

# EVALUACIÓN DE LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) A PARTIR DE LA ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENVASE EN EL PROCESO LOGÍSTICO DE TRANSPORTE

## EVALUATION OF THE REDUCTION OF TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) LOSSES THROUGH THE ADAPTATION OF A PACKAGING SYSTEM IN THE TRANSPORTATION LOGISTICS PROCESS



<sup>1</sup>Ismael Povea Garcerant, <sup>2</sup>Cristian Barreto Galindo,  
<sup>3</sup>Cristian González Moreno

<sup>1,2,3</sup>Universidad de La Salle, Colombia

Recibido: 10/10/2023 Aprobado: 30/11/2023

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a partir de la adaptación del envase tradicional destinado para su transporte, se realizó un diagnóstico en el cual se observaron todas las características y variables a tener en cuenta en los procesos cosecha y postcosecha del fruto, con el fin de evidenciar factores que pudieran incidir en las pérdidas de este alimento. Teniendo en cuenta la fase previa, se evaluaron posibles materiales para las adaptaciones en el envase tradicional, las cuales consistían en el revestimiento de las paredes internas del envase. Dichos materiales fueron costal de fique (CA1) y polietileno inyectado (CA2). Las canastillas con adecuaciones se dispusieron en el transporte de costumbre para el traslado hasta el punto de venta, tomando un total de 20 kg para la caracterización fisiológica y fisicoquímica, para su posterior análisis estadístico por medio del software R Studio. Los resultados indican que la pérdida de peso es una de las características mayormente influenciada de acuerdo a las adecuaciones realizadas. Adicional a esto, se observó diferencia significativa entre las unidades que estaban en el envase con adecuación de polietileno inyectado (CA2) en factores como porcentaje de ácido cítrico, índice de madurez y daños mecánicos en comparación con los otros envases estudiados. Se concluye que la implementación de adaptaciones a la canastilla plástica puede disminuir las pérdidas provocadas durante el transporte del tomate entre un 9 % y un 9.7 %, así como mantener propiedades físicas, fisiológicas y fisicoquímicas del mismo.

**Palabras clave:** pérdidas, reducción, tomate, transporte, adecuación, envase.

Citación: Povea Garcerant, I. (2023). Evaluación de la reducción de pérdidas de tomate (*solanum lycopersicum*) a partir de la adaptación de un sistema de envase en el proceso logístico de transporte. *Publicaciones E Investigación*, 17(3). <https://doi.org/10.22490/25394088.7559>

<sup>1</sup> [ipovea@unisalle.edu.co](mailto:ipovea@unisalle.edu.co) - <https://orcid.org/0000-0001-9922-7464>

<sup>2</sup> [cbarreto@unisalle.edu.co](mailto:cbarreto@unisalle.edu.co) - <https://orcid.org/0000-0003-4532-0107>

<sup>3</sup> [cgonzalez@unisalle.edu.co](mailto:cgonzalez@unisalle.edu.co) - <https://orcid.org/0009-0006-8483-8143>

<https://doi.org/10.22490/25394088.7559>

## ABSTRACT

*In order to evaluate the reduction of tomato (*Solanum lycopersicum*) losses from the adaptation of the traditional container for its transport, a diagnosis was made in which all the characteristics and variables to be taken into account in the harvest and post-harvest processes of the fruit were observed, in order to identify factors that could affect the losses of this foodstuff. Taking into account the previous phase, the possible materials for the adaptations to the traditional container were evaluated, which consisted of the lining of the internal walls of the container. These materials were fique sacking (CA1) and injected polyethylene (CA2). The baskets with adaptations were placed in the customary transport for transportation to the point of sale, taking a total of 20 kg for physiological and physicochemical characterization, for subsequent statistical analysis using R Studio software. The results indicate that weight loss is one of the characteristics most influenced according to the adjustments made. In addition, a significant difference was observed between the units in the container with injected polyethylene adaptation (CA2) in factors such as citric acid percentage, maturity index and mechanical damage in comparison with the other containers studied. It is concluded that the implementation of adaptations to the plastic basket can reduce losses caused during tomato transport between 9% and 9.7%, as well as maintain the physical, physiological and physicochemical properties of the tomato.*

