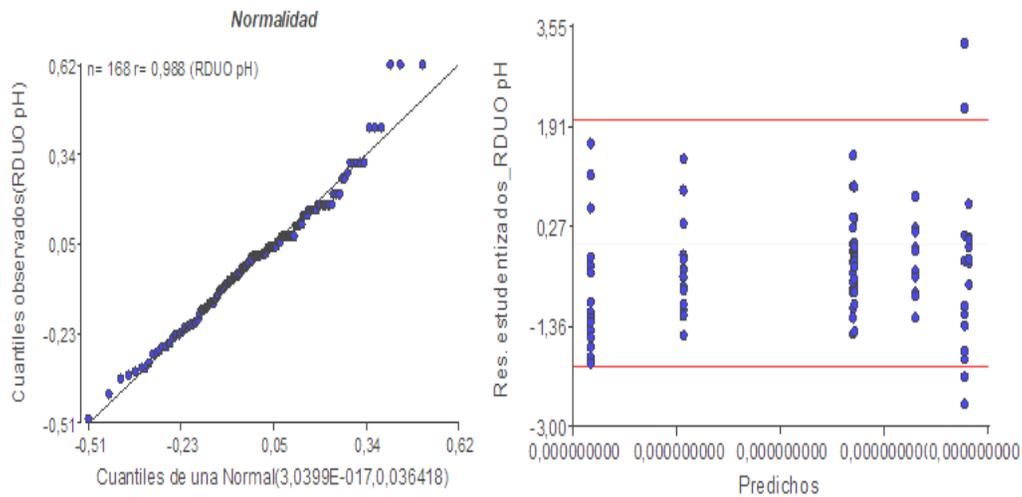
*Regresión lineal de los datos promedio de las 3 repeticiones*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	4,70	4,14	4,13	4,13	4,13	4,13	4,17
Día 3	4,50	4,13	4,13	4,13	4,13	4,13	4,10
Día 6	4,1	4,03	4,03	4,13	4,13	4,13	4,20
Día 9	4,1	4,23	4,03	4,13	4,13	4,13	4,00
Día 12	3,97	4,06	3,85	4,00	4,04	4,06	3,82
Día 15	3,83	3,92	3,84	3,96	4,03	4,09	3,68
Día 18	3,77	3,86	3,78	3,90	3,97	4,03	3,62
Día 21	3,69	3,78	3,70	3,82	3,89	3,95	3,54
ECUACIÓN LINEAL	$y = -0,1394x + 4,7083$	$y = -0,0517x + 4,2545$	$y = -0,0656x + 4,2348$	$y = -0,0238x + 4,1905$	$y = -0,0354x + 4,2157$	$y = -0,0238x + 4,1905$	$y = -0,1009x + 4,3464$

*Nota.* La tabla representa la ecuación de la regresión lineal y ajuste de los datos promedio del pH. Autoría propia.

**Figura 16**

*Gráfica de los supuestos de la normalidad y homocedasticidad del pH*



*Nota.* Representación gráfica de los supuestos de la normalidad y homocedasticidad del pH. Autoría propia.

**Pruebas de hipótesis**

**Tabla 16**

*Cuadro de Análisis de la Varianza*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	
Tiempo	0,04	1	0,04	1	0,3188111	ns
Dosis	0,1	2	0,05	1,25	0,28927012	ns
Tiempo*dosis	0,18	2	0,09	2,25	0,0370366	ns
Test vs						
Resto	0,42	1	0,42	11,07	0,0011	
Error	6,08	161	0,04			
Total	6,84	167				

*Nota.* Tabla de comparación de medias del pH durante los 21 días a 16°C. Autoría propia.

**Tabla 17**

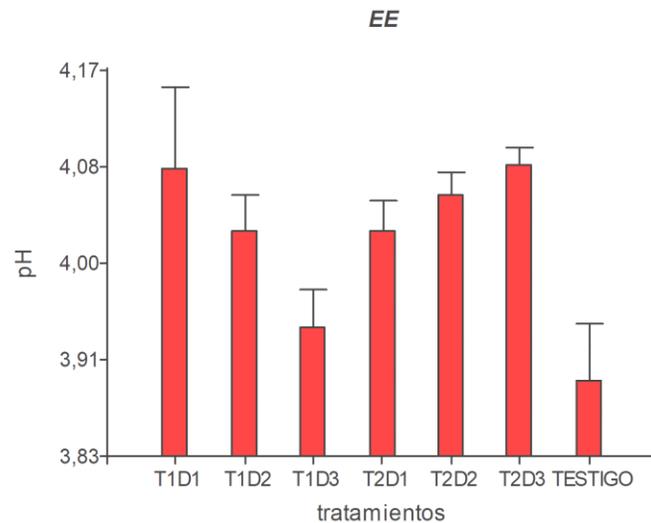
*Cuadro de comparación de medias del pH*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
TESTIGO	3,89	24	0,04	A
T1D3	3,94	24	0,04	A B
T1D2	4,03	24	0,04	B C
T2D1	4,03	24	0,04	B C
T2D2	4,06	24	0,04	C
T1D1	4,08	24	0,04	C
T2D3	4,08	24	0,04	C

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes según LSD Fisher ( $p > 0,05$ ). Autoría propia.

