



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador**

**Sede Ibarra**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

**INFORME FINAL DEL PROYECTO**

**TEMA:**

“Uso de dos retardadores de maduración (nanoemulsión de cera de carnaúba y triacilgliceroles) para mejorar la postcosecha del pimiento (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo condiciones de campo abierto”.

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

**SUBLINEA:** Seguridad y soberanía alimentaria

**AUTOR:** Jorge Jefferson Pasquel Sarzosa

**ASESOR:** Ing. Valdemar Andrade Ph. D.

Ibarra, 11 de Octubre de 2022

Ibarra, 11 de octubre de 2022

Ing. Valdemar Andrade, Ph.D.  
ASESOR

**CERTIFICA:**

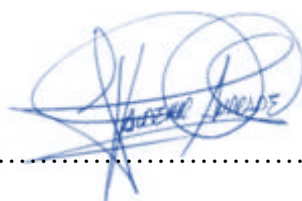
Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f).....  


Ing. Valdemar Andrade, Ph.D.  
C.C.: 1001927167

## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....

Ing. Valdemar Andrade Ph. D.

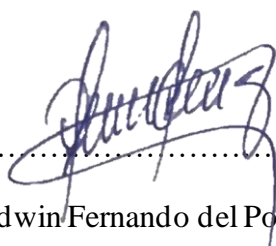
C.C.: 1001927167



(f).....

PhD Edmundo Rene Recalde Posso

C.C.: 1001774494



(f).....

MSc. Edwin Fernando del Pozo Villacis

C.C.: 1001756566

## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Jorge Jefferson Pasquel Sarzosa, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 11 de octubre del 2022

f):  .....

JORGE JEFFERSON PASQUEL SARZOSA

C.C.: 1003535877

## **AUTORÍA**

Yo, JORGE JEFFERSON PASQUEL SARZOSA, portador de la cédula de ciudadanía N°1003535877, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): .....

**JORGE JEFFERSON PASQUEL SARZOSA**

C.C.: 1003535877

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, JORGE JEFFERSON PASQUEL SARZOSA, con C.C. 1003535877, autor del trabajo de grado intitulado: “USO DE DOS RETARDADORES DE MADURACIÓN (TRIACILGLICEROLES Y CERA DE CARNAÚBA) PARA MEJORAR LA POSTCOSECHA DEL PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADO BAJO CONDICIONES DE CAMPO ABIERTO” previo a la obtención del título profesional de Ingeniero Agropecuario, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra. 11 de octubre del 2022

f): .....

JORGE JEFFERSON PASQUEL SARZOSA

C.C.: 1003535877

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,  
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: USO DE DOS RETARDADORES DE MADURACIÓN (TRIACILGLICEROL Y CERA DE CARNAÚBA) PARA MEJORAR LA POSTCOSECHA DEL PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADO BAJO CONDICIONES DE CAMPO ABIERTO, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 18/10/2022

Para constancia firma:

f):  .....

Jorge Jefferson Pasquel Sarzosa  
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación  
C.C/ Pasaporte: 1003535877  
Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, 11 de octubre del 2022

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios y a mi familia, A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por ser el motor inspirador que ha permitido cristalizar acertadamente una meta profesional, misma que es el aliciente para construir un porvenir lleno de logros que dignifiquen la intención de contribuir a la construcción de una sociedad más productiva.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis docentes de Escuela, quienes han sido la directriz profesional para encaminar el objetivo de alcanzar una meta profesional deseada, gracias por la grandeza de impartir y compartir sus conocimientos a lo largo de la preparación académica, de manera especial, a Valdemar Andrade, asesor del presente trabajo de investigación, quién ha guiado con paciencia y rectitud todo el proceso que ha demandado desarrollar el presente proyecto, por su valioso aporte que ha sido esencial para la investigación desarrollada.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I.....	17
INTRODUCCIÓN .....	17
CAPÍTULO II.....	20
OBJETIVOS .....	20
2.1. Objetivo general .....	20
2.2. Objetivos específicos.....	20
2.3. Hipótesis.....	20
CAPÍTULO III.....	21
ESTADO DEL ARTE.....	21
3.1. Fundamentos fisiológicos de la postcosecha .....	21
3.1.1. Respiración .....	22
3.1.2. Transpiración .....	23
3.1.3. Producción de Etileno.....	24
3.1.4. Toxicidad por Etileno .....	25
3.2. Métodos de manejo postcosecha .....	27
3.2.1. Madurez.....	27
3.2.1.1. Etapas de la madurez.....	28
3.2.1.2. Factores que determinan la madurez .....	31

3.2.1.3. Factores que afectan la madurez.....	32
3.2.1.4. Métodos para determinar la madurez .....	34
3.2.2. Retardar la madurez.....	36
3.2.2.1. Refrigeración .....	37
3.2.2.2. Atmósfera modificada .....	38
3.2.2.3. Retardadores de madurez .....	39
3.2.2.3.1. Triacilgliceroles .....	39
3.3. Parámetros de calidad postcosecha.....	41
3.3.1. Firmeza de la fruta.....	43
3.3.2. Color .....	44
3.3.3. Pérdida de peso (Deshidratación).....	45
3.3.4. Presencia de enfermedades.....	46
3.3.4.1. Enfermedades de postcosecha causadas por hongos .....	46
3.3.4.2. Enfermedades de postcosecha causadas por bacterias .....	47
CAPÍTULO IV.....	48
MATERIALES Y MÉTODOS .....	48
4.1. Materiales .....	48
4.1.1. Materiales de laboratorio .....	48
4.1.2. Materiales varios .....	48
4.1.3. Insumos.....	48
4.1.4. Materiales biológicos.....	48
4.1.5. Materiales de gabinete.....	49
4.2. Métodos.....	49
4.2.1. Localización del área de estudio.....	49
4.2.2. Diseño experimental .....	50
4.2.3. Procesamiento de datos.....	50
4.2.4. Unidad experimental.....	51
4.2.5. Variables en estudio.....	52
4.2.5.1. Variables Independientes (Factores de estudio).....	52
4.2.5.2. Variables dependientes.....	52

4.2.6. Manejo específico del experimento .....	55
4.2.6.1. Preparación de los retardantes de maduración .....	55
4.2.6.2. Lavado del producto.....	56
4.2.6.3. Aplicación de la emulsión en las unidades experimentales .....	56
4.2.6.4. Secado.....	57
4.2.6.5. Medición del peso.....	58
4.2.6.6. Medición de la firmeza .....	59
4.2.6.7. Registro del color .....	60
CAPÍTULO V.....	61
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	61
5.1. Determinación del tipo de cera más efectivo para retardar la maduración en pimiento .....	61
5.1.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza .....	61
5.2. Análisis estadístico de las variables .....	62
5.2.1. Variable Peso .....	62
5.2.2. Variable Firmeza .....	65
5.2.3. Variables Color .....	69
CAPÍTULO VI.....	73
CONCLUSIONES .....	73
CAPÍTULO VII .....	75
RECOMENDACIONES.....	75
CAPÍTULO VIII.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS .....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Etapas de maduración del pimiento</i> .....	30
Tabla 2 <i>Factores que determinan la madurez de los frutos.</i> .....	32
Tabla 3 <i>Índices de madurez para el pimiento.</i> .....	35
Tabla 4 <i>Principales factores involucrados en el deterioro postcosecha de vegetales frescos</i> .....	42
Tabla 5 <i>Ubicación del experimento</i> .....	49
Tabla 6 <i>Esquema del ANOVA</i> .....	51
Tabla 7 <i>Tratamientos evaluados</i> .....	51
Tabla 8.....	61
Tabla 9 <i>Análisis de varianza para las variables Peso a los 15 días y Pérdida de peso</i> .....	63
Tabla 10 <i>Comparación múltiple de Tukey para los promedios en la variable Peso</i> .....	64
Tabla 11 <i>Análisis de varianza para la variable Firmeza</i> .....	66
Tabla 12 <i>Comparación múltiple de Tukey para los promedios en la variable firmeza</i> .....	67
Tabla 13 <i>Análisis de varianza para la variable Color a los 0 y 15 días</i> .....	69
Tabla 14 <i>Comparación múltiple de Tukey para los promedios en la variable Color</i> .....	70
Tabla 15 <i>Resumen de resultados obtenidos</i> .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Principales pasos en la biosíntesis del etileno</i> .....	25
Figura 2 <i>Etapas entre la formación del fruto y la senescencia</i> .....	29
Figura 3 <i>Frutos de pimiento morrón cosechados en diferentes momentos durante la maduración del fruto</i> .....	30
Figura 4 <i>Principales factores involucrados en el deterioro de vegetales frescos.</i> .....	32
Figura 5 <i>Ubicación del lugar del experimento</i> .....	50
Figura 6 <i>Unidades experimentales en el laboratorio</i> .....	52
Figura 7 <i>Secuencia de preparación de las emulsiones</i> .....	56
Figura 8 <i>Secuencia de aplicación de las emulsiones</i> .....	57
Figura 9 <i>Proceso de secado de las unidades experimentales</i> .....	57
Figura 10 <i>Medición del peso</i> .....	58
Figura 11 <i>Medición de la firmeza</i> .....	59
Figura 12 <i>Registro del color</i> .....	60
Figura 13 <i>Comportamiento de la pérdida de peso y ecuaciones de regresión para la variable Peso</i> .....	62
Figura 14 <i>Rangos identificados en la comparación de promedios para la variable Peso</i> ..	65
Figura 15 <i>Comportamiento de la pérdida de firmeza y ecuaciones de regresión para dicha variable</i> .....	65
Figura 16 <i>Rangos identificados en la comparación para la variable Firmeza</i> .....	68
Figura 17 <i>Rangos identificados en la comparación para la variable Color</i> .....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Promedios de las unidades experimentales .....	84
Anexo 2: Ficha técnica de los productos usados .....	87

## RESUMEN

A nivel mundial, la producción agrícola destinada a la demandante alimentación humana sufre pérdidas tanto a nivel de campo, como en los procesos de almacenamiento, transporte y anaquel. En ese contexto urge la necesidad de implementar tecnologías que permitan minimizar las pérdidas tanto a nivel de campo como en procesos postcosecha. El proyecto de investigación desarrollado tiene como propósito evaluar dos retardantes de maduración en el manejo postcosecha del pimiento verde (*Capsicum annuum* L. cv Martha), como una estrategia de alargamiento del tiempo de vida en anaquel del producto. Para el efecto, se evaluaron dos productos comerciales: el uno formulado con triacilgliceroles y el otro en base a cera de carnaúba, frente a un testigo absoluto. Los tratamientos se aplicaron al pimiento por inmersión y se midieron las variables: Peso, Firmeza y Color en cuatro oportunidades: en los días 0, 5, 10 y 15. Dentro de los resultados obtenidos se puede mencionar que la variable peso, medida entre los 0 a los 15 días mostró una pérdida lineal tanto para los tratamientos T1 y T2 como en el testigo absoluto T3, con coeficientes de determinación que van entre  $R^2=0,996$  a  $R^2=1$ . El tratamiento T3 fue el que al final reportó la mayor pérdida de peso (24,89 g) frente a los tratamientos T1 (21,58 g) y T2 (22,92 g) presentando una diferencia estadísticamente significativa frente a los demás tratamientos. El cambio en la variable color también fue significativo en el día 15, cuando se verificó un índice de color de 14,44 y 14,40 de los tratamientos T1 y T2 cuyo ingrediente son los retardantes de madurez, que se mostraron superiores al testigo T3 que mostró un índice de color de 11,42 al final del ensayo. En este caso, la diferencia estadística fue altamente significativa. Vistos los resultados se concluyó que los tratamientos que menos pérdida de peso y de color presentaron fueron T1 y T2, con los retardantes de madurez utilizados. La variable firmeza no presentó diferencias significativas, pero su pérdida a través del tiempo también fue lineal con coeficientes de determinación que van entre  $R^2=0,987$  a  $R^2=0,997$ . Se añade además que no existió podredumbre de frutos durante el tiempo del ensayo.

**Palabras clave:** Postcosecha, Retardantes de maduración, Triacilgliceroles, Carnaúba, Pimiento.

## ABSTRACT

Worldwide, the agricultural production destined for human feeding suffers losses in the crop field, as well as in storage, transport and shelf-life processes. Therefore, there is an urgent need to implement technologies to minimize losses both at the field and in post-harvest processes. The purpose of the research project is to evaluate two ripening retardants in the postharvest handling of green bell pepper (*Capsicum annuum* L. cv Martha), as a strategy to lengthen the shelf-life of the product. For this purpose, two commercial products were evaluated: one formulated with triacylglycerols and the other based on carnauba wax, against an absolute control. The treatments were applied to the bell pepper by immersion and the variables: weight, firmness and color were measured on four times: on days 0, 5, 10 and 15. Among the results obtained, it can be mentioned that the weight variable, measured between 0 and 15 days, showed a linear loss for treatments T1 and T2 as well as in the absolute control T3, with coefficients of determination ranging from  $R^2=0.996$  to  $R^2=1$ . Treatment T3 was the one that at the end reported the greatest weight loss (24.89 g) compared to the T1 (21.58 g) and T2 (22.92 g) treatments, presenting a statistically significant difference compared to the other treatments. The change in the color was also significant on day 15, a color index of 14,44 and 14,40 was verified for treatments T1 and T2 with the two ripening retardants, which were superior to the control T3, which showed a color index of 11,42 at the end of the trial. In this case, the statistical difference was highly significant. In view of the results, it was concluded that the treatment with the least loss of weight and color was T1, triacylglycerols. The firmness variable did not show significant differences, but its loss over time was also linear with coefficients of determination ranging from  $R^2=0.987$  to  $R^2=0.997$ . It should also be added that there was no fruit rot during the trial.

**Keywords:** Postharvest, Ripening retardants, Triacylglycerols, Carnauba, Green bell pepper.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La pérdida y el desperdicio de alimentos son un problema global. Anualmente, se estima que aproximadamente un tercio de toda la producción se pierde, llegando aproximadamente a 1.300 millones de toneladas de alimentos en todo el mundo. Entre el 40 y el 50% de las pérdidas corresponden a frutas y verduras, el 54% de esta merma se produce principalmente en las etapas de producción, postcosecha, manipulación y almacenamiento, y el 46% restante se pierde durante en el procesamiento, distribución y consumo, con una pérdida total/año de EE. UU. \$ 750 mil millones (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2012).

Mosquera Caicedo y Rivera Ibarra (2017) en su trabajo Estado actual de los niveles de desperdicio de las cadenas de abastecimiento de alimentos, citan el concepto de la FAO en lo que respecta a la pérdida de alimentos como “la disminución de la masa de alimentos comestibles en la parte de cadena de suministro que conduce específicamente a los alimentos comestibles para el consumo humano”

Las pérdidas de los alimentos pueden ser categorizadas de dos maneras: cualitativas y cuantitativas. Las pérdidas cualitativas disminuyen los atributos de los alimentos como su valor nutricional o económico sin alterar su inocuidad, estas pérdidas se deben a decisiones y acciones de los proveedores de alimentos, un ejemplo de esto son alimentos que presentan disminución de textura, arrugamiento en la piel, etc. Las pérdidas cuantitativas corresponden a la eliminación en masa de los alimentos para el consumo humano debido a decisiones y acciones de la cadena productiva, entre los factores tomados en cuenta para eliminar alimentos está la disminución de peso asociada a la eliminación de agua debido a la transpiración (FAO, 2022).

No existen datos aproximados de la pérdida y desperdicio de alimentos, pero se estima, que América Latina y el Caribe desperdicia el 34% de los alimentos producidos para consumo humano, lo que supone 127 millones de toneladas anuales de alimentos perdidos y desperdiciados y un desaprovechamiento diario de 348.000 toneladas de productos comestibles (Ruiz et al., 2019).

Según la FAO, (2016), se pierde el 55% de frutas y hortalizas, 40% de raíces y tubérculos, 33% de pescado y mariscos, 25% de los cereales, 20% de las carnes, 20% de productos lácteos y 20% de oleaginosas y legumbres; además las pérdidas de alimentos se concentran principalmente en la fase de producción. La mayoría de las pérdidas tienen lugar en la producción de alimentos dentro de la granja en lo que corresponde a pre y postcosecha (28%), el 22% corresponde al manejo y almacenamiento en el transporte y acopio post granja, el 6% de pérdidas se produce en el procesamiento e industrialización; el desperdicio se da lugar durante la fase de distribución y mercadeo (17%), la mayoría de desperdicios está ligado a la fase de consumo tanto en los hogares como en los negocios (28%).

La mayor parte de las pérdidas y desperdicios de alimentos en los países de ingresos altos se producen durante las fases de distribución y consumo, mientras que en los países de ingresos bajos o en desarrollo como Ecuador la mayoría de las pérdidas se concentran en las fases de producción y postcosecha. En países en vía de desarrollo como el nuestro las pérdidas se deben principalmente a las pésimas condiciones de postcosecha como malas condiciones de almacenamiento, condiciones inadecuadas para el transporte del alimento a los mercados o lugares donde serán procesados, tiempos demasiado largos entre la cosecha y la venta o distribución de alimentos, las condiciones de venta al por mayor y menor no son las adecuadas, además uno de los factores que más inciden en la pérdida de vegetales es el pésimo estado de los mercados ya que estos están saturados, algunos son insalubres y la gran mayoría no poseen equipos de refrigeración (The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition [HLPE], 2014).

Entre las medidas a tomarse para disminuir las pérdidas y desperdicios de alimentos incluyen: I+D (Investigación y desarrollo) para innovar métodos para reducción de pérdidas, cadenas de frío, el acondicionamiento de alimentos entre otras. La pérdida y desperdicio de alimentos en Ecuador va en incremento debido al cambio en la forma de alimentación, la mala manipulación en la cosecha y postcosecha, a la falta de procedimientos para minimizar la pérdida de frutas y vegetales senescentes sin utilización de infraestructura y procedimientos complejos (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2018).

El cultivo de pimiento es uno de los más importantes dentro del grupo de hortalizas en la provincia de Imbabura. Según información proporcionada por el MAG se establece que se localizan 135 hectáreas de cultivo de pimiento de la variedad Neymar, Martha y Nathalie a nivel provincial, distribuidas en los cantones de Pimampiro, Urcuqui, Ibarra, Antonio Ante y Cotacachi, pero debido a la poca tecnificación y bajo manejo en la postcosecha su desperdicio también es alto por lo que es importante la búsqueda continua de métodos para una mejor conservación (MAG, 2018). Uno de ellos es el uso de cera de recubrimiento limitando la respiración de la fruta, además le dará al pimiento una apariencia brillante y mantendrá sus características de dureza y sabor en el tiempo, dándole una mayor vida de anaquel (Ruelas-Chacón et al., 2013).