**Key words:** *Losses, reduction, tomato, transport, suitability, packaging.*



## 1. INTRODUCCIÓN

Los 1.3 billones de toneladas de alimentos que se pierden y desperdician, PDA, a nivel mundial afectan negativamente a la seguridad y sanidad alimentaria, al medio ambiente y la economía. Se estima que en el mundo más de 810 millones de personas viven en situación de desnutrición y malnutrición (FAO, 2017), mientras que los alimentos que llegan a los rellenos sanitarios aportan cerca de 1,5 Gtoneladas de CO<sub>2</sub> eq., impacto ambiental que es superado solo por las potencias económicas de China y Estados Unidos, respectivamente; es decir, en una escala basada en la generación de CO<sub>2</sub>, las PDA se ubicarían en un tercer lugar (FAO, 2013). La cifra económica relacionada a las PDA no se puede precisar, pero se estima que el costo asociado a los 1.3 billones de toneladas que llegan a los rellenos sanitarios sin pasar por la cadena de aprovechamiento es de 1 trillón de dólares (de Gorter *et al.*, 2021).

Colombia contribuye a esta alarmante cifra, aportando anualmente un total de 10 millones de toneladas de alimentos desperdiciados, según datos de la Dirección Nacional de Planeación (DNP) en 2016. El sector más afectado por esta problemática es el de las

frutas y hortalizas, que representa pérdidas cercanas al 60 % de la producción nacional. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en 2017 concluyó que, si se lograra reducir esta situación en un 50 %, se podría garantizar la seguridad alimentaria de aproximadamente 18 millones de colombianos. Diversos factores de origen nacional contribuyen a este problema: la falta de infraestructura adecuada, las protestas sociales que ocasionan el cierre de vías principales, las condiciones climáticas que afectan la comunicación terrestre, la volatilidad de precios, y el sistema de comercialización colombiano, en el cual existen muchos productores, pocos acopiadores y numerosos consumidores, generando una estructura similar a un reloj de arena, en la que los acopiadores ejercen un control determinante en la cadena comercial, son algunos de los factores de mayor impacto en la cifra general de un 34 % de alimentos que se producen pero que no se utilizan para el consumo o la transformación, tal como señala el informe del DNP de 2016.

A nivel nacional, se han emprendido esfuerzos para abordar la brecha social que resulta de la inequidad en la alimentación y la falta de seguridad alimentaria. En

este contexto y en consonancia con el llamado internacional para trabajar de manera colaborativa en la mejora de la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), el Gobierno colombiano ha elaborado el documento CONPES 113 con el propósito de contribuir a la reducción de las PDA, tal como lo insta la FAO en su informe de 2011 que va en concordancia con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS.

En Colombia, las deficiencias en la gestión de la poscosecha se hacen evidentes, sobre todo en las fases de transporte y comercialización. Una clara manifestación de esta problemática se observa en los mercados minoristas, donde una gran cantidad de frutas y hortalizas en avanzado estado de descomposición yacen dispersas en el suelo (Reina *et al.*, 1998). Esta situación tiene un impacto negativo y directo en los ingresos, afectando principalmente a los agricultores, ya que sus ganancias dependen en gran medida de la cantidad de productos que entregan a los intermediarios. Dada la magnitud de las pérdidas de alimentos, realizar inversiones eficaces para reducirlas podría ser una vía para disminuir los precios de los alimentos (FAO, 2012).

El tomate (*Solanum lycopersicum*), es uno de los productos hortícolas de mayor producción en Colombia con 15.881 ha. sembradas representando un 15 % del portafolio nacional de productos hortícolas (MADR, 2018); debido a su delicadeza y naturaleza altamente perecedera, es fundamental ejercer un manejo extremadamente cuidadoso para garantizar la mejor calidad y un mayor rendimiento tanto en la cosecha como en la comercialización. Según DECCO Naturally Postharvest (2018), para asegurar que los tomates lleguen al consumidor en condiciones óptimas, es esencial recolectarlos en el punto preciso de madurez. La recolección anticipada podría provocar que los productos no alcancen la madurez adecuada, mientras que, si se cosechan en un estado de madurez avanzada, existe un alto riesgo de senescencia, lo que los hace sumamente sensibles a la manipulación y a los procesos logísticos posteriores a la cosecha.