## Figura 17

Gráfica de los datos promedio y EE del pH



Nota. Gráfica de los datos promedio y EE del pH. Autoría propia.

Los tratamientos T1- D250 y Testigo presentaron un ligero incremento de pH entre el día 4 y 8 respectivamente esto se corrobora con Novoa *et al.*(2006), quien menciona que existen fluctuaciones de incremento de pH en su ensayo lo cual puede deberse a una acidificación de los azúcares por acción de algún microorganismo que afecta a dichos tratamientos. González *et al.*(2020) desarrollaron su ensayo a 20 grados centígrados de temperatura donde se observa que durante la primera y segunda semana del ensayo los frutos mantuvieron un pH de 4,22 a 4,44, respectivamente y a la (cuarta semana) el pH disminuyó considerablemente con relación a las mediciones anteriores, lo cual concuerda con investigaciones realizadas previamente por Bojacá *et al.*,(2006) que registraron un incremento en el valor del pH a partir del día 16 de almacenamiento y su posterior reducción. Estos datos últimos difieren en pocos días con nuestro ensayo esto podría deberse a la temperatura de 12 °C con la que trabaja el investigador, difiriendo del presente estudio donde se mantuvo una

temperatura constante 16 °C, siendo el descenso del pH en nuestro ensayo a partir de la segunda semana debido a la acción más temprana debido a la temperatura más alta.

### Pérdida de peso

**Tabla 18**

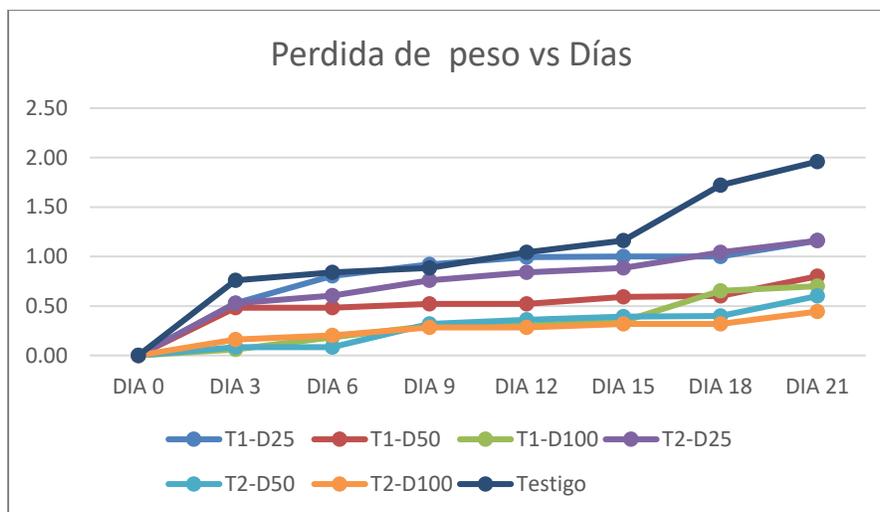
*Datos promedio de la pérdida de peso en porcentaje*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Día 3	0,53	0,48	0,06	0,53	0,08	0,16	0,76
Día 6	0,80	0,48	0,18	0,60	0,08	0,20	0,84
Día 9	0,92	0,52	0,30	0,76	0,32	0,28	0,88
Día 12	0,99	0,52	0,30	0,84	0,36	0,28	1,04
Día 15	1,00	0,59	0,34	0,88	0,39	0,32	1,16
Día 18	1,00	0,60	0,65	1,04	0,40	0,32	1,72
Día 21	1,16	0,80	0,70	1,16	0,60	0,44	1,96

*Nota.* Datos promedio de la pérdida de peso promedio. Autoría propia

**Figura 18**

*Gráfica de la pérdida de peso*



*Nota.* La Gráfica representa el comportamiento de los datos de la pérdida de peso promedio. Autoría propia.