Los recubrimientos comestibles se definen como productos comestibles que envuelven el producto, creando una barrera semipermeable a gases ( $O_2$  y  $CO_2$ ) y vapor de agua. Estos recubrimientos también mejoran las propiedades mecánicas ayudando a mantener la integridad estructural del producto que recubren, a retener compuestos volátiles y también pueden llevar aditivos alimentarios (agentes antimicrobianos, antioxidantes, etc.). Cuando los frutos son cubiertos por películas comestibles, se crea una atmósfera modificada en el interior del fruto que reduce la velocidad de respiración y por tanto retrasa el proceso de senescencia del producto (Perez-Gago et al., 2008).

La importancia del presente trabajo se debe a que podría ayudar en un mejor manejo postcosecha del pimiento, disminuyendo sus pérdidas, mejorando el ingreso de los productores debido a que su producto tendrá una mejor presentación y una mayor resistencia en el tiempo aumentando el tiempo de anaquel.

## CAPÍTULO II

### OBJETIVOS

#### 2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos retardadores de madurez (Nanoemulsión de cera de carnaúba y Triacilgliceroles) mediante la aplicación de una formulación química para inhibir la síntesis de acción del etileno sobre el producto en postcosecha de pimiento (*Capsicum annuum* L.).

#### 2.2. Objetivos específicos

Para cumplir el objetivo planteado anteriormente se debieron cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar el efecto de los Triacilgliceroles y la Nanoemulsión de cera carnaúba como inhibidor de la acción del etileno en el comportamiento postcosecha del pimiento.
- Determinar la efectividad de Triacilgliceroles y la Nanoemulsión de cera de carnauba sobre la calidad final del pimiento (*Capsicum annuum* L.).

#### 2.3. Hipótesis

**H<sub>0</sub>:  $\mu_1 = \mu_2$**

El uso de retardadores de madurez no reduce los procesos de deterioro del pimiento almacenado al ambiente y no disminuye las pérdidas postcosecha.

**H<sub>a</sub>:  $\mu_1 \neq \mu_2$**

El uso de retardadores de madurez reduce los procesos de deterioro del pimiento almacenado al ambiente y disminuye las pérdidas postcosecha.

## CAPÍTULO III

### ESTADO DEL ARTE

#### 3.1. Fundamentos fisiológicos de la postcosecha

Los frutos son productos extremadamente sensibles especialmente en las fases de maduración y postcosecha, en estas etapas son más susceptibles debido a que puede incrementarse la pérdida de estos debido a su propia senescencia, a las enfermedades que puedan presentar (principalmente debido a la actividad microbiana), aunque muchas de su pérdida corresponde al incorrecto manejo en el almacenamiento teniendo como los problemas más recurrentes la falta de saneamiento y de refrigeración (Gago Mesejo, 2015).

Según lo descrito por Lelièvre et al., (1997, citado por Martínez-González, et al., 2017) los frutos son definidos fisiológicamente con base a la presencia o ausencia de un aumento en la respiración y en la síntesis de etileno al comienzo de la madurez de consumo; según lo descrito anteriormente por Blandón, (2012) que las clasifica como frutas climatéricas y no climatéricas.

Las frutas climatéricas aumentan intensamente su respiración y producción de etileno durante la maduración organoléptica, los cambios asociados con esta fase coinciden con el máximo tamaño que el fruto puede alcanzar, además los cambios en el color, sabor y textura son rápidos, intensos y variados, en la mayor parte de este tipo de frutos se recurre a la maduración artificial cuando se cosecha a gran escala para facilitar su transporte y comercialización (Froto Madariaga et al., 2015).

Para Solárte et al., (2010) las frutas no climatéricas durante su fase de maduración no presentan incrementos ni en la tasa respiratoria ni en la producción de etileno, al contrario al separarse de la planta muestran una disminución constante en la respiración por lo que esta etapa ocurre de manera más lenta que las frutas climatéricas, este mecanismo no está relacionado con el etileno y aún se desconoce la forma en que ocurre la maduración, al estar en contacto con el etileno la fruta se deteriora rápidamente, además de que este tipo de fruto

para ser consumido debe terminar su ciclo en la planta, es decir no es posible madurarlos artificialmente.

Para Álvarez de Morales Dávila, (2016), “la maduración de la mayoría de las especies del género *Capsicum* está caracterizada por un intenso metabolismo, emisión de compuestos volátiles, destrucción de las clorofilas y síntesis de nuevos pigmentos, formación de pectinas, síntesis de proteínas, alteración en el sabor, etc.”, los cambios bioquímicos que ocurren en este tipo de frutos están principalmente ubicados a nivel celular, un ejemplo de ellos es la transformación de cloroplastos a cromoplastos, es decir la clorofila se transforma en carotenoides principalmente.

### **3.1.1. Respiración**

Para Ruelas, (2016) la respiración es el proceso por el cual los carbohidratos, proteínas y grasas almacenados son desdoblados en agua, dióxido de carbono y otros productos simples con liberación de energía; lo que conlleva la pérdida de reservas alimenticias y el aceleramiento de la senescencia; debido a que las reservas que proporcionan la energía para mantener el estatus viviente del producto se agotan. Así mismo, el valor alimenticio para el consumidor se reduce; a su vez la calidad y el sabor se pierden, así como también se reduce el peso. En este sentido Kader, (2007) afirma que la velocidad de deterioro de las frutas, hortalizas y flores cortadas generalmente es proporcional a su velocidad de respiración.

Niampira y Cuellar, (2017) mencionan que en la postcosecha es necesario considerar la respiración del producto, ya que esta consiste en una serie de reacciones catalizadas por enzimas, cuya velocidad se incrementa al aumentar la temperatura, por lo que, una vez que el fruto comienza a calentarse, se estimula aún más la respiración y el calentamiento, lo que provoca un difícil control de la temperatura del producto. Los autores señalan que es deseable una baja velocidad de respiración, debido a que, indica un bajo empleo de azúcares y de otros materiales de reserva, lo que a su vez alarga la vida útil.

Chávez (2016) asegura que la respiración genera calor que produce cambios en el producto e incrementa la velocidad de deterioro; por lo que la tasa de respiración en postcosecha se puede utilizar como mecanismo para determinar:

- El potencial de deterioro de un producto
- El periodo de vida
- El manejo postcosecha.

De acuerdo con lo señalado por Gonzáles et al., (2013), la respiración y el metabolismo en los frutos prosiguen activas aún después de la cosecha, sin embargo, la fotosíntesis se reduce y prácticamente se detiene, en el caso de la producción de energía, ésta proviene de la oxidación de las reservas de almidón, azúcar y otros metabolitos. Cabe mencionar que, una vez cosechado el fruto, no puede reemplazar estas reservas lo que provoca por su pérdida continua y acelerada, la disminución de la vida en postcosecha por lo que la caracterización de la respiración es fundamental para el diseño de los sistemas de almacenamiento que extiendan la vida útil del producto (Angueira et al., 2003).

### **3.1.2. Transpiración**

Las frutas y hortalizas están conformadas por células vegetales, por lo que son consideradas organismos vivos, cuando son cosechadas continúan con sus procesos fisiológicos como la respiración y transpiración (Muñoz Monsalve, 2019).

Ruelas-Chacón et al., (2013) aseguran que la temperatura y la humedad relativa (RH) afectan directamente la respiración postcosecha y la transpiración de frutas y hortalizas, además de otros factores como el movimiento del aire, la altitud y la presencia de barreras físicas como películas, ceras, etc. Uno de los factores más importantes es la temperatura ya que si está elevada acelera la respiración por ende la producción de etileno lo que provoca altos niveles de dióxido de carbono, que desencadena en cambios organolépticos, físicos y nutricionales en los frutos.

Para Niampira y Cuellar (2017) la transpiración en los frutos durante la postcosecha, es consecuencia del déficit de presión de vapor originado por una diferencia entre la presión del producto y la del aire que lo rodea; cabe mencionar que la pérdida natural de agua solo se produce a través de unos poros minúsculos, que se pueden abrir y cerrar en función de los cambios de las condiciones atmosféricas a fin de controlar la pérdida de agua; sin embargo

al ser cosechados ya no pueden reponer el agua y tienen que recurrir al que se encuentra en los tejidos.

Márquez (2009) citado por Froto Madriaga, et al. (2015), menciona que, “La pérdida de peso está relacionada con la tasa de transpiración, que hace referencia a la difusión del agua y otras sustancias volátiles de las frutas, producto de la naturaleza de su metabolismo (respiración, transpiración). Los gases se difunden en el aire que rodea el vegetal, debido al movimiento de moléculas de zonas de mayor concentración a zonas de menor concentración, hasta que se alcanza la condición de equilibrio”. En las frutas y hortalizas el agua se pierde a través de la epidermis en forma de vapor de agua y otras sustancias volátiles, esta disminución de agua de los productos frescos después de la cosecha provoca merma de peso; el producto recolectado puede perder del 5 al 10% de su peso original (Niampira y Cuellar, 2017).

### **3.1.3. Producción de Etileno**

De acuerdo con Chávez (2016) el etileno es uno de los compuestos orgánicos más simples, es un hidrocarburo insaturado gaseoso, invisible al ojo humano, se considera como una hormona vegetal que interviene los procesos fisiológicos de las plantas, es producido por los tejidos, así como también por ciertos microorganismos; cabe mencionar que en la actualidad se lo aplica externamente como gas etileno. Taiz y Zaiger (2010) mencionan que es un compuesto hormonal gaseoso sintetizado en la mayoría de los tejidos de las plantas superiores, se le atribuye el rol principal en los procesos de maduración y senescencia de los frutos climatéricos.

Esta hormona regula la maduración y senescencia de los productos hortofrutícolas a nivel molecular, bioquímico y fisiológico; es preciso indicar que, una forma de bloquear la acción del etileno y mantener la calidad general en postcosecha de muchos productos vegetales, es mediante el uso de compuestos que actúan en sus sitios receptores, como es el caso del 1-metilciclopropeno (Watkins, 2008).

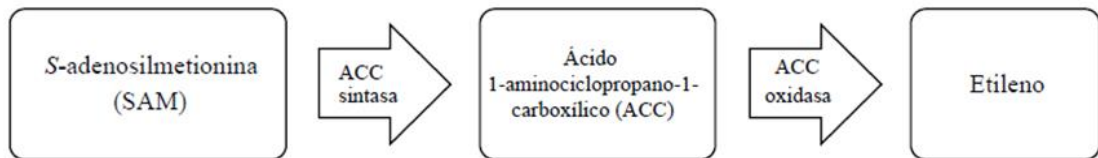
Según lo descrito por Bradford (2008), (citado en Ruelas, 2016) la biosíntesis del etileno se produce según el siguiente proceso:

Inicia con la conversión de metionina a S-adenosil metionina (SAM) por adición de adenina; SAM se convierte luego en ácido 1- aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y 5'-metiltioadenosina (MTA), reacción catalizada por la ACC sintasa (ACS) (EC 4.4.1.14). Finalmente, el ACC es oxidado por la enzima ACC oxidasa (ACO)(EC 1.14.17) para formar etileno (Bradford, 2008, citado en Ruelas, 2016).

Este proceso para la biosíntesis se puede resumir como se muestra en la figura 1 tal como proponen Martínez-González, et al., (2017).

### Figura 1

*Principales pasos en la biosíntesis del etileno*



*Nota.* Tomado de “Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos”, por Martínez - González et al., 2017, *Simiente*, 73(1-2).

Es preciso mencionar que, según Villegas, (2018) el etileno está biológicamente activo a muy bajas concentraciones (0,01 a 1,0 ppm), la sensibilidad de los productos a esta hormona depende de la especie y variedad de los frutos.

#### 3.1.4. Toxicidad por Etileno

El etileno es una hormona vegetal considerada la hormona natural del envejecimiento y maduración, es uno de los compuestos orgánicos más sencillos que pueda tener una gran consecuencia sobre los procesos fisiológicos de las plantas (Borbor Suárez, 2021), este es un producto natural del metabolismo producido por todos los tejidos vegetales y algunos microorganismos; en pequeñas cantidades (0.1ppm) es deseable para que la fruta climatérica madure uniformemente.

Según Peña (2004) se puede considera al etileno como sustancia que, por una parte, estimula que los frutos adquieran características organolépticas óptimas, pero al mismo tiempo es la responsable de la muerte de los tejidos.

El etileno también es capaz de producir efectos adversos en las plantas y sus frutos, entre estos tenemos:

**Senescencia acelerada:** En los tejidos verdes el etileno estimula la senescencia que se puede comprobar por la pérdida de clorofila, proteína y la susceptibilidad a la desecación y pudrición. Un exceso de etileno puede producir amarillamiento tanto en hortalizas de hoja como la espinaca, como de algunas hierbas frescas como el perejil y de hortalizas verdes como el brócoli., además de la senescencia de algunas flores como los claveles y rosas entre otras (Reid, 2011).

**Inducción de fisiopatías foliares:** en algunas plantas la exposición al etileno provoca el oscurecimiento o muerte de algunas porciones de sus hojas, por ejemplo: en la lechuga en dónde el etileno causa una fisiopatía conocida como manchado pardo, debido a la producción de compuestos fenólicos que producen la síntesis de compuestos pardos ( Espinoza Montesinos et al., 2014).

**Formación de isocumarinas:** la exposición al etileno en tubérculos puede provocar la biosíntesis de isocumarinas lo que hace que las zanahorias sean más amargas (Verdugo-Fuentes et al., 2021), produce que las papas broten o germinen incrementando su pérdida de agua lo que provoca marchitez temprana (Reid, 2011).

**Abscisión de hojas, flores y frutos:** la presencia de etileno es un problema ya que puede provocar abscisión de hojas, flores y frutos, esto es perjudicial especialmente en las plantas ornamentales debido a que estas pierden completamente las hojas o las flores (Jordán y Casaretto, 2006).

**Inducción de fisiopatías:** el etileno puede provocar la aparición de fisiopatías en productos almacenados, por ejemplo: la maduración rápida de manzana con bajo contenido de calcio induce a una fisiopatía denominada picado amargo (Díaz et al., 2006).

El etileno es útil en la inducción de la floración de los bulbos y otros materiales de propagación, este puede dañarlos luego de que las flores han empezado a desarrollarse, la contaminación con etileno podría provocar una condición denominada *blasting* (Reid, 2009).

### **3.2. Métodos de manejo postcosecha**

Niampira y Cuellar (2017) afirman que, para el manejo de la postcosecha se requiere conocimiento de los procesos adecuados que se aplican a un producto cosechado, tiene un enfoque integral y multidisciplinario que incluye preparación, mantenimiento, transporte y distribución de los productos. Los procesos generales que se deben considerar son el preenfriamiento, selección, clasificación, almacenamiento, y finalmente su posterior distribución.

El pimiento posee una vida de postcosecha relativamente corta, debido principalmente a problemas relacionados con la manipulación, así como también la conservación del producto, lo que conlleva a la creación de importantes pérdidas tanto del producto como económicos (Cespedes, 2012).

Según Krarup et al., (2008) citado en Sarango (2021), las condiciones necesarias para extender el tiempo de almacenamiento del pimiento son:

- **Preenfriamiento:** Hidro-enfriamiento, aire forzado o vacío.
- **Humedad:** 90 – 95%
- **Temperatura relativa:** 7.5°C
- **Producción de etileno:** Baja
- **Sensibilidad del etileno:** Baja
- **Transpiración:** Media a alta
- **Duración:** Hasta 21 días

#### **3.2.1. Madurez**

La madurez es una fase del desarrollo de los frutos donde se alteran los procesos bioquímicos y fisiológicos, cuyo resultado influye en la apariencia, textura, sabor y aroma, rasgos que

determinan su calidad; de tal manera que los frutos sean atractivos, deseables y comestibles para las personas que los consumen. En este sentido se puede decir que “el proceso de maduración corresponde a aquellas modificaciones que permiten que el fruto se vuelva comestible y atractivo para el consumo” (Bouzayen et al., 2010).

Según lo expresado por Ruelas (2016) la maduración de frutos es un evento en el cual están involucradas diversas rutas metabólicas, de tal manera que se convierte un fruto inmaduro en uno maduro y comestible; estos procesos se consideran de naturaleza irreversible y pueden ser de tipo morfológico, fisiológico, bioquímico y genético.

Para Villegas (2018) la tasa de maduración del pimiento está relacionada con cambios en la producción de etileno en los frutos, de tal manera que entre más rápido es el cambio de color de verde a rojo poseen una mayor producción de etileno; es decir que maduran más rápidamente. López (2017) manifiesta que la maduración de los frutos de pimiento se caracteriza por un metabolismo muy intenso donde se evidencia los siguientes aspectos:

- Emisión de compuestos orgánicos volátiles con la respiración (etileno y aromas).
- Destrucción de clorofila que enmascara pigmentos subyacentes.
- Síntesis de nuevos pigmentos (carotenoides y antocianinas).
- Formación de pectina.
- Síntesis de proteínas.
- Alteración del sabor como consecuencia de cambios de acidez, pH y astringencia.

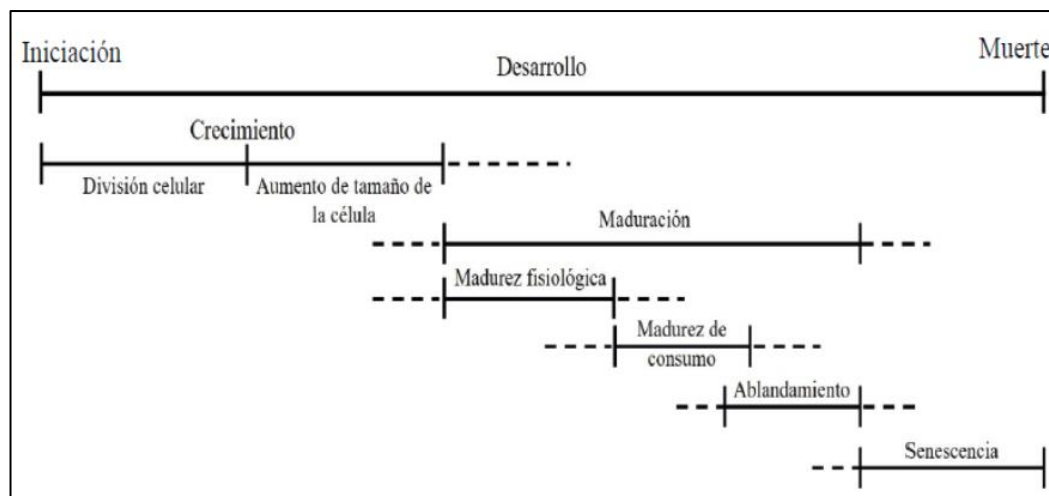
### **3.2.1.1. Etapas de la madurez**

Alba et al., (2005) señalan que el desarrollo de la fruta ocurre en cinco etapas: organogénesis, expansión, maduración, madurez y senescencia; es preciso recalcar que la maduración en frutos climatéricos está precedida por un incremento abrupto en la producción de etileno ( $C_2H_4$ ).