Las condiciones inadecuadas, como temperaturas extremadamente frías o niveles insuficientes

de humedad, tanto en el almacenamiento como en el transporte de los productos, pueden propiciar la aparición de enfermedades causadas por hongos y bacterias, factores que, según Martínez *et al.* (2012), pueden resultar en pérdidas significativas en la producción de tomates. Brenes-Peralta *et al.* (2015) identifica causas directamente correlacionadas a las elevadas pérdidas en la industria del tomate. Estas incluyen aspectos culturales y la resistencia al cambio, condiciones climáticas desafiantes, malas prácticas agrícolas, logísticas, de empaque y de manufactura, tecnología inadecuada, y la definición de estándares de calidad según el mercado y el proceso de comercialización. Por tanto, un envase adecuado en los procesos logísticos posteriores a la cosecha puede reducir las pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) y mantener su calidad óptima durante el transporte y hasta que llega al consumidor final.

Es esencial abordar estos desafíos de manera integral para reducir esta alarmante pérdida de alimentos en Colombia.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo experimental de esta investigación se llevó a cabo en tres etapas fundamentales que respaldaron el análisis y evaluación de los factores más críticos relacionados con la obtención de resultados significativos: en finca, transporte y descargue. El objetivo principal fue identificar las posibles causas de pérdidas en el proceso de transporte de tomates (*Solanum lycopersicum*) y analizar los cambios representativos que experimentó el producto como consecuencia de los daños detectados y que son fundamentales al momento de la decisión de rechazo del alimento. Para ello, variables fundamentales en la senescencia fisicoquímica del tomate como pH, °Brix, acidez, índice de madurez, textura y pérdida de peso fueron cuantificadas antes y después de la experimentación debido a que son factores que se relacionan directamente con la calidad del producto. Adicionalmente a ello se evaluaron visualmente los daños físicos en la fruta como resultado de las etapas propias de su comercialización.

Este enfoque metodológico riguroso se basó en una recopilación meticulosa de datos y análisis precisos, lo que proporcionó una comprensión más profunda de los desafíos que enfrenta la cadena de suministro de tomates y, en última instancia, arrojó luces sobre posibles soluciones para reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia en este proceso crucial.

## 2.1 Diagnóstico

El proceso de investigación se inició con un diagnóstico exhaustivo en la fase de cosecha y postcosecha dentro de la finca productora de tomates, con el propósito de identificar las variables críticas que podrían influir en la calidad del producto antes de su transporte. Una vez obtenida esta información, se llevaron a cabo ajustes y adaptaciones necesarios en la canastilla utilizada para el transporte del tomate. Esta fase fue llevada a cabo en la vereda Minas de Yeso, ubicada en el municipio de Gachalá en donde se realizó un minucioso análisis del proceso logístico de cosecha y postcosecha.

Durante esta fase, se recopilaron datos cruciales relacionados con las pérdidas de producto, lo que permitió identificar una serie de variables, tanto dependientes como independientes, influyentes en el proceso logístico estudiado. Entre las variables dependientes

se destacaron aquellas relacionadas con aspectos clave como la cantidad de tomates por envase, el tipo y estado físico de los vehículos utilizados para el transporte, la ruta seleccionada, el apilamiento de las canastillas, la capacidad de carga de los vehículos, la distancia entre los envases, el modo de transporte, la forma de carga del producto, el conductor, las vías, la estandarización de peso por canasta, las prácticas de cosecha y clasificación, así como todas aquellas relacionadas con las condiciones de temperatura y humedad relativa, las cuales fueron monitorizadas con un Data Logger TESTO de resolución 0,01.