**Tabla 19**

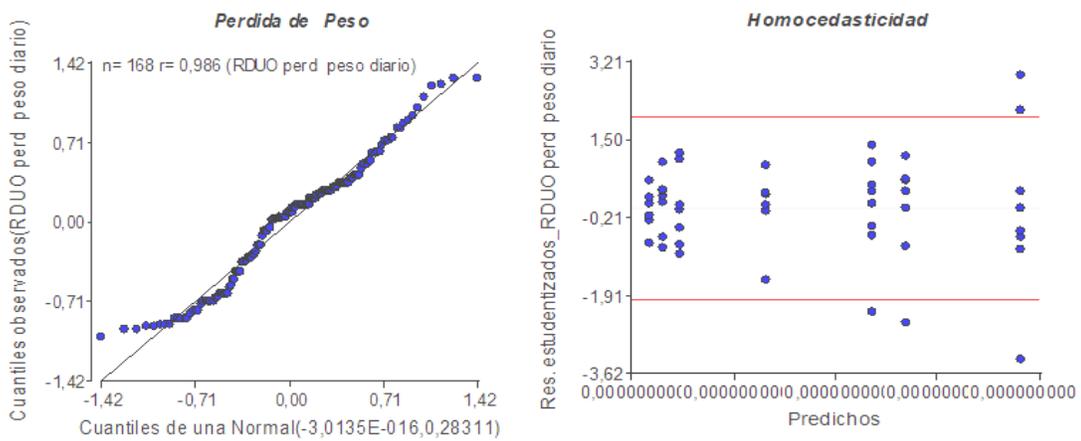
*Datos promedio, ecuación lineal y ajuste de los datos*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Día 0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Día 3	0,53	0,48	0,06	0,53	0,08	0,16	0,76
Día 6	0,80	0,48	0,18	0,60	0,08	0,20	0,84
Día 9	0,92	0,52	0,30	0,76	0,32	0,28	0,88
Día 12	0,99	0,52	0,30	0,84	0,36	0,28	1,04
Día 15	1,00	0,59	0,34	0,88	0,39	0,32	1,16
Día 18	1,00	0,60	0,65	1,04	0,40	0,32	1,72
Día 21	1,16	0,80	0,70	1,16	0,60	0,44	1,96
	$y = 0,1327x$	$y = 0,0775x +$	$y = 0,0994x -$	$y = 0,1384x$	$y = 0,0804x$	$y = 0,0506x$	$y = 0,2338x -$
Regresión	+ 0,2031	0,1511	0,1294	+ 0,1044	- 0,0818	+ 0,0238	0,0063

*Nota.* Datos promedio, ecuación lineal y ajuste de los datos promedio del peso perdido. Autoría propia.

**Figura 19**

*Normalidad y homocedasticidad del peso perdido*



*Nota.* Representación gráfica de los supuestos de la normalidad y homocedasticidad del peso perdido. Autoría propia.

**Tabla 20***Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Tiempo	0,2	1	0,2	1,82	0,17942
Dosis	1,21	2	0,6	5,45	0,00510
Tiempo*dosis	2,73	2	1,36	12,36	0,00001
Test vs Resto	6,61	1	6,61	60,09	0,00001
Error	16,94	161	0,11		
Total	30,35	167			

*Nota.* Se encontraron diferencias significas en la interacción de los factores y los testigos. Autoría propia.

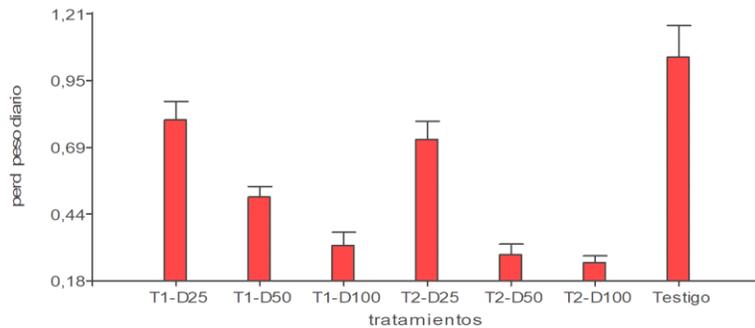
**Tabla 21***Cuadro de comparación de medias de Fisher*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
T2-D100	0,25	24	0,07	A
T2-D50	0,28	24	0,07	A
T1-D100	0,32	24	0,07	A B
T1-D50	0,50	24	0,07	B
T2-D25	0,73	24	0,07	C
T1-D25	0,80	24	0,07	C
Testigo	1,05	24	0,07	D

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes según LSD Fisher ( $p > 0,05$ ). Autoría propia.