Por su parte Martínez-González, et al., (2017) describen el desarrollo de los frutos (figura 2), sin definir periodos de tiempo específicos, ya que estos varían según la especie y variedad de los frutos.

**Figura 2**

*Etapas entre la formación del fruto y la senescencia*



Nota. Tomado de “Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos”, por Martínez - González et al., 2017, Simiente, 73(1-2).

El proceso de la figura 2 se detalla a continuación:

- **Iniciación:** Poco tiempo después de la polinización y la fertilización el fruto comienza a desarrollarse a través de la división celular.
- **Crecimiento:** Se da por el incremento de las células y de que en éstas aparecen las vacuolas. Se aprecia el crecimiento y alargamiento del fruto.
- **Maduración:** El número de células se mantiene relativamente constante; sin embargo, se aprecia un incremento del tamaño de estas. En esta etapa se aprecian tres fases:
  - Madurez fisiológica: que ocurre antes del desarrollo completo del fruto.
  - Madurez de consumo: que se presenta después de la cosecha y es donde el fruto debe sobrevivir con sus propios sustratos acumulados.
  - Ablandamiento: que se da de manera irreversible por las actividades bioquímicas y fisiológicas, que generan cambios tanto en la firmeza como en la velocidad de respiración.
- **Senescencia:** Esta etapa es la que conlleva la muerte del fruto y es donde se evidencian los procesos de pudrición.

Rödiger, et al., (2020) registraron que el proceso de maduración del pimiento se desarrolla en cuatro etapas que se presentan en la tabla 1:

**Tabla 1**

*Etapas de maduración del pimiento*

<b>Etapas</b>	<b>Características</b>	<b>Periodo de tiempo entre etapas</b>	<b>Tiempo desde la floración</b>
Inicial	Color verde de tamaño completo	Aproximadamente dos semanas después de la floración	Dos semanas
Primera intermedia	El color cambia a verde oscuro, casi negro	Aproximadamente una semana	Tres semanas
Segunda intermedia	Colores mixtos de rojo y verde	Tres o cuatro semanas	Seis o siete semanas
Final	Se vuelven homogéneamente rojas y están completamente maduras	Una semana	Siete u ocho semanas

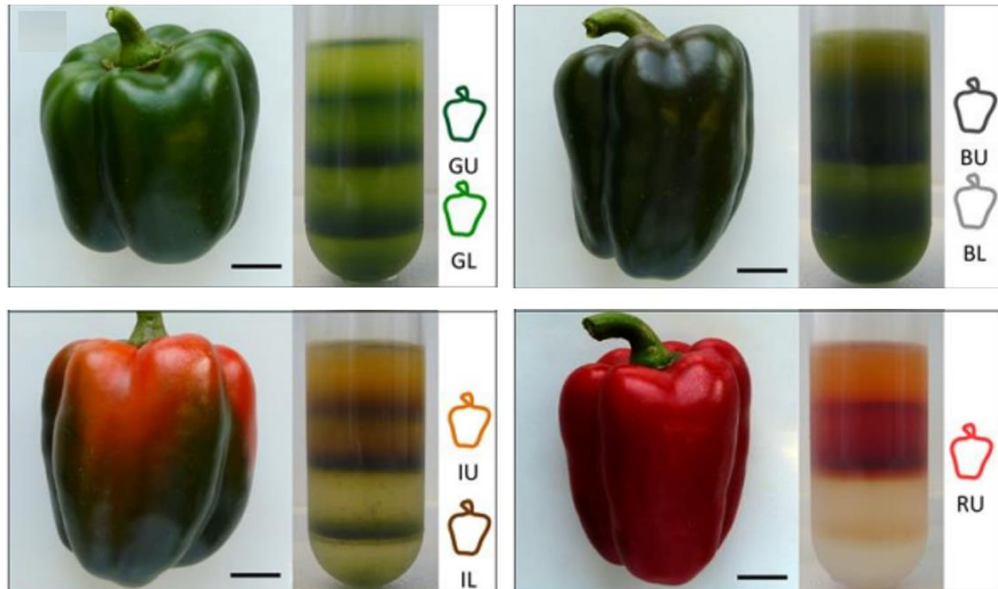
Nota. Adaptado de “Chromoplast differentiation in bell pepper (*Capsicum annuum*) fruits”, por Rödiger, et al., 2020, *The plant journal*, 105(5).

A su vez, el autor citado, mediante un análisis integral del proteoma (conjunto de proteínas de las células), mediante el proceso de diferenciación de cromoplastos en el pimiento y el posterior aislamiento de plástidos por centrifugación en gradiente de densidad de Percoll, determinó siete colores diferenciados, tal como se presenta en la figura 3 (Rödiger et al., 2020).

**Figura 3**

Frutos de pimiento morrón cosechados en diferentes momentos durante la maduración del

fruto se presentan junto con los correspondientes gradientes de Percoll obtenidos después centrifugación en gradiente de densidad de sus homogeneizados.



Nota. Tomado de “Chromoplast differentiation in bell peper (*Capsicum annuum*) fruits”, por Rödiger, et al., 2020, *The plant journal*, 105(5).

Las Abreviaturas correspondientes a la figura 3 son: G: verde, B: negro, I: intermedio, R: rojo, L: bajo, U: alto.

### 3.2.1.2. Factores que determinan la madurez

La madurez es considerada la primera etapa de la senescencia de los frutos, en esta ocurren cambios en el color debido a la degradación de la clorofila, la síntesis de los carotenoides, también hay cambios en la textura de los frutos debido principalmente a la hidrólisis de la pared celular; finalmente el sabor del fruto cambia debido a la liberación de compuestos volátiles, a la acumulación de azúcares, a la desaparición de ácidos orgánicos y compuestos fenólicos, finalmente el fruto empieza a dañarse debido a la acción de microorganismos, principalmente hongos (Ávalos-Andrade et al., 2006).

Pinzón, et al., (2007) citan a Gallo (1993), este autor asegura que existen tres conceptos de madurez que se manejan frecuentemente: madurez fisiológica (cuando la fruta ha llegado fisiológicamente a su máximo estado de crecimiento y desarrollo de sus partes,

especialmente la semilla que debe estar apta para su reproducción), madurez de cosecha (cuando el fruto se desprende de la planta), y finalmente la madurez de consumo que es aquella en donde el fruto ha desarrollado armónicamente todas sus características sensoriales propias, como por ejemplo el sabor, el color, el aroma, la textura y la consistencia.

Para Martínez-González, et al., (2017) los factores que determinan la madurez son los que se presentan en la tabla 2, para los casos de la madurez fisiológica y madurez de consumo.

**Tabla 2**

*Factores que determinan la madurez de los frutos.*

<b>Etapa</b>		<b>Factores</b>
Madurez fisiológica		Alcanza su mayor tamaño Mayor vigor de las semillas
Madurez de consumo	Modificación del color	Alteración en el contenido de clorofilas, carotenoides y la acumulación de los flavonoides
	Modificación de la textura	Alteración de la turgencia celular, de la estructura de la pared celular y del metabolismo
	Modificación de compuestos	Azúcares, ácidos orgánicos y compuestos volátiles que inciden en la calidad nutricional, sabor y aroma
	Aumento de la susceptibilidad	Al ataque de patógenos asociados a la pérdida de integridad de la pared celular

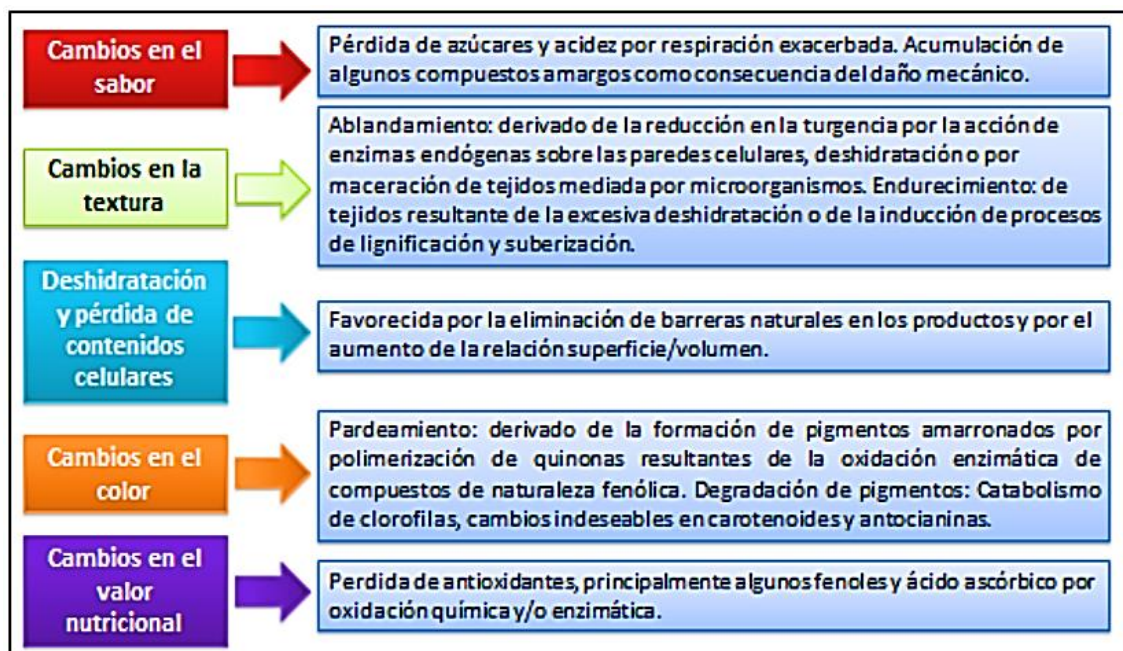
Nota. Adaptado de “Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos”, por Martínez - González et al., 2017, Simiente, 73(1-2).

### **3.2.1.3. Factores que afectan la madurez**

Según lo manifestado por Rodoni (2014) existen varios factores que están involucrados en el deterioro de los vegetales frescos, y que éstos influyen en la madurez y calidad de los productos, tal como se aprecia en la figura 4:

#### **Figura 4**

*Principales factores involucrados en el deterioro postcosecha de vegetales frescos.*



Nota: Tomado de Evaluación de metodologías no contaminantes para mantener la calidad y extender la vida poscosecha de pimientos (*Capsicum annum* L.) frescos cortados, por Rodoni, 2014.

Para Alvarado y Cabrera, (2010), los factores que afectan la madurez de los pimientos y lo deterioran son la humedad, temperatura, pH, el empaque, la manipulación del producto antes y después del empaque y los componentes presentes en el alimento tales como la vitamina C. Los factores mencionados anteriormente provocan en el pimiento:

- Cambios de textura, olor y color.
- Pérdida de pigmentos.
- Disminución de la acidez.
- Incremento de la carga microbiana.
- Proliferación de microorganismos.
- Presencia de moho.
- Marchitez bacteriana.

#### **3.2.1.4. Métodos para determinar la madurez**

La maduración y post-cosecha de frutos de pimiento son procesos que vienen asociados con cambios drásticos en el metabolismo, así como en sus características fenotípicas, siendo el cambio de color el más evidente, como resultado de la degradación de las clorofilas y la concomitante síntesis de nuevos pigmentos debido a la transformación de cloroplastos en cromoplastos, los frutos inmaduros cambian del color verde hacia rojo/amarillo/naranja o violeta al alcanzar la madurez fisiológica (Rodríguez Ruiz, 2017).

Para López (2017) la determinación precisa de la madurez del pimiento es difícil en la cosecha, el índice de madurez depende de varias características; en este sentido los criterios de madurez varían dependiendo de la forma en que va a ser consumido.

Si el fruto del pimiento va a ser consumido en fresco o va a ser utilizado en la industria va a variar el tiempo en que va a permanecer en la planta; si el pimiento va a ser consumido en fresco puede ser cosechado en dos fases, la primera en donde el fruto puede ser recolectado antes de su madurez fisiológica, este aún tiene coloración verde, para que esta sea aceptable es necesario que presente características como un buen tamaño, firmeza y color, en una segunda fase también pueden ser cosechados en su grado de madurez cuando ya presenta una coloración roja para ello se requiere un mínimo 50% de este color, finalmente los pimientos que vayan al consumidor deben estar completamente coloreados, brillantes, sin marcas o manchas (Álvarez y Pino, 2018). Para la industria de procesado la fruta debe alcanzar el máximo color es decir haber sufrido una serie de cambios fisicoquímicos como la transformación de almidón en glucosa, degradación de pectina y biosíntesis de pigmentos, encabezada por la transformación de cloroplastos a cromoplastos, es decir la clorofila se ha transformado completamente a carotenoides especialmente en pimientos amarillos y rojos (Pino et al., 2018).

Se han determinado varios métodos para determinar la madurez de un fruto, ya que si se los cosecha en un estado prematuro no tendrá el sabor apropiado y no hay garantías de que su maduración sea de forma correcta, mientras que un fruto cosechado demasiado tarde puede estar fibroso o sobre maduro (Kitinoja y Kadel, 2003). Por ellos se han establecido estándares subjetivos de madurez, para el pimiento, los mismos que se encuentran en la tabla 3:

**Tabla 3**

*Índices de madurez para el pimiento.*

<b>Índice</b>	<b>Ejemplo</b>
Tamaño	Ha alcanzado el tamaño adecuado
Color externo	El color verde intenso se torna a mate o a rojo
Contenido de sólidos solubles	8 brix

Nota: Adaptado de Técnicas de Manejo Poscosecha a pequeña escala: Manual para los productos Hortofrutícola, por Kitinoja y Kader, 2003.

Los métodos para determinar la madurez de un fruto de pimiento también incluyen medidas objetivas:

La utilización de medios ópticos para determinar el color del fruto, estos tienden a ser realizados en el laboratorio, mediante estos puede evaluarse la luminosidad, tonalidad y pureza de color de un objeto y como determinar diferencias de color entre un producto y un estándar. Conocida la tolerancia de color para ese producto, podremos conocer si el producto pasa o no un proceso de inspección, y por tanto si es un producto aceptado por el consumidor, uno de los métodos más utilizados actualmente es el de CIEL\*a\*b\*, es uno de los espacios de color más populares y uniformes usado para evaluar el color en el área de alimentos (Chiralt et al., 2007; citado por Talens Oliag, 2017).

Evaluar la firmeza de las frutas y hortalizas para determinar la madurez, es importante, y mucho más contar con métodos no destructivos, estos pueden estar basados en deformación forzada, fuerza – impacto, rebote – impacto, vibración de baja frecuencia, vibración sónica y respuesta acústica, estos equipos son llamados medidores de presión, presionómetros o penetrómetros (Thompson, 1998).

El CTIFL (Centro Interprofesional de Frutas y Hortalizas; Francia) ha desarrollado al “DUROFEL”, un instrumento adaptado a partir de un durómetro Shore A, para la

determinación de la madurez de frutas y hortalizas como tomates, duraznos y en otros frutos como damasco (Planton, 1994) (citado por Budde et al., 2003).

### **3.2.2. Retardar la madurez**

El crecimiento de las plantas está dirigido por reguladores de crecimiento que ocurren naturalmente y que actúan como hormonas. Es por lo que, para cambiar la fisiología de las plantas se aplican, en determinados cultivos, reguladores de crecimiento de origen sintético; que pueden actuar antagónicamente a las sustancias que ocurren naturalmente y pueden influir indirectamente en la susceptibilidad de los frutos a la pudrición postcosecha causada por patógenos. En este sentido, cualquier tratamiento que retrase la senescencia de las plantas, no solamente retrasa la maduración, sino también puede reducir la susceptibilidad al patógeno que favorece el envejecimiento del tejido debido a la infección (Kader, 2007).

Arora et al., 2008 citado por Balaguera-López, et al.,(2014) aseguran que el conocimiento de la forma de comportamiento del etileno ha permitido diseñar diversas tecnologías y procedimientos para disminuir los efectos perjudiciales sobre las frutas, López, (2017) expresa que la presencia de inhibidores respiratorios, el exceso de dióxido de carbono y la falta de oxígeno son factores que frenan el proceso de maduración; además, pueden modificar el sabor del fruto como consecuencia de procesos fermentativos y enzimáticos.

Algunas de las maneras para disminuir el efecto del etileno en las frutas son: la refrigeración, el uso de atmósferas modificadas y controladas, aplicación de calcio, tratamientos de inmersión en agua caliente (TIAC), tratamientos con aire caliente (38°C, con 60% de Humedad Relativa por 3 días), entre otros, se ha demostrado que los retardantes químicos de madurez tienen mayor eficiencia en el control de la madurez y senescencia de frutos, hortalizas y flores (Balaguera-López et al., 2014).

Por su parte Guillen (2009), menciona que el 1-MCP es capaz de disminuir o retrasar la producción de etileno y CO<sub>2</sub> en la mayoría de los frutos, así como de mantener mayores niveles de firmeza en el almacenamiento; en este sentido Watkins, (2008) (citado por Guillen, 2009) indica que es efectivo para retrasar e incluso detener los cambios de color en la mayoría de los frutos. Hernández (2007) indica que el tratamiento con 1MPC inhibe el

pico climatérico de la fruta y su respiración es menor debido a que bloquea los receptores de etileno; además, previene o retrasa la degradación de la clorofila y varios tipos de cambios de color; así también indica que ayuda a disminuir la incidencia de antracnosis del 50% al 35% en frutos de Arazá.

También se están utilizando recubrimientos naturales y ceras comestibles en diferentes frutas y hortalizas, con el fin de que esta sirva de barrera contra los gases y vapor de agua, se puede utilizar como medio de transporte para agentes antioxidantes y antimicrobianos, además algunas ceras proveen a la fruta mayor firmeza y menor índice de respiración (Barco et al., 2009).

### **3.2.2.1. Refrigeración**

Entre las ventajas de la refrigeración, Rodoni, (2014) indica que las más importantes son “el retraso de la maduración y senescencia, la disminución en la producción y sensibilidad al etileno, la disminución del desarrollo de microorganismos y el posible control de la deshidratación.”; es preciso mencionar que, la temperatura óptima de almacenamiento difiere de cada producto.

En el caso del pimiento González-Aguilar et al., (2003), mencionan que uno de los métodos más empleados para conservar la calidad y controlar los daños generado por el ataque de patógenos en la postcosecha, es el almacenamiento de los frutos a bajas temperaturas; sin embargo, se ha evidenciado que este fruto es muy susceptible a las temperaturas por debajo a los 8°C en periodos de largo almacenamiento, que provocan el desarrollo de síntomas de daño por frío.