Entre las variables independientes, se consideraron las condiciones ambientales durante el transporte, el clima, el estado de las vías de transporte, y la movilidad en las áreas por donde transitó el producto.

## 2.2 Caracterización del producto

### 2.2.1 Toma de muestra

En el proceso de muestreo, se siguieron rigurosamente las directrices estipuladas en la Norma Técnica Colombiana NTC 756 Frutas y hortalizas frescas: toma de muestras. La Tabla 1 relaciona el peso de las unidades de muestra y el peso total del lote en kg, arrojando una cantidad de 20 kg de tomate para el estudio.

**TABLA 1. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA PARA LOS PRODUCTOS A GRANEL DE ACUERDO CON LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 756**

Masa (peso) del lote, en kg	Masa (peso) total de las unidades de muestreo, en kg
Hasta 200	10
201 a 500	20
501 a 1000	30
1001 a 5000	60
Mayor a 5000	100 (mínimo)

### 2.2.2 Análisis fisiológico

El análisis fisiológico evidencia la evaluación de la intensidad respiratoria en los tomates, variable relacionada directamente con la senescencia del fruto y fundamental para el análisis de resultados. Este análisis se llevó a cabo utilizando el método de determinación de la tasa de respiración de frutas y hortalizas por medio del uso del respirómetro; técnica precisa que permite

cuantificar la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) generado por el fruto, cuantificado por medio de una titulación con ácido oxálico 0,1 N. Una bomba de inyección de aire OBO con caudal máximo de salida de 2x4L/min se encarga de transportar el CO<sub>2</sub> desde el recipiente donde se encontraba el producto hasta una trampa de hidróxido de potasio (KOH) 0,1 N, que actuó como un filtro químico, permitiendo el paso de

oxígeno mientras retiene el exceso de dióxido de carbono generado durante la respiración del tomate.

Una cámara de respiración, que estaba conectada al sistema de filtración de KOH, desempeñó un papel fundamental al facilitar el intercambio de gases. Además, se incorporó una trampa espiralada que contenía hidróxido de bario ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) 0,1 N, también llamado, un tubo de Pettenkofer. Esta trampa fue diseñada para capturar el dióxido de carbono generado por la respiración de los tomates en estudio. El compuesto se precipitó como carbonato de bario en el interior de la trampa, lo que permitió cuantificar con precisión la intensidad respiratoria de los tomates. Esta metodología, cuidadosamente estructurada y realizada por triplicado, aseguró la obtención de datos confiables y representativos, contribuyendo así a mejorar nuestra comprensión de la respiración en productos hortofrutícolas y su relación con las pérdidas y desperdicios de alimentos.

Asimismo, se dispuso de un completo equipo de titulación que incluyó elementos como un soporte universal, una bureta graduada de 25mL, una pipeta de 20 mL, un pipeteador y un beaker de 10 mL, además de los reactivos necesarios, como la solución al 1% de fenolftaleína y el ácido oxálico 0,1 N. Este montaje posibilitó la determinación precisa de la intensidad respiratoria del vegetal, expresando sus resultados en miligramos de dióxido de carbono por kilogramo por hora ( $\text{mg CO}_2/\text{kg}\cdot\text{h}$ ), tal como se detalla en la ecuación 1.

Para llevar a cabo la prueba, se seleccionaron dos muestras de tomate de diferentes canastillas y se sometieron al análisis. Estas muestras se colocaron en una cámara de respiración y se sellaron herméticamente antes de poner en funcionamiento el equipo. En el tubo de Pettenkofer, se añadieron 50 mililitros de hidróxido de bario, posicionándolo horizontalmente con una ligera inclinación hacia la cámara de respiración para que el compuesto cubriera la mayor parte del tubo. El sistema permaneció conectado durante una hora, tras la cual se detuvo el flujo de aire.