## Figura 20

Gráfica de los datos promedio y EE del peso perdido



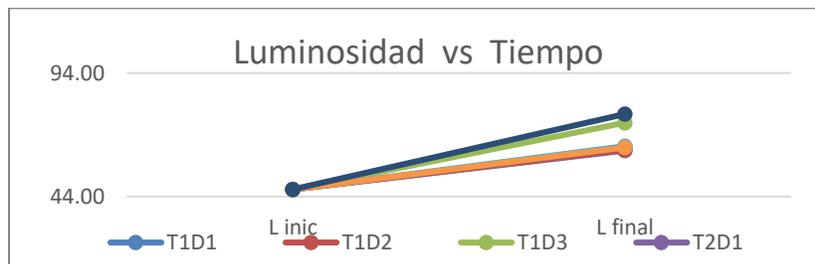
Nota. Gráfica de los datos promedio y EE del peso perdido. Autoría propia.

Beltrán *et al.*(2010), menciona que el agua es el componente más abundante de los frutos, encontrándose en niveles comprendidos entre 89 y 94 %. Los frutos son altamente sensibles a la deshidratación y aquellos que presentan una elevada velocidad de respiración, producen pérdidas de agua que implican arrugamiento, disminución de peso y descenso de la calidad sensorial, afectando la textura y jugosidad del fruto. Mendoza (2014), en su estudio con arándanos encontró disminución de la pérdida de peso con luz UV-C almacenadas a 1 °C durante 30 días de almacenamiento. Estos resultados difieren de los estudios realizados por Watkins (2006), quien menciona que no se observa un efecto significativo en la reducción de pérdida de peso al utilizar 1-MCP, debido a que el 1-MCP interactúa con los receptores del etileno y bloquea las respuestas dependientes de etileno que ocurren durante la maduración. Siendo así, la transpiración no es un proceso regulado por el etileno, sino que es un proceso de transferencia de vapor de agua desde el fruto hacia la atmósfera, por consiguiente, no favorece a tener rentabilidad en cuanto a la pérdida de peso. Se menciona que el uso de 1-MCP podría disminuir la humedad, aumentando potencialmente la pérdida de peso lo cual coincide con los resultados del presente estudio siendo muy poco representativos los datos promedios de la pérdida de peso. Por lo tanto, no se recomienda realizar una predicción de la vida útil de la uvilla con la pérdida de peso.

## Color

**Figura 21**

*Gráfica de la luminosidad*



*Nota.* Gráfica de la luminosidad de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Autoría propia.

**Tabla 22**

*Medias de la Luminosidad*

	Luminosidad inicial	Luminosidad final
T1D1	46,92	62,6
T1D2	46,92	62,9
T1D3	46,92	73,9
T2D1	46,92	63,9
T2D2	46,92	64,4
T2D3	46,92	63,9
TESTIGO	46,92	77,4

*Nota.* Luminosidad de cada tratamiento. Autoría propia.

**Tabla 23**

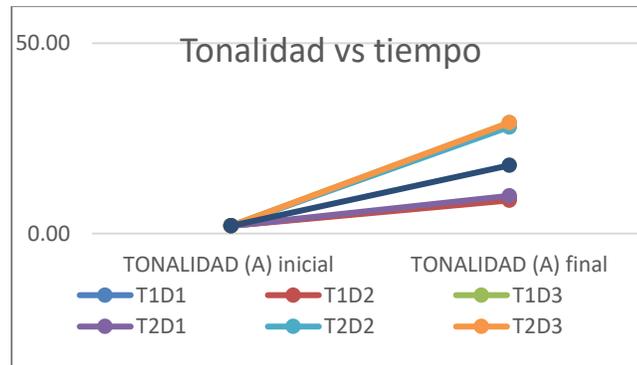
*Medias de la Tonalidad*

	TONALIDAD (A) inicial	TONALIDAD (A) final
T1D1	2,03	9,3
T1D2	2,03	8,7
T1D3	2,03	29,1
T2D1	2,03	9,9
T2D2	2,03	28
T2D3	2,03	29,1
TESTIGO	2,03	17,9

*Nota.* Tabla de la tonalidad de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Autoría propia.

## Figura 22

Gráfica de la tonalidad



Nota. Gráfica de la tonalidad de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Autoría propia.

## Tabla 24

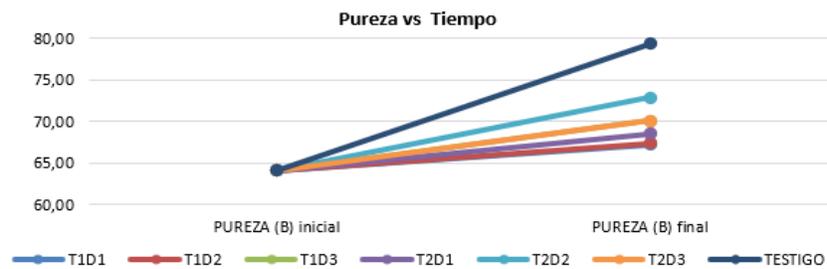
Tabla de datos de la Pureza

	PUREZA (B) inicial	PUREZA (B) final
T1D1	64,15	67,2
T1D2	64,15	67,4
T1D3	64,15	70,1
T2D1	64,15	68,5
T2D2	64,15	72,9
T2D3	64,15	70,1
TESTIGO	64,15	79,3

Nota. Tabla de la pureza de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Autoría propia.