Según el Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial, México calidad suprema en pimiento morrón, documento elaborado por la (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación [SAGARPA], 2012) la temperatura para el almacenamiento, en un periodo de 3 a 5 semanas puede mantenerse entre 7-8°C; sin embargo, si el periodo de refrigeración no excede las dos semanas, se puede disminuir a 5°C; cabe mencionar que, para los dos procesos de refrigeración se debe mantener una humedad relativa superior al 95% con la finalidad de prevenir la deshidratación y arrugamiento del

fruto. Es preciso destacar que, en periodos de tiempo más prolongados o temperaturas inferiores se pueden evidenciar síntomas de daño por frío tales como:

- Picado
- Pudrición
- Coloración anormal de la cavidad interna
- Ablandamiento sin perder agua

### **3.2.2.2. Atmósfera modificada**

Para Chitarra y Chitarra, (2005) la atmosfera modificada reduce la tasa de respiración y la producción de etileno, por ende, retrasa la maduración del fruto; para lo cual se emplean películas de polietileno o cloruro de polivinilo (PVC) debido a practicidad, bajo costo y eficiencia en retardar la maduración de los frutos.

Rodoni (2014) indica que las atmósferas modificadas (AM) resultan de utilidad como complemento al almacenamiento refrigerado, debido a que reducen la respiración, la producción de etileno, el cambio de color, el ablandamiento, y la incidencia de podredumbres. Las AM se pueden clasificar en:

- **Pasiva:** Cuando es generada por el propio vegetal debido a que continúa respirando.
- **Activa:** Si la mezcla de gases es inyectada en el momento del envasado.

Para Valero y Serrano, (2010) el empaclado en AM consiste en sellar una cierta cantidad de frutas o vegetales mediante el uso de películas plásticas con una permeabilidad particular a la difusión de gas; posteriormente, por la respiración de los productos, disminuye la concentración de oxígeno y se incrementa la de dióxido de carbono, a su vez la tasa de transpiración aumenta la presión de vapor.

Según lo mencionado por López, (2015) las ventajas de las AM son las siguientes:

- Reduce la velocidad de deterioro del órgano vegetal.
- Prolonga la utilidad y a veces conserva la calidad de frutas y hortalizas.

- Se retarda el desarrollo de microorganismos.
- Se mantienen las características organolépticas durante la comercialización.
- Se evitan las mezclas de olores en el sitio de almacenamiento.
- Mejor presentación, clara visión del producto y visibilidad en todo el entorno.
- No causa problemas ambientales.
- Puede aumentar las ganancias de los productos.

Por otra parte, Kader (2007) manifiesta que las AM, debido a la acumulación excesiva de dióxido de carbono y la drástica reducción de oxígeno, puede generar desórdenes tales como dificultades para madurar, pardeamiento de la pulpa, formación de cavidades y escaldaduras y la acumulación de acetaldehído, etanol y acetato de etilo con el consecuente desarrollo de sabores y aromas desagradables.

### **3.2.2.3. Retardadores de madurez**

De acuerdo con lo señalado por Trincherro et al., (2001), la maduración es la diferenciación de tejidos asociada a la síntesis específica de ciertas enzimas responsables de los cambios fisicoquímicos del fruto, que inciden en la textura, color, aroma y sabor de un producto. Los mismos autores señalan que las sustancias retardadoras de maduración son sustancias que oxidan el etileno producido por los productos hortofrutícolas, así como también aquellos compuestos volátiles característicos del aroma de estos.

Según Balaguera et al., (2014) los retardantes de la maduración se pueden clasificar en inhibidores de la síntesis del etileno como aminoetoxi-vinil-glicina (AVG) y ácido aminooxiacético (AOA); inhibidores de la señalización del etileno como 1-metilciclopropeno (1-MCP) y sales de plata (nitrato y tiosulfato de plata).

#### **3.2.2.3.1. Triacilglicerol**

El encerado de frutas y hortalizas es una práctica común, esta se puede utilizar tanto para frutos inmaduros como pepinos y calabacines, como para frutas y hortalizas maduras como pimientos, tomates, manzanas, duraznos, etc. Al realizar las operaciones de lavado y limpieza durante el proceso de postcosecha se pierden las ceras naturales del fruto, por lo

que se utilizan ceras alimentarias para reducir la pérdida de agua durante su manejo y comercialización (Kitinoja y Kadel, 2003).

Las ceras disminuyen el proceso de deshidratación, así también pueden sellar lesiones producidas en la piel por manipuleo, lo que dificulta el ingreso de patógenos (Riquelme, 1995; como se citó por Cancino, 2007). Según lo señalado por Cáceres et al., (2003), en la postcosecha de frutas el uso de ceras se considera como alternativa para controlar las pérdidas de calidad, desórdenes fisiológicos y patológicos; debido a que los recubrimientos céreos que pretenden devolver al fruto la capa de ceras natural perdida de tal manera que se reduzcan las pérdidas de peso; así como también mejorar la apariencia del fruto e incrementar el brillo. Cabe mencionar que, la ventaja que presentan estos recubrimientos es que no aportan residuos químicos en las frutas, por ende, son inocuos para el consumidor.

Loyola y Ariola, (2012) indican que el uso de ceras en los frutos durante el almacenamiento en postcosecha y comercialización disminuye la pérdida de agua e impide el ataque de fitopatógenos, debido a que actúan como una capa protectora, debido a que influyen en las tasas respiratorias y metabólicas en el fruto; además se puede mencionar como ventaja adicional el brillo que brinda una mejor apariencia del fruto. En el caso del pimiento, la cera de recubrimiento ayuda a mantener el color y no modifica la sensación del consumidor sobre la apariencia. Alvarado y Cabrera (2010) señalan que, si el pimiento es recubierto por cera, antes de su manipulación se debe dejar que ésta se seque completamente.

El empacado con películas poliméricas reduce el daño de frutos; el empleo de estas películas en pimientos disminuye la producción de etileno; a su vez evita el daño por frío, retrasa el ablandamiento, mantiene el color y prolonga la vida postcosecha de pimientos (González y Tiznado, 1993, citado en González-Aguilar et al., 2003).

Una de las ceras de recubrimiento más utilizadas es la cera de *Copernicia prunifera* (Miller) S. E. Moore, o carnauba, que es producida a partir de un material generado sobre las hojas de esta palmera y que posteriormente es utilizada en la fabricación de cera, que es la materia prima para numerosos productos industriales. Brasil es el único productor de cera de carnauba, ya la planta de la que es obtenida es endémica del estado de Ceará ubicado al noreste del país (Araújo de Carvalho y Alcobaça Gomes, 2008).

La cera de carnauba químicamente es una mezcla de ésteres, alcoholes libres, ácidos alifáticos, ácidos aromáticos, ácidos w-hidrocarboxílicos libres, hidrocarburos (parafinas) y triterpenodíoles, los ésteres son el componente principal (80%) en su mayoría consisten en ésteres alifáticos y diésteres de ácido cinámico (Wolfmeier et al., 2005; citado en Silva Freitas et al., 2016). Se utiliza principalmente en farmacotecnia, en la industria de agroalimentaria y en cosmética, en la primera se usa para el pulido y recubrimiento de comprimidos, en la industria es empleada como aditivo alimentario (E903) por ejemplo en el recubrimiento de chicles, chocolates confitados entre otros, en la cosmética se usa como emoliente y formador de película, por ejemplo para la elaboración de maquillaje y lápiz labial, además puede ser utilizada como betún y cera para calzado (Velázquez-Sámano et al., 2020).

Puede ser aplicada en productos en los cuales también se consume la cáscara, debido a que no es tóxica, confiere brillo, reduce la pérdida de masa de los frutos, no interviene en la coloración de la cáscara, disminuye la respiración, la producción de etileno, reduce la pérdida de firmeza, retrasa la maduración de los frutos. La película de cera aplicada en la superficie de los frutos presenta diferentes tasas de permeabilidad al O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y vapor de agua en función de las propiedades de la materia prima, esto depende de las propiedades de la materia prima, de la concentración de la cera y del espesor de la película (Jacomino et al., 2003). Además se han conseguido recubrimientos antifúngicos para los frutos adicionando aceites esenciales a una base de cera de carnauba (Carvalho et al., 2012).

### **3.3. Parámetros de calidad postcosecha**

Para Pérez et al., (2017) los parámetros de calidad de los productos de origen agropecuario difieren entre los productos cosechados y se basan en aquellas características de mayor importancia. En este sentido, Wiever (1970), como se citó en Pérez et al., (2017) considera a la calidad como la suma de las características o parámetros de un producto que influyen en la decisión del consumidor al momento de adquirirlo; es por lo que la calidad es inherente o propia de cada producto y es representada por su morfología y composición.

Por su parte Rodoni, (2014) expresa que, en lo que respecta a los vegetales frescos, su calidad se define en función de la apariencia fresca, textura, sabor y olor y seguridad microbiológica. A su vez, en la tabla 4, se presentan los parámetros establecidos por SAGARPA (2012), para considerar la calidad de los pimientos.

**Tabla 4**

*Principales factores involucrados en el deterioro postcosecha de vegetales frescos*

<b>Sensorial</b>	<b>Tamaño</b>	
Enteros y maduros	Chico	75-85 mm
Aspecto fresco y sano		
Sabor dulce sin picor	Mediano	65-74 mm
Bien formado		
Buen color	Grande	60-65 mm
Limpios		
Sin pudriciones	Extra grande	54-60 mm
Libre de defectos		
Sin olores o sabores extraños	Jumbo	45-50 mm

Nota: Adaptado de Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial, México calidad suprema en pimiento morrón, SAGARPA, 2012.

Paredes y Peche, (2019) indican que las variables que definen la calidad del fruto en pimientos son: diámetro ecuatorial, longitud, peso, firmeza del pericarpio, sólidos solubles totales, color del epicarpio y acidez titulable.

A su vez, Martín, (2017) expresa que existen numerosos parámetros que se refieren a la calidad externa del fruto en el género *Capsicum*; sin embargo, los de mayor relevancia son el color, la forma y el tamaño; cabe mencionar que, además de la apariencia externa de los frutos y su uniformidad, junto al rendimiento y la resistencia a enfermedades, son algunos de los criterios más importantes aplicados por las compañías de semillas para seleccionar nuevas variedades.

Por otra parte, Moreno, (2020) menciona que la calidad organoléptica del pimiento está definida por los atributos de sabor y aroma que dependen de muchos factores, como la variedad, la etapa de cosecha, las condiciones de crecimiento y origen geográfico.

### **3.3.1. Firmeza de la fruta**

La firmeza es fundamental para la aceptabilidad de los frutos y para su posible almacenamiento, esta depende del momento de recolección y de la temperatura de almacenamiento y pueden ser medidos con diferentes instrumentos, que son de carácter destructivos o no destructivos tales como: penetrómetro manual Magness-Taylor (destructivo), texturómetro de laboratorio (destructivo), durómetros medidores de deformación (no destructivos), equipos de impacto (no destructivos) (Ruíz-Altisent y Valero Ubierna, 2000).

Budde et al., (2003) citando a Planton (1994), afirman que utilizar métodos no destructivos para determinar la firmeza de la pulpa son de gran utilidad para estimar la madurez de los frutos. El CTIFL (Centro Interprofesional de Frutas y Hortalizas; Francia) ha desarrollado al “DUROFEL”, un instrumento adaptado a partir de un durómetro Shore A, para la determinación de la madurez de frutas y hortalizas como tomates, duraznos y otros frutos como damasco. La durometría es un buen estimador de la firmeza de la pulpa, y puede ser de gran utilidad cuando en los frutos se hace dificultosa la observación del color de fondo, por presencia de sobrecolor.

En el caso de no contar con instrumentos adecuados para medir la firmeza del pimiento se puede utilizar el tacto, Miller y Risse, (1986, como se citó en Kehr, 2002) indican que la determinación de la firmeza en pimientos se lo puede realizar por medio de una escala para la medición sensorial de la depresión de la fruta al tacto, siendo ésta:

- 1 = blando (sin resistencia a la depresión)
- 2 = ligeramente firme (fuerte depresión)
- 3 = moderadamente firme (depresión moderada)
- 4 = firme (depresión suave)
- 5 = muy firme

Según lo expresado por Villegas (2018) en el caso del pimiento la pérdida de firmeza; es decir el ablandamiento del fruto está asociado con cambios en el metabolismo de ciertos carbohidratos en la pared celular debido a la acción de enzimas hidrolíticas producidas en el fruto; es preciso mencionar que la firmeza disminuye progresivamente, a medida que los frutos maduran.

### **3.3.2. Color**

Alba, et al., (2005) manifiestan que al ser las frutas exclusivas de las plantas con flores poseen, en el caso de frutas carnosas, pigmentos coloridos debido a que se perciben más atractivas para los vectores de dispersión de las semillas; es por lo que, en base a los procesos evolutivos o de domesticación, presentan colores llamativos.

En este sentido Ruiz-Altisent y Valero Ubierna (2000) expresan que para la medición del color se debe distinguir en primer lugar el color de fondo de una fruta; es decir el dominante, y posteriormente los colores secundarios característicos de cada variedad, éstos se presentan en ciertas zonas del fruto; es preciso mencionar que al color secundarios se le denomina en ciertas ocasiones como chapa, veteado o moteado. Para su evaluación se pueden emplear cartas de color, colorímetros o cámaras de video. En este sentido Palacio y Sánchez, (2017) mencionan que para la evaluación del color se deben considerar las coordenadas cromáticas de luminosidad, croma y ángulo de matiz

Para Rödiger, et al., (2020) los amiloplastos y cromoplastos, que son los responsables del color de los frutos, en los últimos años, han recibido atención debido a su importancia en la maduración de la fruta y el desarrollo del endospermo. Por su parte Paredes y Peche (2019) expresan que el pimiento posee una gran variabilidad genéticas y una amplia gama de colores debido a la variación en la concentración de pigmentos, principalmente en lo que respecta a carotenos.

Actualmente existe un método que correlaciona apreciaciones numéricas con la percepción humana para evaluar el color de una fruta, este se denomina espacio de color CIELAB, también referido como espacio CIEL\*a\*b\*, es actualmente uno de los espacios de color más

populares y uniformes usado para evaluar el color en el área de alimentos. Investigadores y fabricantes lo usan para evaluar los atributos de color, identificar inconsistencias, y establecer tolerancias de color (Talens Oliag, 2017).

Zaccari et al., (2017) propone en su metodología la siguiente ecuación para calcular el índice de color:

$$IC= 1000 [a*(L*b)-1]$$

De dónde:

a\* representa una medida de contenido de rojo o verde de un color.

b\* representa el contenido de amarillo o azul de un color.

L\* representa la medida de luminosidad de un color variando desde 0 para un negro hasta 100 para un blanco.

Los valores obtenidos permitirán realizar las correspondientes pruebas estadísticas como análisis de varianza y Tukey.

### **3.3.3. Pérdida de peso (Deshidratación)**

De acuerdo con lo señalado por Escalona et al., (2019), la pérdida de peso se da como resultado directo de la deshidratación que, a su vez, provoca la pérdida de firmeza de los frutos; cabe mencionar que, la pérdida de peso se incrementa a medida que disminuye la humedad relativa en el entorno del fruto, además que se prolonga durante el almacenamiento.

Los mismos autores señalan a manera de ejemplo ensayos en pimientos conservados a 10 y 20 °C en bolsas de 15 x 20 cm y 10 perforaciones de 0,7 mm cada una y como testigo pimientos almacenados sin bolsa; observaron que la evolución de la apariencia y la pérdida de peso en frutos de pimiento cv. Almuden almacenados a 10 °C, con y sin bolsa perforada, luego de 12 días. Tras los primeros 5 días, los pimientos envasados perdieron un 0,3% del peso inicial, mientras que los conservados sin bolsa, perdieron 3,7%. Después de transcurridos los 12 días, los frutos envasados perdieron un 2,4%, presentando una buena apariencia, mientras que los frutos sin bolsa alcanzaron un 5% de pérdida, mostrando síntomas de deshidratación externa leves (Escalona et al., 2019).

### 3.3.4. Presencia de enfermedades

Según López (2017) las enfermedades postcosecha provocan aproximadamente un 40 % de las pérdidas en la producción de pimiento.

#### 3.3.4.1. Enfermedades de postcosecha causadas por hongos

- a. ***Alternaria alternata***: Causa la ‘podredumbre de los frutos’ y ataca sobre todo a los pimientos debilitados por diversas causas. Produce unas manchas húmedas, de color oscuro, forma circular y tamaños diferentes, que se extienden por la superficie (Namesny, 1999, como se citó en López, 2017).
- b. ***Botrytis cinera* o moho gris**: Causa la podredumbre; desarrollando un micelio gris portador de las esporas; crece bien a las temperaturas de almacenamiento recomendadas para pimiento (González-Aguilar et al., 2000, como se citó en López, 2017).
- c. ***Cladosporium herbarum***: Se presenta sólo en condiciones de almacenamiento prolongado; infecta a los frutos a través de daños mecánicos o daños por frío (Alemán, 2015).
- d. ***Collectotrichum dematium***: Produce antracnosis, aparece de manera esporádica en pimientos maduros, provoca manchas (Guzmán, 1997, como se citó en López, 2015).
- e. ***Penicillium* sp.**: Produce la podredumbre azul por las especies *P. cyclopium*, *P. expansum* y *P. italicum*; afecta únicamente a frutos con lesiones previas (Alemán, 2015).
- f. ***Phytophthora* sp.**: La infección se origina frecuentemente en el extremo del tallo y se caracteriza por la formación de anillos concéntricos, marrones alrededor del punto de inicio de la enfermedad (Alemán, 2015).
- g. ***Rhizopus* spp.**: Causa una podredumbre húmeda, con un micelio blancuzco, salpicado de puntitos negros constituidos por los cuerpos fructíferos (Namesny, 1999, como se citó en López, 2017).
- h. ***Sthemphylium botryosum***: La infección se produce en condiciones de humedad, iniciándose en grietas de crecimiento, el borde de la cicatriz del tallo o en cualquier lesión en la superficie del fruto (Alemán, 2015).

### **3.3.4.2. Enfermedades de postcosecha causadas por bacterias**

- a. *Erwinia carotovora*:** Causa la podredumbre blanda o pudrición negra las lesiones se inician generalmente a partir de heridas en la zona de inserción del pedúnculo (Gil y Tudela, 2012, como se citó en López, 2017).
- b. *Xanthomonas vesicatoria*:** Aparece esporádicamente en los pimientos en forma de manchas pequeñas, oscuras y rugosas, observándose más tarde como úlceras (Ibar y Juscafresa, 1997, como se citó en López, (2015).