Para la titulación, se tomó una muestra de 10 mL contenida en la trampa espiralada y se colocó en el

beaker, al cual se le añadieron tres gotas de fenolftaleína como indicador. En la bureta, se incorporó el ácido oxálico y se procedió a titular la solución hasta que esta cambiara de color de morado-rosa a incoloro. Este mismo procedimiento se realizó utilizando una muestra patrón o blanco, que consistía en 10 mililitros de hidróxido de bario 0,1N, con fines de cálculo y referencia. Para garantizar la precisión de los resultados, se duplicó esta prueba para cada una de las canastillas, lo que totalizó cuatro canastillas con muestras sujetas a análisis y cuatro canastillas con muestras control o blanco, lo que aumentó la efectividad de los resultados obtenidos.

$$IR = \frac{(Vb - Vm)ml * N * 22 \text{ mg CO}_2/\text{meq}}{(W * t)} \quad (1)$$

Donde:

Vb = Volumen de  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  en ml (utilizado para titular el blanco)

Vm = Volumen de  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$  en ml (utilizado para titular la muestra)

N = Normalidad de  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$

W = Peso de la muestra vegetal en kilogramos

t = Tiempo en horas

### 2.2.3 Análisis fisicoquímicos

Se siguió la metodología propuesta en la Norma AOAC 967.21 para el desarrollo de los análisis fisicoquímicos realizando un triplicado de cada una de las canastillas (4 canastillas por adecuación y 4 canastillas con muestra control o blanco), para así tener mayor rango de efectividad en cada uno de los resultados encontrados.

### 2.2.4 pH

Para la determinación del pH se siguió el procedimiento establecido en la norma técnica colombiana NTC 440. Se utilizó un termómetro digital marca Brixco de  $0,01^\circ\text{C}$  de resolución para garantizar los  $20^\circ\text{C}$  que exige el procedimiento normalizado y con un potenciómetro LAQUAtwin pH-11, previamente calibrado; se determinó el valor de pH de 10 gramos de muestra de tomate, los cuales fueron macerados junto con 10 mililitros de agua destilada.

### 2.2.5 Acidez titulable

Se siguió el procedimiento establecido en la NTC 440 en el ítem 3.5.1. Determinación de acidez, utilizando para ello una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N en una mezcla de tomate-agua usando fenolftaleína como indicador. Los resultados se expresan como porcentaje del ácido predominante en el vegetal analizado como se puede observar en la ecuación 2.

$$\%Acidez = \frac{100 V1 * N * me}{V} \quad (2)$$

Donde:

V = Volumen de la muestra en mL

V1 = Volumen de la solución de NaOH para titular

N = Normalidad de la solución de NaOH

me = Miliequivalente del ácido predominante

### 2.2.6 Sólidos solubles totales (grados Brix)

Según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana NTC 440, se procedió a calcular el porcentaje de sólidos disueltos mediante un análisis refractométrico. Para llevar a cabo esta medición, se aplicó una gota de jugo vegetal sobre el prisma de un refractómetro previamente calibrado, y se procedió a efectuar la correspondiente lectura en respuesta a la exposición a un haz de luz.

### 2.2.7 Índice de madurez (IM)

La siguiente ecuación representa la relación entre el porcentaje de sólidos solubles corregidos en una muestra y su porcentaje de acidez total:

$$Indice\ de\ Madurez = \frac{Grados\ Brix}{\% Acidez\ Total} \quad (3)$$

### 2.2.8 Textura

Se evaluó la textura de los tomates utilizando un equipo de texturómetro LF Plus Series Digital Testing Machine, empleando un penetrómetro como medio de determinación de su dureza, haciendo uso del software adecuado para ello.