## Figura 23

Gráfica de la pureza



Nota. Gráfica de la tonalidad de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Autoría propia.

**Tabla 25**

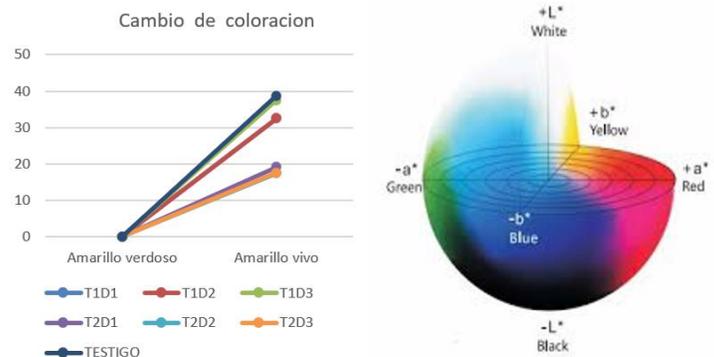
*Desplazamiento de color (Delta E)*

	Amarillo verdoso	Amarillo vivo
T1D1	0,4	32,50
T1D2	0,4	32,50
T1D3	0,4	37,55
T2D1	0,4	19,21
T2D2	0,4	17,55
T2D3	0,4	17,62
TESTIGO	0,4	38,68

*Nota.* Tabla del desplazamiento de color (Delta E) de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Autoría propia.

**Figura 24**

*Gráfica de la pureza*



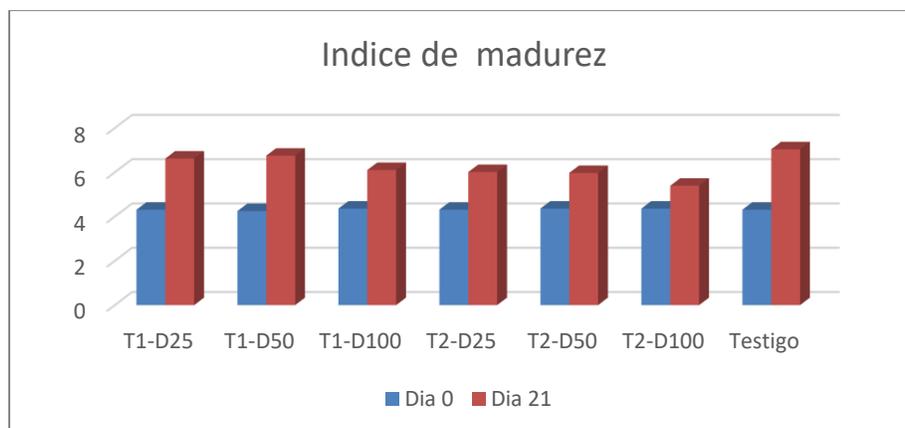
*Nota.* Gráfica del desplazamiento de color de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C y Espacio Cie Lab. Autoría propia.

### Índice de madurez

Según la Norma ICONTEC NTC 4580 el índice de madurez es la relación entre el valor mínimo de los sólidos solubles totales y el valor máximo de la acidez titulable, se expresa en °Brix / % ácido cítrico.

**Figura 25**

*Gráfica de la madurez día 0 y día 21*



*Nota.* Gráfica del índice de madurez de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Autoría propia.

**Tabla 26**

*Índice de madurez*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
<b>Día 0</b>	4,31	4,02	4,36	4,31	4,36	4,36	4,31
<b>Día 3</b>	4,55	4,56	4,66	4,66	4,54	4,64	4,64
<b>Día 6</b>	4,74	4,75	4,81	4,60	4,64	4,65	4,83
<b>Día 9</b>	4,99	5,00	4,86	4,61	4,66	4,66	5,09
<b>Día 12</b>	5,78	5,66	5,16	4,77	4,82	4,82	5,95
<b>Día 15</b>	6,01	6,13	5,53	4,93	5,04	5,01	6,44
<b>Día 18</b>	6,33	6,46	5,83	5,77	5,29	5,09	6,73
<b>Día 21</b>	6,62	6,75	6,10	6,01	5,97	5,39	7,04

*Nota.* Índices de madurez de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Autoría propia.