## CAPÍTULO IV

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 4.1. Materiales

Dentro de los materiales físicos que se utilizaron en el desarrollo de la investigación, se tienen los siguientes:

##### 4.1.1. Materiales de laboratorio

- Balanza de laboratorio: Marca Ohaus, Modelo Traveler
- Durómetro: Marca Phase II Plus, Modelo PHT-960
- Colorímetro portátil: Marca Soonda.
- Computador
- Cámara fotográfica

##### 4.1.2. Materiales varios

- Jabón
- Tinas
- Jeringas para dosificación de productos
- Fundas de polietileno de 4x5
- Marcador permanente
- Etiquetas

##### 4.1.3. Insumos

- Agua
- Triacilglicerol
- Nanoemulsión de Cera de carnaúba

##### 4.1.4. Materiales biológicos

- Frutos de Pimiento verde (*Capsicum annum* L. cv Martha)

#### 4.1.5. Materiales de gabinete

- Computador
- Impresora
- Papel

#### 4.2. Métodos

La metodología empleada en el presente estudio se detalla a continuación.

##### 4.2.1. Localización del área de estudio

El material biológico frutos de pimiento (*Capsicum annum* L. cv Martha) son de producción propia y se obtuvieron de un lote de terreno ubicado en la comunidad Villadorita de la parroquia García Moreno del cantón Cotacachi, provincia de Imbabura, localizada en las coordenadas 0°13'20.86"Latitud N y 78°40'21.24" Longitud O.

La aplicación de los retardadores de maduración y la medición de las variables como: peso, firmeza y color se evaluaron en condiciones de laboratorio en las instalaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. La tabla 5 y la figura 5 muestran la ubicación del experimento.

**Tabla 5**

*Ubicación del experimento*

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	San Francisco
Sector	La Victoria
Latitud	0°20'57.98" norte
Longitud	78° 6'25.21"oeste
Altitud (m. s n m)	2212

## Figura 5

*Ubicación del lugar del experimento*



Adaptado de Google Earth (2022)

### 4.2.2. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado en la investigación fue: un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y cinco repeticiones con un total de 15 unidades experimentales; para conocer el mejor tratamiento, se realizó la comparación múltiple de promedios mediante la prueba de Tukey al 5%. Se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, para los datos obtenidos en el laboratorio.

### 4.2.3. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos en la investigación fueron tabulados y procesados, mediante el programa XLSTAT (Addinsoft, 2022) en Microsoft Excel 16.0, para el análisis estadístico de cada variable se partió de la determinación de la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro - Wilk, y como no paramétrica, la prueba de Levene y Bartlett para las variables que presentaron valores de p-value  $<0,05$ . El esquema del análisis de Varianza (ANOVA) usado se presenta en la tabla 6. Para prueba de comparación múltiple de promedios entre tratamientos se realizó la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 6***Esquema del ANOVA*

FV	GL
Total	14
Tratamiento	2
Error experimental	12

Los tratamientos utilizados como retardantes de maduración, fueron dos productos: el uno basado en Triacilgliceroles y el otro una Nanoemulsión de Cera de carnaúba, aplicados dentro de los rangos especificaciones por sus fabricantes, es decir 0,5 ml de producto en 6 L de agua, (TECNIDEX, 2010), en ambos casos, y un tratamiento testigo sin aplicación de ningún retardante. La nomenclatura de los tratamientos se visualiza en la tabla 7.

**Tabla 7***Tratamientos evaluados*

Nomenclatura	Tratamiento
<b>T1</b>	Inmersión en solución acuosa de Triacilgliceroles 0,083mL L <sup>-1</sup>
<b>T2</b>	Inmersión en solución acuosa de Cera de carnaúba 0,083mL L <sup>-1</sup>
<b>T3</b>	Tratamiento testigo

#### 4.2.4. Unidad experimental

Para la investigación, ejecutada totalmente en laboratorio, se contó con 15 unidades experimentales. Cada unidad experimental, estaba constituida por un lote de 20 frutos de pimiento verde (*Capsicum annuum* L. cv Martha) como se aprecia en la figura 6.

## Figura 6

*Unidades experimentales en el laboratorio*



### 4.2.5. Variables en estudio

Las variables independientes (factores en estudio) y las dependientes son las siguientes:

#### 4.2.5.1. Variables Independientes (Factores de estudio)

La variable independiente, manejada por el investigador, la constituye el tipo de producto utilizado como retardante de maduración. Los estados de dicha variable son:

- Triacilgliceroles  $61\text{g/l}^{-1}$  (disolución  $0,083\text{ ml/l}^{-1}$ )
- Cera de carnaúba 18% (disolución  $0,083\text{ ml/l}^{-1}$ )

#### 4.2.5.2. Variables dependientes

Las variables dependientes, producto del experimento se relacionan con el peso, la firmeza y el color del fruto de pimiento verde (*Capsicum annum* L. cv Martha) medidos a los 0, 5, 10 y 15 días como se describe a continuación. En el presente acápite sólo se menciona los momentos de medición ya que más adelante, en el manejo específico del experimento se describe el proceso de medición y las referencias correspondientes.

- **Peso a los 0 días.**

Se midió el peso inicial al momento de comenzar el proceso experimental de acuerdo al método gravimétrico en una balanza de precisión, colocando en la misma los frutos uno por uno después de cerciorarse de que la balanza está encerada y registrando el peso del producto en el aire, en gramos (g), de acuerdo a lo expuesto por Villamizar y Ospina, (2000).

- **Peso a los 5 días.**

Se midió el peso a los 5 días posteriores de realizado el proceso de aplicación de los retardantes de maduración con ayuda de una balanza de laboratorio, encerando la balanza y colocando en la misma los frutos uno por uno y registrando el peso del producto en el aire, en gramos (g), como manifiestan Villamizar y Ospina, (2000).

- **Peso a los 10 días.**

Se midió el peso a los 10 días posteriores de realizado el proceso de aplicación de los retardantes de maduración con ayuda de una balanza de precisión, encerada, depositando en ella los frutos uno por uno y registrando el peso del producto al aire, en gramos (g), según lo expuesto por Villamizar y Ospina, (2000).

- **Peso a los 15 días.**

Finalmente, se midió el peso a los 15 días después de realizado el proceso de aplicación de los retardantes de maduración con ayuda de una balanza de precisión. colocando en la misma los frutos uno por uno después de cerciorarse de que la balanza está encerada y registrando el peso del producto en el aire, en gramos (g), así como indican Villamizar y Ospina, (2000).

- **Firmeza a los 0 días.**

Se midió la firmeza inicial al momento de iniciar el proceso experimental ejerciendo presión, con un durómetro Marca Phase II Plus, Modelo PHT-960, con punta de 0,8 cm y penetración de 8 mm. La dureza se registró en la escala centesimal Shore A (HA), de acuerdo a lo mencionado por Budde et al., (2003).

- **Firmeza a los 5 días.**

A los 5 días se midió nuevamente la firmeza, el proceso se realizó ejerciendo presión, con un durómetro Marca Phase II Plus, Modelo PHT-960, con punta de 0,8 cm y penetración de 8 mm. La dureza se registró en la escala centesimal Shore A (HA), de acuerdo a lo mencionado por Budde et al., (2003).

- **Firmeza a los 10 días.**

A los 10 días de realizado el proceso de aplicación de los retardantes se midió la firmeza nuevamente ejerciendo presión, con el durómetro Marca Phase II Plus, Modelo PHT-960, con punta de 0,8 cm y penetración de 8 mm. La dureza se registró en la escala centesimal Shore A (HA), como manifiesta Budde et al., (2003).

- **Firmeza a los 15 días.**

Para finalizar el proceso, se midió la firmeza a los 15 días después de realizado el proceso de aplicación de los retardantes de maduración, ejerciendo presión, con el durómetro Marca Phase II Plus, Modelo PHT-960, con punta de 0,8 cm y una penetración de 8 mm. El registro de dureza se realizó en la escala centesimal Shore A (HA), como se indica en Budde et al., (2003).

- **Color a los 0 días.**

Se registró el color inicial al momento de iniciar el proceso experimental con ayuda del colorímetro portátil Soonda, que posee fuente de luz propia y estandarizada, y solo se necesita acercar la sonda al objetivo, como lo mencionan Goñi y Salvadori, (2015). La medición se realizó en la parte central del fruto y evitando zonas con anomalías como puntos u otros, de acuerdo a Bible y Singha (1993), y Ravaglia y otros (1996), citados por Budde et al., (2003).

- **Color a los 5 días.**

A los 5 días posteriores de realizado el proceso de aplicación de los retardantes se volvió a registrar el color con ayuda del colorímetro portátil Soonda acercando la sonda al objetivo, como lo mencionan Goñi y Salvadori, (2015). La medición se realizó en la parte ecuatorial del fruto y evitando zonas con daños que pudieran alterar

la medición, como lo especifican Bible y Singha (1993), y Ravaglia y otros (1996), citados por Budde et al., (2003).

- **Color a los 10 días.**

Se registró también el color a los 10 días posteriores de realizado el proceso de aplicación de los retardantes de maduración con ayuda del colorímetro portátil Soonda. La medición se realizó aplicando la sonda en la superficie central de la fruta tal como se especifica en Goñi y Salvadori, (2015) y evitando áreas con defectos que dañen la medición, como mencionan Bible y Singha (1993), y Ravaglia y otros (1996), citados por Budde et al., (2003).

- **Color a los 15 días.**

Por último, se registró el color a los 15 días posteriores de realizado el proceso de aplicación de los retardantes de maduración con ayuda del colorímetro portátil Soonda, ubicándolo en un área libre de defectos (Bible y Singha 1993), y (Ravaglia y otros 1996), citados por Budde et al., (2003) y que se encuentre en el área ecuatorial de la fruta (Goñi y Salvadori, 2015)

#### **4.2.6. Manejo específico del experimento**

##### **4.2.6.1. Preparación de los retardantes de maduración**

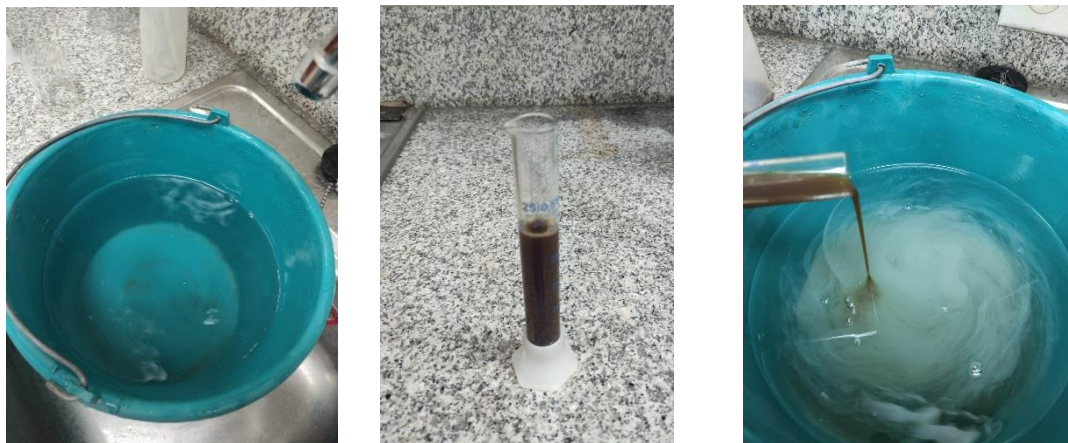
Se preparó los retardantes de maduración de acuerdo a las recomendaciones del fabricante para la postcosecha. Tanto para el producto basado en Triacilglicerol, como para el basado en Nanoemulsión de cera de carnaúba, se siguió el mismo proceso y las mismas concentraciones. La dosis en ambos casos fue de 0.5 ml en 6 litros de agua.

Al igual que en la preparación de cualquier disolución, y de acuerdo a lo explicado por (Castro, 2013) la secuencia de preparación fue la siguiente: Se agregó la mitad del volumen de agua requerido para obtener la cantidad de mezcla a utilizar, a continuación, se agregó la dosis necesaria del retardante de maduración correspondiente y se agitó hasta homogenizar. A continuación, se adicionó la cantidad de agua restante hasta alcanzar el volumen de

trabajo, agitando siempre para homogenizar la mezcla. El procedimiento se puede ver en la figura 7.

### **Figura 7**

*Secuencia de preparación de las emulsiones*



#### **4.2.6.2. Lavado del producto**

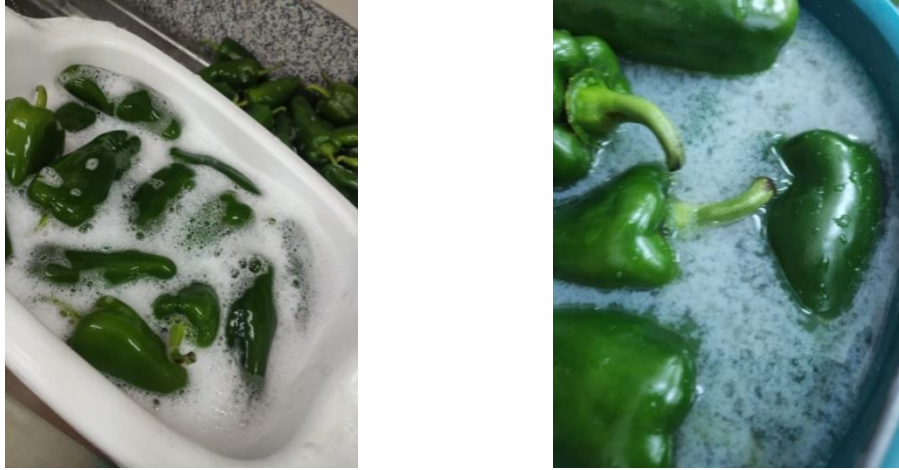
Una vez conducidos los frutos de pimiento desde el campo, se eligieron los pimientos de tamaños y pesos parecidos para que las unidades experimentales de los diferentes tratamientos y sus repeticiones tengan iguales características en el laboratorio. A continuación, se procedió a lavar el producto con agua y jabón y a enjuagar con agua a 40°C como se describe en Villamizar y Ospina, (2000).

#### **4.2.6.3. Aplicación de la emulsión en las unidades experimentales**

En postcosecha, los fabricantes recomiendan realizar la aplicación de las emulsiones por inmersión o aspersión de la mezcla al fruto. Para el desarrollo de la investigación se optó por la inmersión del producto en la emulsión, como lo especifican Villamizar y Ospina, (2000). Este procedimiento se desarrolló sumergiendo aleatoriamente las unidades experimentales en la emulsión previamente preparada. En todos los casos se procuró que la emulsión llegue a cubrir todo el fruto procediendo a un viraje de los mismos dentro de la emulsión. El proceso se puede visualizar en la figura 8.

## Figura 8

*Secuencia de aplicación de las emulsiones*



### 4.2.6.4. Secado

Una vez cubiertos los frutos completamente con la emulsión se procedió a extraer las unidades experimentales y colocarlas ordenadamente sobre el mesón para su secado completo. El secado se desarrolló al ambiente, en donde la temperatura de secado fue de 23°C, que se encuentra dentro del rango mencionado por Villamizar y Ospina, (2000) para este proceso. La operación se registró en la figura 9.

## Figura 9

*Proceso de secado de las unidades experimentales*



#### 4.2.6.5. Medición del peso

Como se manifestó en el acápite referente a las variables, el peso se midió a los 0, a los 5, a los 10 y a los 15 días. El proceso de medición se realizó de acuerdo al método gravimétrico. Su medición se realizó en una balanza de precisión, colocando en la misma los frutos uno por uno después de cerciorarse de que la balanza está encendida y registrando el peso del producto en el aire, en gramos (g), de acuerdo a lo expuesto por Villamizar y Ospina, (2000), como se muestra en la figura 10.

**Figura 10**

*Medición del peso*



#### 4.2.6.6. Medición de la firmeza

De igual manera, se midió la firmeza de cada fruto a los 0, a los 5, a los 10 y a los 15 días, ejerciendo presión, con un Durómetro Marca Phase II Plus, Modelo PHT-960, con punta de 0,8 cm y penetración de 8 mm. La dureza se registró en la escala centesimal Shore A (HA), de acuerdo a lo mencionado por Budde et al., (2003), y como se aprecia en la figura 11.

#### Figura 11

*Medición de la firmeza*



#### 4.2.6.7. Registro del color

El color, al igual que las otras variables se registró a los 0, a los 5, a los 10 y a los 15 días. El registro del color se realizó con un colorímetro portátil: Marca Soonda. Dicho colorímetro posee fuente de luz propia y estandarizada, y solo se necesita acercar la sonda al objetivo, como lo mencionan Goñi y Salvadori, (2015). La medición se realizó en la parte central del fruto y evitando zonas con anomalías como puntos u otros, como lo especifican Bible y Singha (1993), y Ravaglia y otros (1996), citados por Budde et al., (2003). El colorímetro reporta el color como una magnitud compleja formada por tres cifras (L, a, b) como se ha comentado ya en el acápite del Estado del Arte. La figura 12 muestra el procedimiento de registro del color.

Posteriormente dichos registros se transformaron a Índice del color, conforme se indica en el acápite del Estado del Arte, mediante la aplicación de la ecuación propuesta por Zaccari et al., (2017).

**Figura 12**

*Registro del color*



## CAPÍTULO V

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 5.1. Determinación del tipo de cera más efectivo para retardar la maduración en pimiento

Con la finalidad de determinar el tipo de cera más efectivo como retardante de la maduración, se ha medido como parámetros tanto de la caracterización de su efectividad, como de la calidad del pimiento: el peso, la firmeza y el color de los frutos de las unidades experimentales, de acuerdo a lo descrito en el capítulo 3 del presente estudio. Para el efecto se realizará la evaluación estadística de las variables: Peso a los 15 días, Pérdida de peso (Peso a los 0 días – Peso a los 15 días), Firmeza a los 15 días, Pérdida de firmeza (Firmeza a los 0 días – Firmeza a los 15 días), color a los 0 días, color a los 15 días.

##### 5.1.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza

Una vez procesados los datos de las variables seleccionadas se procedió a elaborar los análisis de varianza y con los residuos del modelo se realizó la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk, obteniendo valores de (p-value >0,05), en las variables dependientes elegidas, de acuerdo con los datos mostrados en la tabla 8.