### 2.2.9 Pérdida de peso

La determinación de la pérdida de peso se llevó a cabo mediante el uso de una balanza analítica marca Ohaus de resolución 0,01 mg. Inicialmente, se realizó una medición de la masa del producto, y a partir de ese punto, se efectuaron seguimientos en intervalos de 12 horas durante un período de 72 horas, repitiendo este proceso en cada ocasión. Para garantizar una evaluación precisa, se empleó un termohigrómetro de referencia Htc-2 en cada pareja de muestras de todas las canastillas sometidas a evaluación, lo que permitió calcular la humedad relativa durante el ensayo. La ecuación que modela esta prueba se presenta a continuación:

$$\% Perdida\ de\ Peso = \frac{Pi - Pf}{Pi} * 100 \quad (4)$$

Donde:

Pi = Peso inicial de la muestra

Pf = peso final de la muestra

### 2.2.10 Daños mecánicos

La evaluación de posibles daños físicos o mecánicos que ocurrieron durante el proceso de transporte se llevó a cabo mediante un análisis cualitativo. Utilizando su conocimiento previo sobre este tipo de productos, se identificaron y cuantificaron los casos de magulladuras, cortes, golpes y otros tipos de daños. El objetivo de esta evaluación fue determinar qué tipos de daños pueden surgir debido a las diversas variables involucradas en el transporte de un punto a otro.

## 2.3 Adaptación del envase

Tras la recopilación de datos en las etapas posteriores y la creación de un respaldo teórico junto con la orientación sobre los materiales que serían más apropiados para su implementación en la etapa correspondiente, se adaptaron los envases utilizados por los productores como sistemas de protección. Se seleccionaron aquellos que se consideraron más convenientes con el propósito de evaluar su impacto en la reducción de pérdidas de tomates durante el transporte. Los materiales seleccionados para esta fase fueron costales de

fique y mallas de polietileno inyectado, los cuales se adquirieron individualmente en la Central de Abastos Corabastos en la ciudad de Bogotá. Estos materiales se ajustaron a las canastillas, cubriendo todas sus paredes

y superficies internas. Luego, se colocó el producto dentro de estos envases, como se muestra en la imagen 1, y se continuó con el proceso logístico de manera paralela a las operaciones normales.



**Imagen 1.** Adaptaciones realizadas a las canastillas.

Para el análisis de los resultados obtenidos, se definieron las adecuaciones de la siguiente manera:

**TABLA 2. TABLA DE ABREVIATURAS PARA LAS MUESTRAS EVALUADAS**

Adecuación	Identificación general	Identificación por canasta
Canastilla sin adecuación	Canastilla sin adecuación (CSA)	Canastilla 1 sin adecuación (CSA-1)
		Canastilla 2 sin adecuación (CSA-2)
		Canastilla 3 sin adecuación (CSA-3)
		Canastilla 4 sin adecuación (CSA-4)
Canastilla adecuada en todas las paredes con costal de fique	Canastilla con adecuación 1	Canastilla 1 con adecuación 1 (CA1-1)
		Canastilla 2 con adecuación 1 (CA1-2)
		Canastilla 3 con adecuación 1 (CA1-3)
		Canastilla 4 con adecuación 1 (CA1-4)
Canastilla adecuada en todas las paredes con malla de polietileno inyectado	Canastilla con adecuación 2	Canastilla 1 con adecuación 2 (CA2-1)
		Canastilla 2 con adecuación 2 (CA2-2)
		Canastilla 3 con adecuación 2 (CA2-3)
		Canastilla 4 con adecuación 2 (CA2-4)

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En análisis de las causas de afectación de las pérdidas del tomate se realizó en tres etapas: en la finca, teniendo en cuenta las buenas prácticas de cosecha del alimento y el cargue del camión; durante el transporte, teniendo en cuenta las condiciones de la carretera, el clima y la hora de transporte y durante el descargue en plaza de mercado, teniendo en cuenta la forma en la que se hizo esta actividad.

#### 3.1 En finca

##### 3.1.1 Ubicación y cultivo

La finca está ubicada en el municipio de Gachalá, Cundinamarca, Colombia; el municipio cuenta con una superficie total de 448 km<sup>2</sup> y una altitud de 1712 msnm La producción de tomates se lleva a cabo en un moderno cultivo bajo invernadero, donde se mantienen condiciones ideales para potenciar las cualidades del producto. Entre estas condiciones destacan el aumento significativo en el rendimiento por unidad de superficie cultivada, la protección efectiva contra plagas, enfermedades y cambios bruscos de temperatura ambiental.