## Evaluación sensorial

Descripción de las características organolépticas y su correspondiente evaluación sensorial.

**Tabla 27**

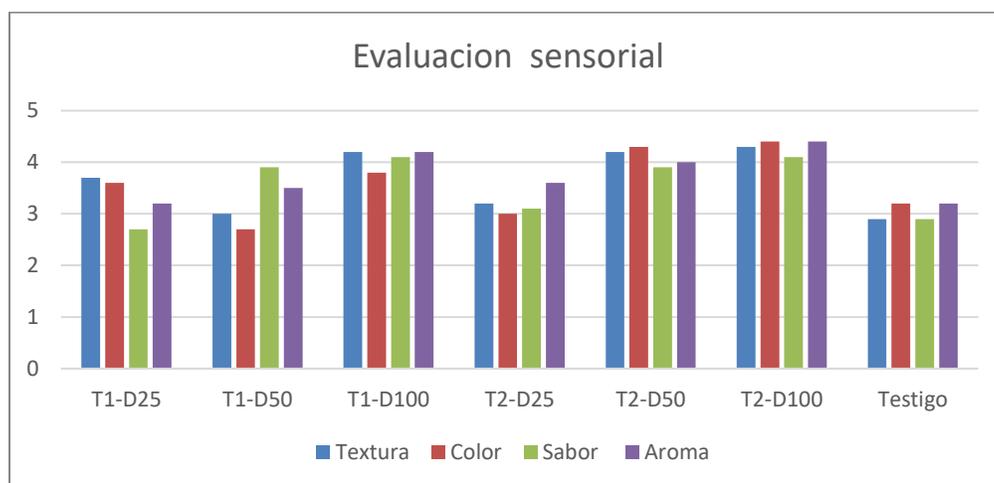
*Promedios del análisis sensorial*

	T1-D25	T1-D50	T1-D100	T2-D25	T2-D50	T2-D100	Testigo
Textura	3,7	3	4,2	3,2	4,2	4,3	2,9
Color	3,6	2,7	3,8	3	4,3	4,4	3,2
Sabor	2,7	3,9	4,1	3,1	3,9	4,1	2,9
Aroma	3,2	3,5	4,2	3,6	4	4,4	3,2

*Nota.* Promedios del análisis sensorial de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Dónde: 1= Me disgusta mucho; 2= Me disgusta moderadamente; 3= No me gusta ni me disgusta; 4= Me gusta moderadamente; 5= Me gusta mucho. Autoría propia.

**Figura 26**

*Gráfica de los promedios del análisis sensorial*



*Nota.* Gráfica de los promedios del análisis sensorial de cada tratamiento en almacenamiento a 16 °C. Dónde: 1= Me disgusta mucho; 2= Me disgusta moderadamente; 3= No me gusta ni me disgusta; 4= Me gusta moderadamente; 5= Me gusta mucho. Autoría propia.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- La aplicación de 1-MCP tubo influyo considerablemente en el proceso de maduración de la uvilla tanto en comparación a los tratamientos testigo sin la aplicación de Ethyl fresh.
- La dosis de 100% y 50% de 1-MCP Ethyl fresh a 7 días de exposición en uvillas con grado de madurez 4 presento mayor tiempo de vida útil de la fruta a temperatura constante de 16 grados centígrados.
- La variable más representativa para estimar el tiempo de vida útil es el porcentaje de solidos solubles obteniendo resultados confiables, donde el tratamiento con 100mg a un tiempo de exposición de 7 días presento mejor conservación de las características físicas y químicas de la uvilla extendiendo el tiempo de vida útil hasta 23 días promedio.
- Las variables de cambio de color, dureza, pH, pérdida de peso y °Brix presentaron diferencias altamente significativas frente al testigo, siendo en resumen los tratamientos con dosis de 50mg y 100mg y tiempo de exposición de 7 días los que permitieron un mayor tiempo de conservación de la fruta, inhibiendo la maduración de la uvilla de manera eficiente.
- Se realizó la evaluación del perfil sensorial y aceptabilidad de la fruta a los 9 días de almacenamiento de la fruta presentando una aceptabilidad y valoración media de 4,3 en T2D100 y 4,1 en T2D50 en un rango de 1 a 5 donde la puntuación 1 corresponde a una fruta totalmente arruinada y 5 corresponde a una fruta de características muy agradables en cuanto al sabor, color, textura y aroma.