**Tabla 8**

*Resultados de la prueba de normalidad para las variables dependientes*

<i>Variables</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Shapiro test</i>	<i>p valor</i>
<i>Peso 15 días (g)</i>	15	55,014	3,553	0,934	0,318
<i>Firmeza 15 días (HA)</i>	15	12,7	1,032	0,958	0,652
<i>Color 0 días (IC)</i>	15	16,87	1,421	0,961	0,715
<i>Color 15 días (IC)</i>	15	13,422	1,988	0,952	0,55

Nota. Shapiro-Wilk test p-value >0,05: los datos provienen de distribución normal; p-value <0,05: los datos no provienen de distribución normal, se realiza prueba Levene y Bartlett

## 5.2. Análisis estadístico de las variables

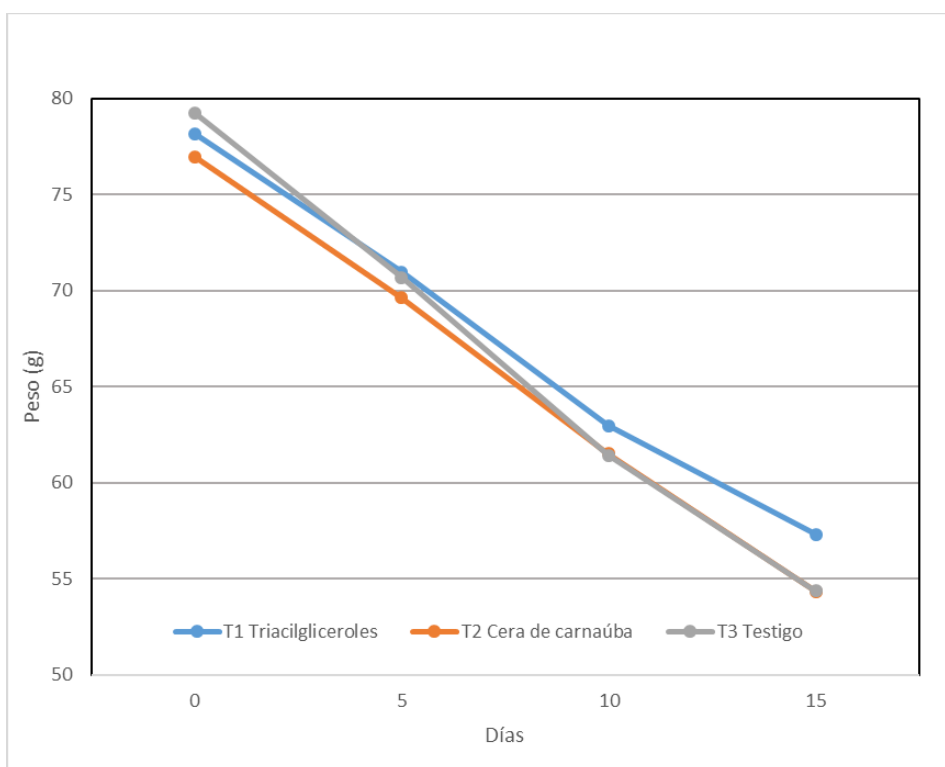
A continuación, se presentan los análisis estadísticos de cada una de las variables determinadas anteriormente

### 5.2.1. Variable Peso

Se presenta a continuación, en la figura 13, el comportamiento de la pérdida de peso en los tres tratamientos a los 0, a los 5, a los 10 y a los 15 días. Además, para identificar la tendencia de dicha pérdida se ha realizado el análisis de regresión lineal. Las ecuaciones de cada modelo se presentan adjuntas al mismo gráfico.

**Figura 13**

*Comportamiento de la pérdida de peso en los tres tratamientos durante el ensayo y ecuaciones de regresión para la variable Peso*



$$\text{Peso T1} = 77,953 - 1,412 * \text{Días} \quad (R^2 = 0,996)$$

$$\text{Peso T2} = 77,015 - 1,521 * \text{Días} \quad (R^2 = 1)$$

$$\text{Peso T3} = 79,021 - 1,678 * \text{Días} \quad (R^2 = 0,997)$$

Como se puede apreciar en el gráfico anterior existe una pérdida de peso a través del tiempo desde el día cero hasta el día 15 con una marcada tendencia lineal, en los tres tratamientos.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza para las variables Peso a los 15 días y Pérdida de peso*

<i>FV</i>	<i>Peso 15 días (g)</i>			<i>Pérdida Peso (g)</i>	
	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F.cal</i>	<i>CM</i>	<i>F.cal</i>
<i>Total</i>	14	12,62		4,29	
<i>Tratamientos</i>	2	9,72	0,93 ns	13,9	5,15 *
<i>Error experimental</i>	12	10,49		2,7	
<i>Promedio (g)</i>			55,01		23,13
<i>CV (%)</i>			5,89		7,10

*Nota.* FV: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, \*: Diferencia significativa, \*\*: Diferencia altamente significativa, ns: no existe diferencia significativa

Si se toma aisladamente, el análisis de varianza de la variable peso, medida a los 0, 5, 10 y 15 días, no muestra diferencias significativas entre tratamientos.

El ANOVA para la variable peso a los 15 días, muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados; el coeficiente de variación para esta variable revela un 5,89%, de dispersión de los datos respecto al valor del promedio de 55,01 gramos, lo que representa un buen manejo del experimento.

El ANOVA de la Pérdida de pesos entre el inicio y el fin del experimento, permite visualizar diferencias significativas entre tratamientos al 5%. Para esta variable, el coeficiente de variación muestra un 7,10% de dispersión de los datos desde el valor promedio de 23,12 gramos, demostrando un buen manejo del ensayo.

- **Análisis funcional**

Como se aprecia en la Tabla 9, en la evaluación de la variable Peso a los 15 días, no se identificaron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, al evaluar la Pérdida de peso (Peso a los 0 días – Peso a los 15 días) se encontraron diferencias significativas al

5% entre tratamientos. Para comprobar lo anteriormente descrito, se coloca a continuación, en la tabla 10, la comparación múltiple de promedios mediante la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 10**

*Comparación múltiple de Tukey para los promedios en la variable Peso*

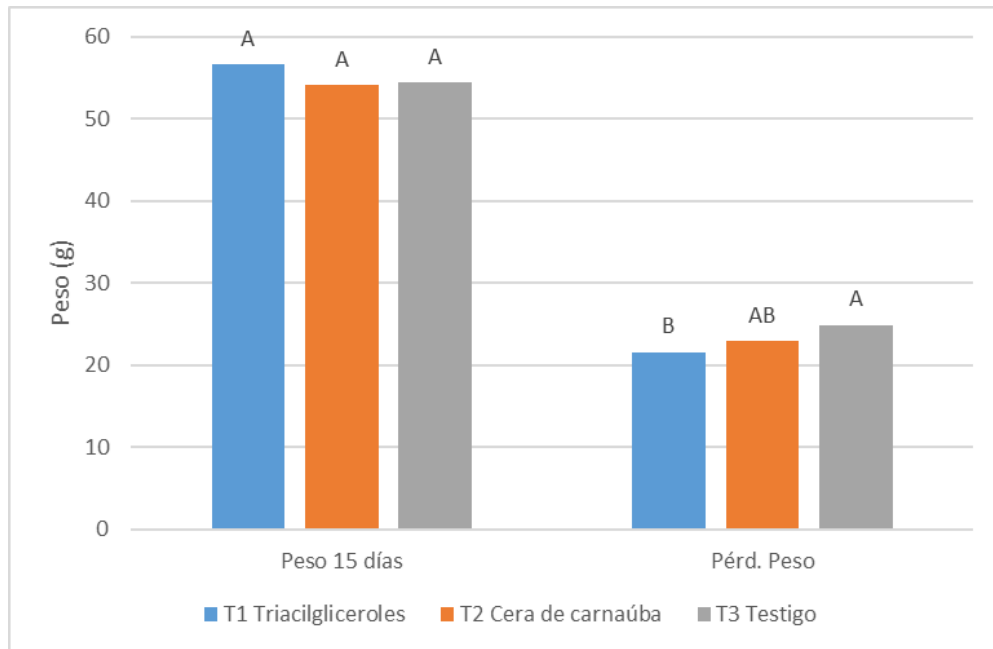
	<i>Promedios</i>	
	<i>Peso 15 días (g)</i>	<i>Pérdida Peso (g)</i>
<i>Tratamiento 1</i>	56,61 A	21,58 B
<i>Tratamiento 2</i>	54,38 A	22,92 AB
<i>Tratamiento 3</i>	54,05 A	24,89 A
<i>Pr &gt; F(Modelo)</i>	0,42	0,02
<i>Significativo</i>	No	Si
<i>Pr &gt; F(Tratamiento)</i>	0,42	0,02
<i>Significativo</i>	No	Si

La prueba de comparación de promedios determina la no existencia de diferencias significativas en peso de las unidades experimentales en el momento de medición correspondiente a los 15 días después de la cosecha. Los promedios de los tres tratamientos se encuentran dentro del mismo agrupamiento (rango A). Numéricamente, el tratamiento T1, (triacilgliceroles) con un promedio de 56,61 g es el que mayor peso promedio presenta, seguido por el tratamiento T2 (cera de carnaúba) con un promedio de 54,38 g, y finalmente el tratamiento T3 (testigo) con 54,05 g

Sin embargo, se puede observar el decremento del peso posiblemente por deshidratación, causada por la senescencia del fruto conforme pasa el tiempo, lo que coincide con lo mencionado por Rodríguez-Félix et al., (2001). Para la variable Pérdida de peso (Peso a los 0 días - Peso a los 15 días) se observan dos rangos que se traslapan. El tratamiento T3, testigo absoluto se ubica en el rango A con una pérdida de peso promedio de 24,89 g, mientras que el tratamiento T1 (Triacilgliceroles) se ubica totalmente en el rango B representando la menor pérdida de peso (21,58 g), mientras que T2 (cera de carnaúba) traslapa los dos rangos anteriormente mencionados (AB). Es necesario mencionar que es T3 quien presenta el mayor valor cuando se evalúa la pérdida de peso (inicial - final), con un valor promedio de 24,89 g, corroborando lo mencionado por Escalona y otros, (2019). El gráfico mostrado en la figura 14 permite visualizar lo expuesto anteriormente.

**Figura 14**

*Rangos identificados en la comparación de promedios para la variable Peso*

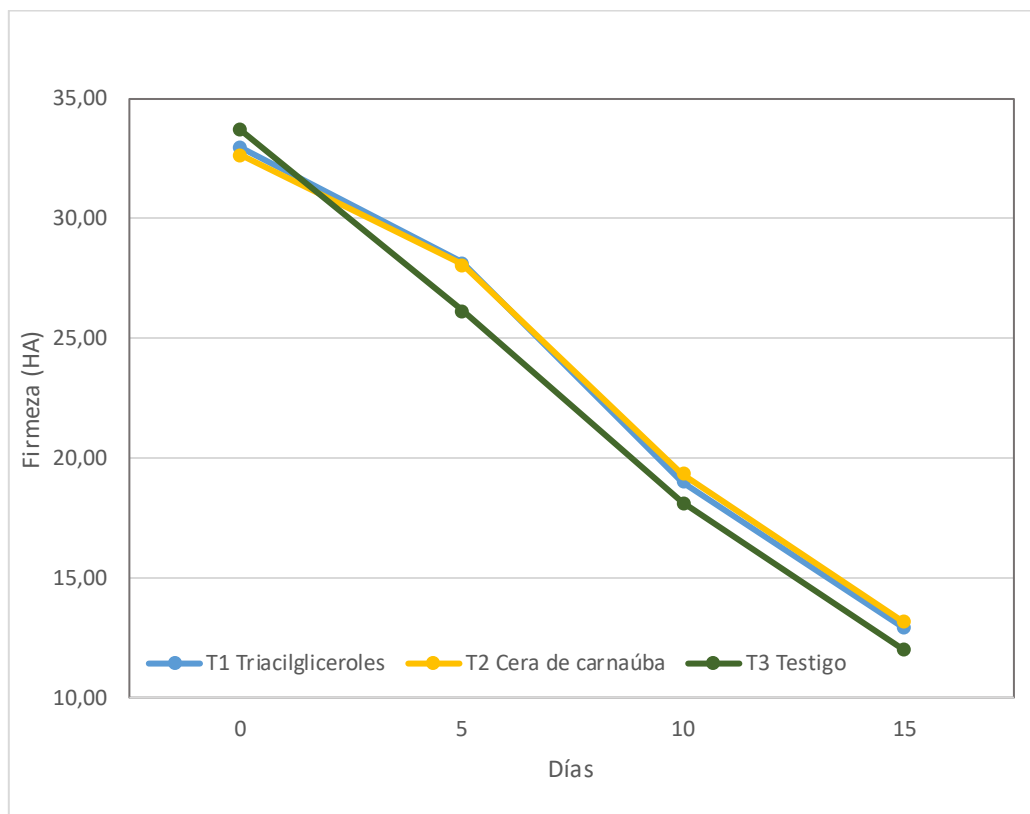


### 5.2.2. Variable Firmeza

Se presenta a continuación, en la figura 15, el comportamiento de la pérdida de firmeza en los tres tratamientos a los 0, a los 5, a los 10 y a los 15 días. Además, para identificar la tendencia de dicha pérdida se ha realizado el análisis de regresión lineal. Las ecuaciones de cada modelo se presentan adjuntas al mismo gráfico.

**Figura 15**

*Comportamiento de la pérdida de firmeza en los tres tratamientos durante el ensayo y ecuaciones de regresión para dicha variable*



$$\text{Firmeza T1} = 33,6741 - 1,38658 * \text{Días} \quad (R^2 = 0,996)$$

$$\text{Firmeza T2} = 33,4165 - 1,3457 * \text{Días} \quad (R^2 = 0,987)$$

$$\text{Firmeza T3} = 33,4925 - 1,4635 * \text{Días} \quad (R^2 = 0,997)$$

Como se visualiza en el gráfico anterior existe una pérdida de firmeza a través del tiempo desde el día cero hasta el día 15 con una marcada tendencia lineal, en los tres tratamientos.

Así mismo, con la finalidad de identificar si existen diferencias significativas causadas por los tres tratamientos planteados en la presente investigación sobre la variable Firmeza, se presenta a continuación, en la tabla 11, la evaluación realizada sobre dicha variable.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza para la variable Firmeza*

<i>FV</i>	<i>Firmeza 15 días (HA)</i>				<i>Pérdida Firmeza (HA)</i>	
	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>F.cal</i>		<i>CM</i>	<i>F.cal</i>
<i>Total</i>	14	1,07			2,91	
<i>Tratamientos</i>	2	1,86	1,99	<i>ns</i>	6,55	2,84 <i>ns</i>
<i>Error experimental</i>	12	0,93			2,3	
<i>Promedio (HA)</i>			12,70			20,4
<i>CV(%)</i>			7,61			7,42

Nota. FV: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, \*: Diferencia significativa, \*\*: Diferencia altamente significativa, ns: no existe diferencia significativa.

El ANOVA para la variable firmeza a los 15 días, muestra que no existen diferencias significativas para los tratamientos; el coeficiente de variación para esta variable muestra un 7,61%, de dispersión de los datos, con respecto al valor del promedio de 12,70 HA. Este valor, estadísticamente, significa que el experimento fue llevado adecuadamente.

En la evaluación de la Pérdida de firmeza (Firmeza a los 0 días – Firmeza a los 15 días) se muestra que, de igual forma, no existen diferencia significativas entre los tratamientos y el testigo. El coeficiente de variación muestra un 7,42% de dispersión de los datos con respecto del promedio de 20,4 HA. Este valor permite verificar que el experimento ha sido bien llevado.

- **Análisis funcional**

Como se aprecia en la tabla anteriormente mostrada (Tabla 11), correspondiente al ANOVA de la variable Firmeza, no se han identificado diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, a manera de comprobación de lo anteriormente manifestado, se coloca a continuación en la tabla 12, la comparación múltiple de promedios mediante la prueba de Tukey al 5%.

## **Tabla 12**

*Comparación múltiple de Tukey para los promedios en la variable firmeza*

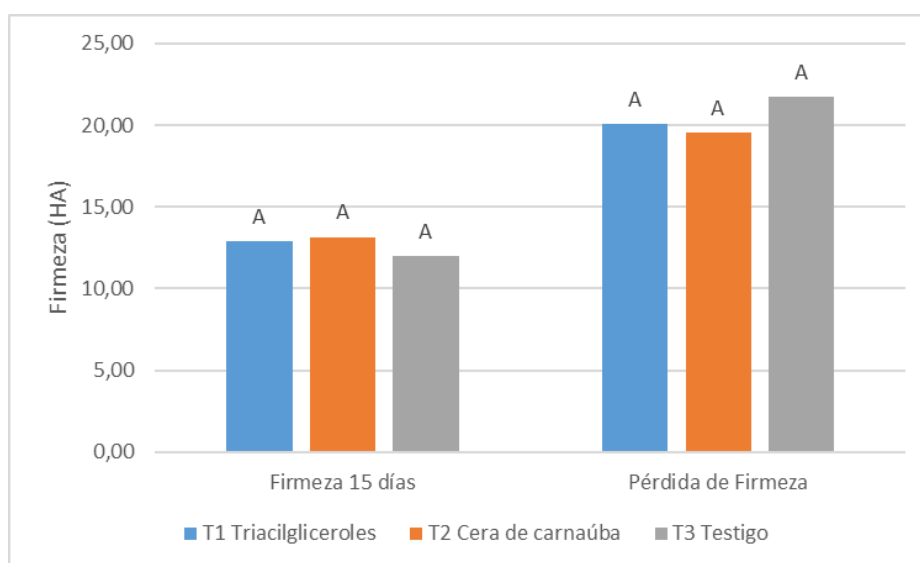
	<i>Promedios</i>	
	<i>Firmeza 15 días (HA)</i>	<i>Pérdida de Firmeza (HA)</i>
<i>Tratamiento 1</i>	12,93 A	20,06 A
<i>Tratamiento 2</i>	13,17 A	19,52 A
<i>Tratamiento 3</i>	12,01 A	21,71 A
<i>Pr &gt; F(Modelo)</i>	0,18	0,098
<i>Significativo</i>	No	No
<i>Pr &gt; F(Tratamiento)</i>	0,18	0,098
<i>Significativo</i>	No	No

La prueba de Tukey demuestra que no existen diferencias significativas en la variable Firmeza en las unidades experimentales evaluadas 15 días después de iniciado el ensayo. Los promedios de todos los tratamientos se ubican en el mismo agrupamiento (A). En este caso, el tratamiento T2 (Cera de carnauba) es el que mayor firmeza posee (13,17 HA), seguido por T1 (Triacilgliceroles) con 12,93 HA y finalmente el testigo T3 con 12,01 HA. Al igual que en la variable peso, en la firmeza se observa también un paulatino descenso de su valor conforme pasan los días, corroborando lo especificado por Abu-Goukh y Bashir, (2003), quienes indican que la firmeza se pierde paulatinamente en el tiempo durante la maduración, debido al proceso de hidrólisis de la enzima poligalacturonasa y de la enzima celulasa, que constituyen las estructuras moleculares de la pared celular.