## Recomendaciones

- Se recomienda hacer realizar otro experimento con una estandarización ajustada del tiempo de exposición ajustada a los 7 días enfocándose en evaluar como variable principal el aumento de los porcentajes de azúcar (grados Brix) en la fruta por acción del etileno propio de las frutas climatéricas ya que es el principal indicador de la maduración en uvilla considerando el tamaño del fruto donde la pérdida de peso y la dureza no pueden ser tomados como variables por poseer valores muy cercanos a cero.
- Se recomienda emplear de 50 mg hasta 100 mg de 1-MCP (Ethyl fresh) por cada 250 g de uvilla a temperatura ambiente, considerando que la uvilla tiene una alta tasa de respiración por ende la producción de etileno es alta, una buena alternativa es dejar actuar al producto por más tiempo considerando es muy volátil y no afecta a las características organolépticas de la fruta de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Se recomienda hacer énfasis en la desinfección del producto al ser altamente susceptible a hongos por lo que se debe considerar este tema como punto de partida fundamental y decisivo en el éxito o fracaso del experimento.
- Se recomienda utilizar luz UV para la desinfección de la fruta como complemento a la desinfección con hipoclorito de sodio de 50 ppm utilizada en esta investigación y si cabe la posibilidad es muy recomendable realizar un experimento donde se proceda a evaluar el efecto de extractos vegetales anti fúngicos para evitar el daño por hongos en la uvilla.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Carpio, C., Juárez López, P., Campos Aguilar, I. H., Alia Tejacal, I., Sandoval Villa, M., y López Martínez, V. (2018). Analysis of growth and yield of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) grown hydroponically under greenhouse conditions. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 24(3), 191–202. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2017.07.024>
- Altamirano Caicedo, M. (2010). *Estudio de la cadena productiva de uvilla (Physalis peruviana L.) en la Sierra Norte del Ecuador* [Proyecto de grado, Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/950/1/95220.pdf>
- Andrimba Alba, L. (2022). *Evaluación el comportamiento de las características fisicoquímicas y funcionales de la uvilla physalis peruviana L. En Almíbar Enlatada* [Tesis, Universidad Técnica del Norte].  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12300/2/03%20eia%20546%20trabajo%20grado.pdf>
- Balaguera López, H. (2015). *Comportamiento poscosecha del fruto de uchuva (Physalis peruviana L.): efecto del 1-metilciclopropeno y de la refrigeración* [Tesis, Universidad Nacional de Colombia].  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/53902/7187576.2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Balogh, A., Koncz, T., Tisza, V., Kiss, E., y Heszky, L. (2005). The effect of 1-MCP on the expression of several ripening-related genes in Strawberries. *Hortscience*, 40(7), 2088–2089. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.7.2088>
- Beltrán, A., Ramos, M., Álvarez, M., Huachi A, A., Chasquis, L., y Payamino, R. (2010). Estudio de la vida útil de fresas (*fragaria vesca*) mediante tratamiento con radiación ultravioleta de onda corta (UV-C). *Revista Tecnológica ESPOL-RTE*, 23, 17–24.  
<http://200.10.150.204/index.php/tecnologica/article/view/51/22>

- Blankenship, S. M., y Dole, J. M. (2003). 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1), 1–25. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00246-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00246-6)
- Bojacá, M., Galvis, J. A., y Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana* 24(1).  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S0120-99652006000100010ylnq=esynrm=isoytlnq=](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0120-99652006000100010ylnq=esynrm=isoytlnq=)
- Carrera, P., y Puruncajas, D. (2015). *Estudio de mercado potencial de exportación de uvillas (physalis peruviana) a Francia* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9598/1/QT07250.pdf>
- Castro, R., & Blair, G. (2010). Evaluación fisicoquímica de la efectividad de un recubrimiento comestible en la conservación de uchuva (*Physalis peruviana* L. var. Colombia). [Titulación]. <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/44/42>
- Cuaspud Cuailcal, C. (2016). *Efecto de la aplicación de 1-metoxiciclopropeno (1-MCP) Sobre la Calidad Postcosecha De La Uvilla (Physalis peruviana)*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial].  
[https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16613/1/66455\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16613/1/66455_1.pdf)
- Endara Bejarano, A. (2020). Diseño de un modelo de optimización de manejo poscosecha y logística de la uvilla *physalis peruviana* L. para los productores de la zona de Intag. [Tesis de grado UIC] <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10440>
- Fischer, G., Ebert, G., y Lüdders, P. (2000). Provitamin a carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) Ecotypes grown at two tropical altitudes. *Acta Horticulturae*, 531, 263–268.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.531.43>

- García, M., Peña, A., y Grandes, B. (2014). *Desarrollo tecnológico para el fortalecimiento del manejo poscosecha de la uchuva (Physalis peruviana L.)* [Tesis de maestría]  
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3275>
- González, M., Sánchez, T., y Paredes, A. (2020). Determinación de la capacidad conservante del aceite esencial de canela sobre uvilla (*Physalis peruviana*) como tratamiento postcosecha. *Ciencia y Progreso*, 5–7.  
<http://dx.doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i2.1.1235>
- Íñiguez Cárdenas, P. (2015). *Efecto del proceso de concentración de la pulpa de uvilla (physalis peruviana) con adición de pulpa de tomate de árbol amarillo (solanum betaceum) sobre el color y la capacidad antioxidante*. [Tesis de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. [https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14401/1/61123\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14401/1/61123_1.pdf)
- Lanchero, O., Velandia, G., Fischer, G., Varela, N. C., y García, H. (2007). Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(1), 61–68.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol8\\_num1\\_art:84](https://doi.org/10.21930/rcta.vol8_num1_art:84)
- Labuza, T. (1982). *Shelf - Life Dating of foods*, [Archivo PDF].  
[https://www.academia.edu/28787004/Understanding\\_and\\_measuring\\_the\\_shelf\\_life\\_of\\_food](https://www.academia.edu/28787004/Understanding_and_measuring_the_shelf_life_of_food)
- Li, C. Rong, Shen, W. Bing, Lu, W. Jin, Jiang, Y. Ming, Xie, J. hui, y Chen, J. ye. (2009). 1-MCP delayed softening and affected expression of XET and EXP genes in harvested cherimoya fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 52(3), 254–259.  
<https://doi.org/10.1016/J.postharvbio.2008.12.009>
- Márquez Villacorta, L., y Pretell Vásquez, C. (2013). Irradiación UV-C en frutas tropicales mínimamente procesadas UV-C Irradiation in tropical fruits minimally processed. *Scientia Agropecuaria*, 4, 147. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2013.03.01>

- Mendoza Alván, C. (2014). *Almacenamiento a 1 °c sobre las características fisicoquímico, recuento de mohos y levaduras y aceptabilidad general de arándanos (Vaccinium corymbosum)cv. Biloxi* [Tesis, Universidad Privada Antenor Orrego].  
[https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/818/1/Mendoza\\_Cynthia\\_Dosis\\_Irradiaci%C3%93n\\_C.Pdf](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/818/1/Mendoza_Cynthia_Dosis_Irradiaci%C3%93n_C.Pdf)
- Novoa, R. H., Bojacá, M., Galvis, J. A., & Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 24(1), 77-86.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316238010>
- Palacios Delgado, P. (2013). *Evaluación de la respuesta a la fertilización química y orgánica de la uvilla Physalis peruviana I. En la provincia de Imbabura cantón Antonio* [Proyecto, Escuela Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6798/1/CD-5159.pdf>
- Ponce, A. (2020). Desarrollo de un recubrimiento comestible con cera carnauba, cera de abeja y manteca de cacao en la uvilla (*Physalis peruviana*) [Tesis, Universidad Agraria del Ecuador]  
[https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Ponce%20gomez%20alison%20raquel\\_compressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Ponce%20gomez%20alison%20raquel_compressed.pdf)
- Rodríguez Rodríguez, D. A., Patiño Gutiérrez, M. D., Miranda Lasprilla, D., Fischer, G., y Galvis Vanegas, J. A. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* haw.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 58, 2837–2857.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914237004>
- Rosas Domínguez, C. (2011). *Contenido de compuestos bioactivos y su contribución a la capacidad antioxidante durante la maduración de piña cv. "Esmeralda"* [Tesis, Centro de

Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.].

[https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/179/1/Rosas%20Dominguez\\_2011\\_MC.pdf](https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/179/1/Rosas%20Dominguez_2011_MC.pdf)

Trincherro, G. D., Sozzi, G. O., Cerri, A. M., Vilella, F., y Frascina, A. A. (1999). Ripening-related changes in ethylene production, respiration rate and cell-wall enzyme activity in goldenberry (*Physalis peruviana* L.), a solanaceous species. *Postharvest Biology and Technology*, 16(2), 139–145. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00011-3)

Vinueza López, C. (2015). *Estudio del efecto de las condiciones de secado del capuchón en el comportamiento poscosecha de la uvilla (physalis peruviana l.) Durante el almacenamiento refrigerado* [Proyecto, Universidad Politécnica Nacional]. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11823/1/CD-6542.pdf>

Yépez Pesantez, M. (2018). *Evaluación del efecto de la temperatura e índice de madurez sobre la intensidad respiratoria de la uvilla Physalis peruviana l. Bajo condiciones de atmósferas modificadas pasivas* [Tesis, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8759>

Watkins, C. B. (2006). The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances*, 24(4), 389–409. <https://doi.org/10.1016/J.Biotechadv.2006.01.005>