Para la variable Pérdida de firmeza, así mismo, se registra un solo rango (A). Sin embargo, numéricamente, el testigo (T3) es el tratamiento que más firmeza ha perdido con un promedio de 21,71 HA, seguido por T1 (Triacilgliceroles, 20,06 HA) y T2 (Cera de carnaúba) es el que menor pérdida de firmeza reporta con 19,52 HA. El gráfico mostrado en la figura 16 permite visualizar lo anteriormente descrito.

### **Figura 16**

*Rangos identificados en la comparación de promedios para la variable Firmeza*



### 5.2.3. Variables Color

La variable Color, transformada a Índice de color (Zaccari *et.al.* 2017), al igual que las dos anteriores, se registró en cuatro períodos temporales diferentes: a los 0, a los 5, a los 10 y a los 15 días. A continuación, en la tabla 13, se muestran los análisis de varianza de la variable color registrada tanto al inicio como al fin del ensayo para verificar si existe o no influencia debida a los tratamientos aplicados.

**Tabla 13**

*Análisis de varianza para la variable Color a los 0 y 15 días*

FV	GL	Color 0 días (IC)		Color 15 días (IC)		
		CM	F.cal	CM	F.cal	
<b>Total</b>	14	2,02		3,95		
<b>Tratamientos</b>	2	3,17	1,73	14,94	7,04	**
<b>Error experimental</b>	12	1,83		2,12		
<b>Promedio (IC)</b>			16,87		13,42	
<b>CV (%)</b>			8,01		10,86	

Nota. FV: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, \*: Diferencia significativa, \*\*: Diferencia altamente significativa, ns: no existe diferencia significativa.

El ANOVA para la variable color a los 0 días, muestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos; el coeficiente de variación para esta variable muestra un

8,01%, de dispersión de los datos, con respecto al valor del promedio de 16,87. Este valor representa que los datos se pueden encontrar un 8,01% hacia los dos lados del valor del promedio. Se puede manifestar que se encuentra bajo el 10% considerándose el manejo del experimento como adecuado.

Sin embargo, para la variable color registrada a los 15 días, el ANOVA muestra que existen diferencias significativas para los tratamientos a un nivel de significancia del 1%; lo que representa que el índice de color de los diferentes tratamientos en este estadio, son muy diferentes entre sí. Por tanto, es necesario realizar el análisis funcional para identificar los rangos de los diferentes tratamientos. El coeficiente de variación para esta variable muestra un 10,86%, de dispersión de los datos, con respecto al valor del promedio de 13,42 demostrando un manejo adecuado del experimento.

- **Análisis funcional**

Como se puede ver en la tabla 13, que antecede, a nivel de la variable Color (transformado a índice de color), al inicio del ensayo no se registran diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, la variable Color a los 15 días muestra diferencias al 1%. El resumen de la comparación de promedios realizada mediante la prueba de Tukey al 5% se coloca a continuación en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Comparación múltiple de Tukey para los promedios en la variable Color*

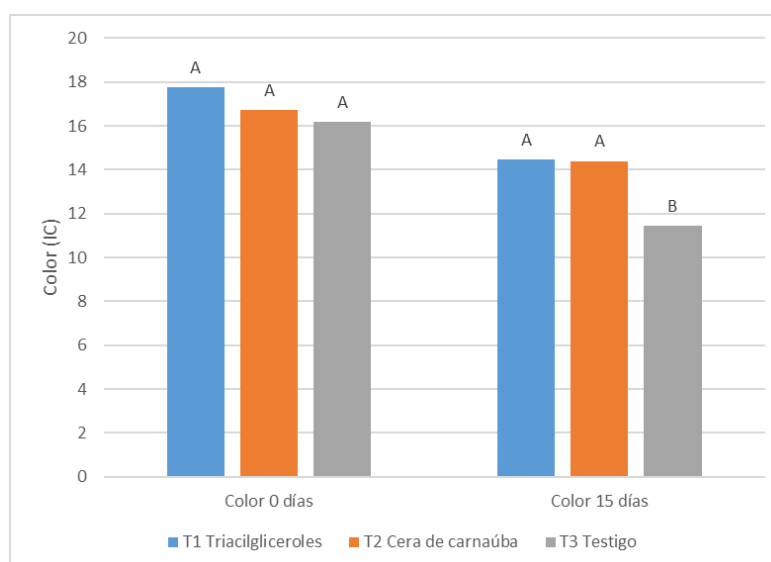
	<i>Promedios</i>	
	<i>Color 0 días (IC)</i>	<i>Color 15 días (IC)</i>
<i>Tratamiento 1</i>	17,74 A	14,44 A
<i>Tratamiento 2</i>	16,70 A	14,40 A
<i>Tratamiento 3</i>	16,17 A	11,43 B
<i>Pr &gt; F(Modelo)</i>	0,22 a	0,01 a
<i>Significativo</i>	No	Sí
<i>Pr &gt; F(Tratamiento)</i>	0,22 a	0,01 a
<i>Significativo</i>	No	Sí

Corroborando con lo identificado en el ANOVA, la prueba de Tukey demuestra que no existen diferencias significativas en la variable Color en las unidades experimentales evaluadas inmediatamente después de cosechado el producto.

Sin embargo, se observa que, ya para el color registrado a los 15 días, se producen dos rangos bien definidos. En el rango B, que es donde mayor cambio de color se ha producido se ubica el tratamiento T3 (testigo) con un índice de color de 11,43 y en el rango A, con menor cambio cromático, los tratamientos T1 y T2. Lo descrito se puede visualizar en el gráfico de la figura 17.

### Figura 17

*Rangos identificados en la comparación de promedios para la variable Color*



A diferencia de lo reportado en cítricos como la naranja, por Rodríguez-Félix et al., (2001) en donde no se identificó cambio de color durante el almacenamiento, en frutos como el pimiento se produce lo que se denomina “desverdización”. Este proceso, mencionan Martínez - González et al., (2017), se debe a que existe una degradación de pigmentos verdes como la clorofila y por tanto la concentración de pigmentos carotenoides ( $\beta$ -caroteno, xantofilas, licopeno) y antocianos que producen los cambios de color del fruto.

A manera de resumen, se presenta a continuación, en la tabla 15, los hallazgos estadísticos que se han identificado en el presente ensayo.

**Tabla 15***Resumen de resultados obtenidos*

<i>Variable</i>	<i>Significancia</i>
Peso a los 15 días	Diferencias No significativas
Pérdida de Peso (0 -15 días)	Diferencias Significativas
Firmeza a los 15 días	Diferencias No significativas
Pérdida de Firmeza (0 -15 días)	Diferencias No significativas
Color a los 0 días	Diferencias No significativas
Color a los 15 días	Diferencias Altamente significativas

Como se puede observar en la tabla 15, en donde se extraen los resultados obtenidos en los análisis de varianza, la variable peso evaluada a los 15 días no presenta diferencias significativas. La pérdida de peso medida desde los 0 a los 15 días, produce diferencias significativas. La variable firmeza medida a los 15 días, así como la pérdida de firmeza, no presentan diferencias significativas. La variable color no presenta diferencias significativas a los 0 días, pero a los 15 días se identifican diferencias altamente significativas. Después de la revisión y análisis de los argumentos anteriormente expuestos, se acepta la hipótesis alterna:  $H_a$  y se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  a un nivel de significación 0,05.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se puede observar que el efecto de los retardantes de maduración en ambos casos (Triacilgliceroles y la Nanoemulsión de cera carnaúba), aplicados por inmersión del producto en las dosis recomendados por los fabricantes, permiten disminuir la pérdida de peso y evitan la desverdización del pimiento verde (*Capsicum annuum* L. cv Martha), frente a un testigo absoluto (sin tratamiento), durante un almacenamiento postcosecha de 15 días.
- La pérdida de peso durante los 15 días que duró la evaluación tiene características de linealidad indistintamente si se usa o no los retardantes de maduración.
- Si bien en la variable Peso, medida a los 15 días, no se identifican diferencias significativas entre tratamientos, si se evalúa la diferencia de pesos entre el inicio y el final del ensayo, se verifica que el tratamiento testigo T3, fue el que mayor pérdida de peso tuvo, mostrando así el efecto de los retardantes de madurez.
- En dicha variable (pérdida de peso) se observa que los dos tratamientos: T1 y T2 correspondientes a triacilgliceroles, y cera de carnaúba respectivamente tuvieron una menor pérdida de peso que el testigo absoluto, que se ubicó en un rango diferente a éstos en el análisis funcional.
- La pérdida de firmeza durante los 15 días que duró la evaluación tiene características de linealidad.
- No existen diferencias en la variable firmeza al utilizar los retardantes de maduración, con respecto al testigo.
- La variable color no muestra diferencias significativas entre tratamientos, registrado el día de inicio del ensayo, (día 0); en cambio, en el registro de color al día 15 (final de la evaluación), el color del producto del tratamiento T3, testigo absoluto, presentó una diferencia altamente significativa con relación a los dos tratamientos en que se utilizaron retardantes de la maduración, constituyendo por sí solo un rango diferente

a los demás tratamientos. Este deterioro del color o desverdización, apareció con mayor intensidad solo en el testigo absoluto.

- Se considera, después de realizado el análisis estadístico, que si bien el efecto de los dos retardantes de madurez fue similar, el tratamiento T1 correspondiente a los Triacilgliceroles se ha mostrado mejor numéricamente en las distintas mediciones de las variables evaluadas mostrando por tanto una mayor efectividad.

## CAPÍTULO VII

### RECOMENDACIONES

- Se recomienda al productor, en el tratamiento postcosecha de pimiento (*Capsicum annuum* L.) la utilización de retardantes de maduración ya que retrasan los procesos fisiológicos de senescencia del producto o fruto.
- La utilización de retardantes de maduración, se recomienda debido a que evita sustancialmente la pérdida de peso del producto y la decoloración del mismo.
- Después de la realización del ensayo, y corroborando lo recomendado por el fabricante, se recomienda utilizar retardantes de maduración basados en triacilglicerol, en dosis de 0,5 ml en 6 litros de agua para alcanzar los beneficios mencionados en la literatura e identificados en el presente estudio.
- Durante el almacenamiento del producto, bajar la temperatura al máximo que el producto permita, para ralentizar todos los procesos biológicos, retrasando la actividad de diversas enzimas que ayudan en la biosíntesis de la producción de etileno.

## CAPÍTULO VIII

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Goukh, A. A., y Bashir, H. A. (2003). Changes in pectic enzymes and cellulase activity. *Food Chemistry*, 83(2), 213–218.
- Addinsoft. (2022). XLSTAT Ver.2022.1.2 Rev.1263, Windows. New York, USA. <https://www.xlstat.com/es>
- Alba, R., Payton, P., Fei., Z., McQuinn, R., Debbie, P., Martin, G., y Giovvannoni, J. (2005). Transcriptome and selected metabolite analyses reveal multiple points of ethylene control during tomato fruit development. *The Plant Cell*, 17(11), 2954-2965.
- Alemán, L. (2015). Control de las podredumbres de pimiento (*Capsicum annuum* L. var. California) con ácido peroxiacético (Tesis de Pregrado). En U. P. Cartagena. Colombia.
- Alvarado, M., y Cabrera, L. (2010). Determinación del tiempo de vida útil en los pimientos california verdes frescos en bandejas plásticas empacados con papel film (Tesis de Pregrado). En E. S. Litoral. Guayaquil - Ecuador.
- Álvarez , F., y Pino, M. T. (2018). Aspectos Generales del manejo agronómico del pimiento en Chile. En I. d. INIA, *Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes*.
- Álvarez de Morales Dávila, M. d. (2016). Procesos biológicos implicados en el control de la maduración y calidad de frutos de pimiento (*Capsicum Annuum* L.): Proteómica y antioxidantes. Universidad de Granada.
- Angueira, M., Sandoval, A., y Barreiro, J. (2003). Tasas de respiración en cuatro híbridos de pimentón (*Capsicum annuum* L.). *Iterciencia*, 28(10), 593-596. Retrieved 2021 de abril de 28, from Interciencia: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442003001000008&Ing=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003001000008&Ing=es&tlng=es).
- Araújo de Carvalho, F. P., y Alcobaça Gomes, J. M. (2008). Eco-eficiência na Produção de Cera de Carnaúba no Município de Campo Maior, Piauí, 2004. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 46(2), 421-453.
- Ávalos-Andrade, A., Ramírez-Córdova, Y., Goytia-Jiménez, M. A., Barrientos-Priego, A. F., y Saucedo-Veloz, C. (2006). Etileno en la abscisión del fruto de tres especies del Género *Opuntia*. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 127-133.

- Balaguera-López, H. E., Salamanca- Gutiérrez, F. A., García, J. C., y Herrera-Arévalo, A. (2014). Etileno y retardantes de la maduración en la poscosecha de productos agrícolas. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*.
- Barco, P. L., Burbano, A. C., Medina, M., Mosquera, S. A., y Villada, H. S. (2009). Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*). *Revista Bio Agro*, 7(2), 70-76.
- Blandón, N. S. (2012). Fisiología de Poscosecha. En UNI, *Folleto 2*.
- Borbor Suárez, D. (2021). Incidencia en la maduración de la fruta climatérica y no climatérica durante la poscosecha para su exportación y comercialización en el Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, 10(2), 1-22.
- Bouzayen, M., Latché, A., Nath, P., y Pech, J. (2010). Mechanism of fruit ripening. *Plant developmental biology-Biotechnological perspectives*, 1, 319-339.
- Budde, C., Tula, A., Polenta, G., Lucangeli, C., y Murray, C. (2003). El color de fondo y la dureza como estimadores no destructivos de la firmeza en la pulpa de duraznos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 5(2), 134-139.
- Caceres, I., Martínez-Jávega, J., Cuquerella, J., Del Río, M., y Navarro, P. (2003). Influencia del encerado en la calidad de la mandarina "Clemenules" procedentes de Sistemas de Producción Integrada. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 113-116.
- Cancino, C. (2007). *Efecto del uso de dos coberturas en la reducción de daños por frío en palta cv. Hass*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, (Tesis de Pregrado).
- Carvalho, C., Navarro, P., y Salvador, A. (2012). Poscosecha. En C. U. Lasallista, *Cítricos: Cultivo, Poscosecha e industrialización*. (págs. 223-305).
- Castro, J. (2013). *Manual de procedimientos para la preparación de soluciones en los laboratorios de caracterización y calidad del agua y operación de plantas de tratamiento de aguas*. Centro de estudios científicos y tecnológicos Miguel Othon de Mendizábal.
- Cespedes, M. (2012). *Producción hortofrutícola orgánica*. Boletín INIA N°232. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7459>
- Chávez, N. (2016). *Obtener productos vegetales en todo tiempo*. Cajamarca, Perú: Editorial XinXii.
- Chitarra, M. I., y Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutas y hortalizas fisiología e manuseio*. (Segunda ed.). Lavras:UFLA.

- Díaz, A., Monge, E., Blanco, A., y Val, J. (2006). Inducción de fisiopatías, mediante métodos químicos, en manzanas Golden. En U. P. Valencia, *Nutrición mineral. Aspectos fisiológicos, agronómicos y ambientales* (págs. 149-155).
- Escalona, V., Correa, J., y González, A. (2019). *Manejo Postcosecha de tomates y pimientos frescos y de IV Gama, Serie Ciencias Agronómicas N° 32*. Universidad de Chile.
- Espinoza Montesinos, E., Hinojosa Benavides, J., y Portales Ceballos, C. (2014). *Nuevo sistema de agricultura orgánica en la UDEA Angaraes - Huancavelica*. Universidad para el Desarrollo Andino.
- Froto Madariaga, M. d., Ramos, G., Fernández Michel, S. G., Cueto Wong, M. C., y González Flores, J. E. (2015). Procesos bioquímicos de senescencia y deterioro de frutos frescos y aplicaciones químicas para controlarlos. En *Análisis, Calidad y Procesamiento de los Alimentos en México* (págs. 111-126).
- Gago Mesejo, D. (2015). Efecto de las heridas sobre la resistencia de frutos de pimieto a *Botrytis cinerea* (Trabajo de Fin de Grado). En B. V. Departamento de Biología Animal, *Universidade da Coruña*.
- González, L., Aylas, B., Paima, K., y Bazán, A. (2013). Determinación de la tasa respiratoria de *Eugenia Stipitata* Mc Vaugh (arazá) y *Myrcyaria dubia* HBK (camu-camu). *Ciencia Amazónica*, 3, 56-58.
- González-Aguilar, G., Peregrino, A., Ayala-Zavala, F., y Fortiz, J. (2003). Respuestas fisiológicas de pimientos con diferentes estados de madurez al tratamiento con metil jasmonato y envasado individual. *Simiente*, 73(1-2), 43-52.
- Goñi, S., y Salvadori, V. (2015). *Color measurement from digital images*. UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45660>
- Guillen, F. (2009). 1-MCP como estrategia de conservación. *Horticultura Internacional*(69), 18-21.
- Hernández, M. (2007). Manejo de cosecha y poscosecha de frutos de arazá. En I. A. Científicas. Colombia.
- Jacomino, A. P., Martínez Ojeda, R., Kluge, R. A., y Scarpore Filho, J. A. (2003). Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal*, 25(3), 401-405.
- Jordán, M., y Casaretto, J. (2006). Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas. En F. Squeo, y L. Cardemil, *Fisiología Vegetal*. Universidad de La Serena.

- Kader, A. (2007). *Tecnología Poscosecha de cultivos Hortofrutícolas*. Universidad de California, División de Agricultura y Recursos Naturales.
- Kehr, E. (2002). Susceptibilidad a daño por enfriamiento en poscosecha de pimiento y tratamientos para disminuir su efecto. *Agricultura Técnica*, 62(4), 509-518.
- Kitinoja, L., y Kadel, A. (2003). *Técnicas de Manejo Poscosecha a pequeña escala: Manual para los productos Hortofrutícolas*. Universidad de California, Davis.
- López, L. (2015). Evaluación del comportamiento en poscosecha, de tres híbridos de pimiento (*Capsicum annum*) con tres temperaturas y dos atmósferas modificadas en la provincia de Cotopaxi (Teis de Pregrado). En U. T. Cotopaxi. Latacunga.
- López, L. (2017). Comportamiento postcosecha de pimiento morrón afectado por el estado de madurez y una atmósfera modificada con microperforado. (Tesis de Máster). *Universidad Autónoma de Chapingo*.
- Loyola, n., y Ariola, M. (2012). Alternativas de manejo de poscosecha para pimientos y arándanos orgánicos. *Producción hortofrutícola orgánica. Boletín INIA N°232*, 111-112.
- Martín, J. (2017). *Efecto de la combinación patrón-portainjerto, estado de maduración del fruto y condiciones de estrés hídrico o salino sobre el contenido en compuestos bioactivos del pimiento (Capsicum annuum) (Tesis de Máster)*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Martínez - González, M., Balois-Morales, R., Alia-Tejacal, I., Cortez-Cruz, M., Palomino-Hermosillo, Y., y López-Gúzman, G. (2017). Poscosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos. 4075-4087.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). Cultivo de Pimiento.
- Moreno, E. (2020). Efecto del genotipo, tejido y estado de madurez en la composición de la fracción volátil del pimiento y especies relacionadas (*Capsicum spp*): implicaciones en la mejora de la calidad organoléptica (Tesis Doctoral). En U. C. Mártir.
- Mosquera Caicedo, N. B., y Rivera Ibarra, A. A. (Agosto de 2017). Estado actual de los niveles de desperdicio de las cadenas de abastecimiento de alimentos. *Memorias del Congreso UTP*, 202 - 209. Popayan , Colombia.
- Muñoz Monsalve, C. (2019). Operaciones especiales y de conservación en la poscosecha de frutas y hortalizas. En p. y. Escuela de Ciencias Agrícolas. Editorial UNAD.
- Niampira, F., y Cuellar, M. (2017). *Evaluación del efecto de envasado en el almacenamiento del cubio (Tropaeloum tuberosum R&P) durante el manejo pscosecha (Tesis de*

*Pregrado*) (Vol. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos/168](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/168)). Bogotá: Universidad de La Salle.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2012). *FAO. Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo, alcance, causas y prevención* : <https://www.fao.org/3/i2697s/i2697s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *FAO. Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*: <https://www.fao.org/3/i5504s/i5504s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *FAO. Código de conducta voluntario para la reducción de las pérdidas y el desperdicio de alimentos.*: <https://www.fao.org/3/cb9433es/cb9433es.pdf>

Palacio, A., y Sánchez, E. (2017). Influencia de la variedad, portainjerto y época de cosecha en la calidad e índices de madurez en pimiento morrón. *Nova Scientia*, 1-23.

Paredes, A., y Peche, J. (2019). *Influencia en el estado de madurez en el índice de carotenoides del pimiento morrón (Capsicum annum), utilizando visión artificial (Tesis de Pregrado)*. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4496>

Peña, B. (2004). *Velocidad de maduración de frutos de mango cv. Keitt tratados con 1-MCP y Etileno (Tesis de Maestría)*. Universidad de Sonora. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/4496>.

Pérez, M., Saavedra, C., Aquino, W., y Lázaro, W. (2017). *Parámetros de calidad de postcosecha en Pimiento Paprika y Chile Guajillo (Capsicum annum L.)*. Valle Santa - Perú.

Perez-Gago, M., Del Río, M. A., y Rojas Argudo, C. (2008). Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Horticultura Revista de Industria Distribución y Socioeconomía Hortícola*, 54-58.

Pino, M. T., Pabón, C., y Zamora, O. (2018). Aspectos secundarios del pimiento y su valoración en la industria de alimentos saludables e ingredientes. En I. d. INIA, *Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes* .

Pinzón, I., Fischer, G., y Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Agronomía Colombiana*.

Reid, M. S. (2009). *Poscosecha de las flores cortadas. Manejo y Recomendaciones*.

Reid, M. S. (2011). *El etileno en la Tecnología Postcosecha*.

- Rödiger, A., Agne, B., Dobritzsch, D., Helm, S., Müller, F., Pöttsch, N., y Baginsky, S. (2020). Chromoplast differentiation in bell pepper (*Capsicum annuum*) fruits. *The plant journal*, 105(5), 1431-1442.
- Rodoni, L. (2014). Evaluación de metodologías no contaminantes para mantener la calidad y extender la vida poscosecha de pimientos (*Capsicum annuum* L.) frescos cortados (Doctoral dissertation). *Universidad Nacional de la Plata*.
- Rodríguez Ruiz, M. (2017). *Dinámica de los antioxidantes en la maduración y post-cosecha de pimiento (Capsicum annuum L.) (Tesis Doctoral)*. Consejo Superior de investigación científica (CSIC)/Universidad de Granada.
- Rodríguez-Félix, A., Villegas-Ochoa, M., Camarena-Gómez, G., y Martínez-Antúnez, B. (2001). Calidad de Naranja 'Valencia' Durante el Almacenamiento a Baja Temperatura. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 7(2), 259-274.
- Ruelas-Chacón, X., Reyes-Vega, M. d., Valdivia-Urdiales, B., Contreras-Esquivel, J. C., Montañez-Saenz, J. C., Aguilera-Carbó, A. F., y Peralta-Rodríguez, R. D. (2013). Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con Recubrimientos Comestibles. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 31-37.
- Ruelas, M. (2016). *1-Metilciclopropeno para retrasar la maduración de papaya "Maradol" con destino a exportación (Tesis de Maestría)*. Sinaloa, México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.
- Ruiz, E., Moreno, J., y Suárez, R. (2019). Buenas prácticas corporativas en materia de reducción de pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. En BID, # *Sin Desperdicio*.
- Ruíz-Altisent, M., y Valero Ubierna, C. (2000). La calidad de la fruta. *Vida Rural*, 66-68.
- Sarango, M. (2021). *Evaluación de pérdidas físicas en poscosecha de cinco productos hortícolas "Feria yo prefiero Macají" Chimborazo, Riobamba (Tesis de Pregrado)*. Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22721>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. (2012). *Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial, México calidad suprema en pimiento morrón*.
- Silva Freitas, C. A., Pinto Vieira, Í. G., Machado Sousa, P. H., Rodrigues Muniz, C., da Costa Gonzaga, M. L., y Florindo Guedes, M. I. (2016). Carnauba wax p-methoxycinnamic diesters: Characterisation, antioxidant activity and simulated

- gastrointestinal digestion followed by in vitro bioaccessibility. *Food Chemistry*, 1293-1300.
- Solárte, M. E., Hernández, M. S., Morales, A. L., Fernández Trujillo, J. P., y Melgarejo, L. M. (2010). Caracterización Fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración. En *Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la Guayaba* (págs. 85-119).
- Taiz, L., y Zaiger, E. (2010). *Fisiología de las plantas*. Massachusetts, U.S.A: Editorial Sunderland.
- Talens Oliag, P. (2017). Evaluación de color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. *Universitat Politècnica de València*.
- TECNIDEX. (27 de 09 de 2010). Especificaciones Técnicas Teycer C18. Sevilla, Valencia, España.
- The High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. (2014). *HLPE*. Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles.
- Thompson, K. (1998). *Tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas. Serie de publicaciones del Programa Nacional de Capacitación en Manejo Post-Cosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas*. Armenia, Colombia: SENA.
- Trincheró, G., Di Trolio, M., y Frascina, A. (2001). Retardadores de la maduración en frutos de tomate almacenados bajo atmósfera modificada. *Revista de la Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires*, 229-237.
- Turland, N., Wiersema, J., Barrie, S., Greuter, W., Hawksworth, D., Herendeen, P., . . . Smith, G. (Edits.). (2018). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code). *adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017., Regnum Vegetabile 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books*. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- Valero, D., y Serrano, M. (2010). *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality* (Primera ed.). CRC.
- Velázquez-Sámano, G., Collado-Chagoya, R., Cruz-Pantoja, R. A., Velasco-Medina, A. A., y Rosales-Guevara, J. (2020). Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios. *Revista Alergia México*, 66(3).
- Verdugo-Fuentes, A., Peñuelas-Rubio, O., Argente-Martínez, L., Leyva Ponce, J. A., y González-Aguilera, J. (2021). Algunas consideraciones sobre el manejo poscosecha de la zanahoria. *Acta Agrícola y Pecuaria*.

- Villamizar, F., y Ospina, J. (2000). *Frutas y Hortalizas. Manejo técnico postcosecha*. Bogotá: SENA.
- Villegas, M. (2018). *Papel del etileno en el comportamiento diferencial de la maduración del fruto en cuatro variedades de pimiento (Tesis de Máster)*. Universidad de Almería: <http://hdl.handle.net/10835/7032>
- Watkins, C. (2008). The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. *Biotechnology Advances*, 24, 389-409.
- Zaccari, F., Del puerto, M., Vignale , B., y Pritsch , C. (2017). Parámetros colorimétricos y contenido de pigmentos en cinco colores de cáscara de fruto de guayabo (*Acca sellowiana* (Berg) Burret). *Agrociencia Uruguay*, 21(2).

## ANEXOS

### Anexo 1 Promedios de las unidades experimentales

#### VARIABLE PESO (g)

TRATAMIENTO	REPETICION	PESO 0 DIAS	PESO 5 DIAS	PESO 10 DIAS	PESO 15 DIAS	DIFERENCIA PESO
T1	1	75,69	68,96	61,63	55,89	19,81
T1	2	78,04	71,18	63,37	57,65	20,39
T1	3	79,31	71,57	63,02	56,15	23,17
T1	4	82,02	74,37	66,03	59,40	22,62
T1	5	75,86	68,85	60,78	53,98	21,89
T2	1	78,50	70,94	62,99	55,18	23,32
T2	2	72,49	66,00	58,43	52,27	20,22
T2	3	77,68	70,22	61,64	53,81	23,87
T2	4	79,55	71,81	63,62	55,57	23,98
T2	5	76,63	69,14	60,95	53,43	23,21
T3	1	83,71	75,59	67,12	60,51	23,20
T3	2	83,13	73,92	64,11	56,44	26,69
T3	3	80,37	71,66	62,19	55,08	25,30
T3	4	79,74	70,31	60,43	53,10	26,64
T3	5	69,35	61,96	53,21	46,75	22,61

**VARIABLE FIRMEZA (HA)**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>REPETICION</b>	<b>FIRMEZA 0 DIAS</b>	<b>FIRMEZA 5 DIAS</b>	<b>FIRMEZA 10 DIAS</b>	<b>FIRMEZA 15 DIAS</b>	<b>PERDIDA FIRMEZA</b>
T1	1	34,43	27,80	19,25	13,28	21,15
T1	2	34,88	30,13	18,48	12,08	22,80
T1	3	32,60	29,17	19,95	13,80	18,80
T1	4	31,15	26,33	18,58	12,25	18,90
T1	5	31,90	27,38	18,88	13,23	18,67
T2	1	34,15	29,25	20,03	13,95	20,20
T2	2	34,00	29,50	20,73	14,15	19,85
T2	3	31,90	27,58	18,93	12,65	19,25
T2	4	32,08	27,63	19,08	13,23	18,85
T2	5	31,28	26,53	18,03	11,85	19,43
T3	1	33,08	27,58	20,73	13,75	19,33
T3	2	32,90	26,20	17,78	12,05	20,85
T3	3	32,40	24,63	16,43	10,93	21,47
T3	4	34,85	25,58	16,60	10,95	23,90
T3	5	35,40	26,93	19,23	12,38	23,02

## VARIABLE COLOR (INDICE DE COLOR)

TRATAMIENTO	REPETICION	INDICE DE COLOR 0 DIAS	INDICE DE COLOR 5 DIAS	INDICE DE COLOR 10 DIAS	INDICE DE COLOR 15 DIAS
T1	1	19,453	16,948	16,423	13,129
T1	2	18,951	23,654	16,589	16,896
T1	3	17,943	15,551	16,071	14,721
T1	4	17,098	16,316	15,687	13,033
T1	5	15,243	15,342	15,782	14,435
T2	1	17,520	17,320	14,692	14,936
T2	2	15,109	15,194	15,403	14,508
T2	3	18,200	15,337	14,424	13,868
T2	4	16,646	15,560	15,843	14,100
T2	5	16,014	15,763	15,264	14,570
T3	1	15,768	17,361	16,971	8,549
T3	2	16,502	16,421	16,633	10,769
T3	3	15,996	15,145	14,444	11,776
T3	4	17,812	16,436	16,180	12,288
T3	5	14,790	17,752	15,595	13,749

## Anexo 2 Ficha técnica de los productos usados

<b>AGRONPAXI</b>	<b>LATACUNGA</b> Panamericana Norte Km 12, Sector Piedra Colorada Latacunga - Ecuador. Tel. (593) 3 2719113 Cel: 0994423585. <a href="mailto:info@agronpaxi.com">info@agronpaxi.com</a>	
	<b>DURÁN</b> Plaza Industrial Durán Latacunga Las Brisas Mz-9 SJ-S Durán - Ecuador. Telf. (593) 4 3901595 Cel: 09981951909. <a href="mailto:mlajaro@agronpaxi.com">mlajaro@agronpaxi.com</a>	
	QUITO - LATACUNGA - DURAN - MACHALA - QUEVEDO	
	<h1>FRUTIVER 6.1</h1>  <h2>FICHA TÉCNICA</h2>	

Formulación:	<b>LÍQUIDO</b>
Composición Química:	<b>TRIACILGLICEROLES</b> <b>6,1 g/l</b>
Compatibilidad orgánica:	

**GENERALIDADES:**

**FRUTIVER 6.1** Es un coadyuvante natural, cuyos componentes son de origen vegetal, lo que le permite ser totalmente biodegradable.

**FRUTIVER 6.1** Trabaja conjuntamente con diversos tipos de plaguicidas y herbicidas obteniéndose resultados muy satisfactorios.

**FRUTIVER 6.1** Es una cera protectora que reduce el intercambio gaseoso en las frutas.

**VENTAJAS:**

**FRUTIVER 6.1** Al estar compuesto por productos vegetales, resina natural y agua **FRUTIVER 6.1** es un producto no fitotóxico acorde con lo establecido en el capítulo 1, parte 172, sub-parte C N° 172.210, título 21 de la Federal and Drug Administration (FDA).

**FRUTIVER 6.1** Es un producto de origen vegetal altamente especializado totalmente biodegradable.

**FRUTIVER 6.1** Ha sido especialmente formulado para prolongar la vida verde de frutas, legumbres y productos hortícolas.

**FRUTIVER 6.1** Actúa como protector solar en Pre-cosecha.

**DOSIS RECOMENDADAS Y FORMAS DE APLICACIÓN:**

**En cultivos convencionales y orgánicos:**

3 Lts. / Ha.  
Puede ser aplicado con motobomba, bomba de mochila o cualquier otro equipo diseñado para aplicar en el campo.

**RECOMENDACIONES ESPECIALES Y CULTIVOS RECOMENDADOS:**

**FRUTIVER 6.1** NO ES FITOTÓXICO.

**FRUTIVER 6.1** Está recomendado para ser usado en cultivos frutales y hortícolas.

**PRESENTACION DE VENTA:**

200 LT

Importado y distribuido por: AGRONPAXI CIA. LTDA.  
Fabricado por: AGROAMBIENTE DE COSTA RICA S.A.

PARA MAS INFORMACIÓN CONSULTE CON EL DEPARTAMENTO TÉCNICO DE AGRONPAXI CIA.LTDA. [info@agronpaxi.com](mailto:info@agronpaxi.com) / [www.agronpaxi.com](http://www.agronpaxi.com)

#### PRECAUCIONES

Agítese antes de usar. Debe guardarse en su empaque original en lugar seguro, fresco y seco. No cambie de su envase original. Manténgase fuera del alcance de los niños, los animales y personas irresponsables. No mezcle con productos que no sean aprobados por el fabricante. Realice primero una prueba de compatibilidad en un recipiente empleando las proporciones que utilizará en la aplicación para establecer la compatibilidad física de los productos.

#### PELIGRO

Su ingestión es dañina. Evite su inhalación. Puede causar irritación en la nariz, garganta y/o piel. Evite el contacto con ojos, piel y ropa. En caso de que haya sido ingerido, provoque el vómito introduciendo el dedo en la garganta del paciente. Nunca le dé nada en forma oral a una persona inconsciente. En caso de que los ojos hubieran estado en contacto, lavarlos con abundante agua por lo menos 15 minutos. Obtenga ayuda médica.

#### GARANTÍA

El fabricante garantiza que este producto contiene los ingredientes especificados y razonablemente sirve para los propósitos aquí indicados cuando se usa de acuerdo a las instrucciones bajo circunstancias normales. Nadie, excepto el representante legal del fabricante, está autorizado para hacer alguna garantía o instrucción sobre el producto.

Debido a que el almacenamiento, la época, lugar y dosis de aplicación están fuera del control del vendedor, eventuales daños a causa del mal uso o almacenamiento, no son responsabilidad del vendedor.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

## Teycer C 18



El objetivo del desarrollo,  
la producción y la  
comercialización de  
Productos Fitosanitarios,  
Desodorantes, Ceras  
y Desengrasantes.

Fecha de Revisión: 27/09/2010  
Versión: 00/10

### 1. Información relativa a la composición

#### Ceras 18 % p/v

Cera carnauba E903

CAS-No.: 8015-86-9  
Pm: No disponible

TEYCER C18 es un formulado compuesto por una mezcla de ceras en emulsión en agua, específico para el encerado de frutos en postcosecha. Se recomienda su utilización para la conservación de frutos durante el período posterior a la recolección, almacenaje en cámaras frigoríficas, transporte y comercialización. Este formulado mejora el aspecto por aumento de brillo, evita pérdidas de peso y retrasa el envejecimiento por reducción en la transpiración y la respiración.

**Tipo de formulación:** Emulsión aceite en agua (EW)

### 3. Especificaciones del formulado

Contenido en sólidos: 18 % (17 – 19 % p/v)  
Aspecto: Líquido marrón - beige  
pH: 9,0 – 11,2  
Explosividad: No explosivo.  
Densidad (20 °C): 1,00 – 1,03 g/mL

### 2. Aplicaciones autorizadas

Tratamiento post-cosecha de frutos cítricos para mejorar su aspecto, incrementar el brillo, evitar pérdidas de peso y retrasar el envejecimiento reduciendo la transpiración y la respiración. La dosis normal de aplicación es de 1 L/T de fruta, sin diluir, aplicado por pulverización en equipos especialmente diseñados para este fin, instalados sobre máquina de cepillos, que realicen una dosificación homogénea y proporcional al paso de fruta, proporcionando un encerado de grado alto. Esta podrá variar ligeramente según el tamaño de fruta. Se puede también aplicar por inmersión de la fruta lavada a razón de 0,05- 0,2 g/L de agua. Tras la aplicación se procede al secado de la fruta, consolidando una finísima película de cera sobre la piel de los frutos.

Pág. 1 de 1

TECNIDEX, FRUIT PROTECTION, S.A.U.  
C/ Ciudad de Sevilla 45-A Pol. Ind. Fte del Jarro Paterna (Valencia), ESPAÑA  
e-mail: [admon@tecnidex.com](mailto:admon@tecnidex.com) - Tel: +34 96 132 34 15 - [www.tecnidex.com](http://www.tecnidex.com)