##### 3.1.2 Personal manipulador de alimentos

El personal encargado de las tareas de precosecha y cosecha del tomate está compuesto por residentes de la finca donde se encuentra el cultivo. Tres de ellos se ocuparon de la recolección y transporte del producto, mientras que una persona adicional se encargó de la selección y clasificación del fruto. La manipulación se basa en métodos tradicionales y empíricos, los cuales son amplios y específicos según la tarea que desempeñan en el cultivo. No hay medidas de buenas prácticas de cosecha, BPC, lo que puede tener un impacto negativo en la calidad final del producto, tanto en términos de daños mecánicos en el tomate como en términos de posibles contaminaciones microbiológicas.

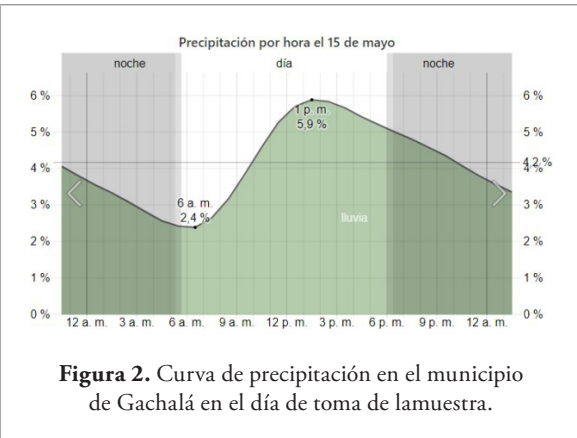
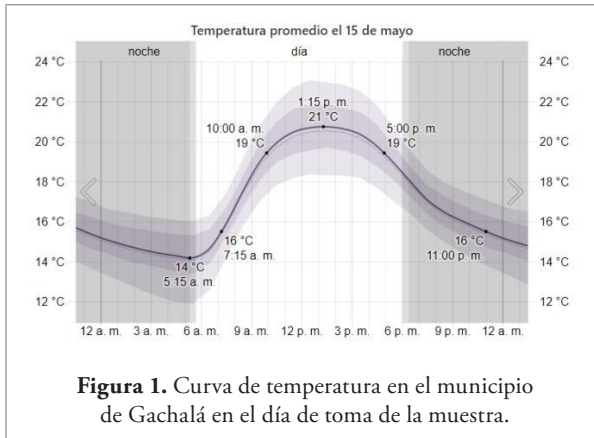
##### 3.1.3 Cosecha

La recolección tuvo lugar entre las 14:00 y las 17:00 horas, con el propósito de que pudiera ser seleccionado y transportado al día siguiente. Según los datos proporcionados por la página de seguimiento meteorológico y climático Weather Spark, durante esta actividad, las condiciones climáticas oscilaron entre los 20 °C y los 19 °C, como se ilustra en la Figura 1. Sin embargo, es importante destacar que, a pesar de



estas previsiones, durante los horarios de recolección mencionados, se produjo lluvia, lo que resultó en un

aumento en la humedad relativa ambiental, tal como se muestra en la Figura 2.



En el proceso de cosecha, se recolecta el producto cuando alcanza un grado de madurez comprendido entre 3 y 5, tal como se observa en la Figura 3. Esto se debe a la naturaleza climática del producto, ya que se permite que madure durante el transporte y posteriormente en la distribución, de manera que pueda presentarse al

consumidor final con un atractivo color rojo característico de un producto en óptimas condiciones. Para el presente estudio se recolectaron un total de 25 canastillas, cada una con un peso aproximado de 23 kg de producto, en un tiempo de trabajo que rondó las tres horas, siguiendo la clasificación relacionada en la Tabla 3.



**Figura 3.** Grados de madurez de tomate.

**TABLA 3.** DIÁMETROS UTILIZADOS SEGÚN LA ASOCIACIÓN COMERCIALIZADORA DE TOMATE DE GACHALÁ

Clasificación	Diámetro del tomate (cm)
Extra	>4,9
Primera	4 – 4,9
Segunda	3 – 3,9
Tercera	2 – 2,9

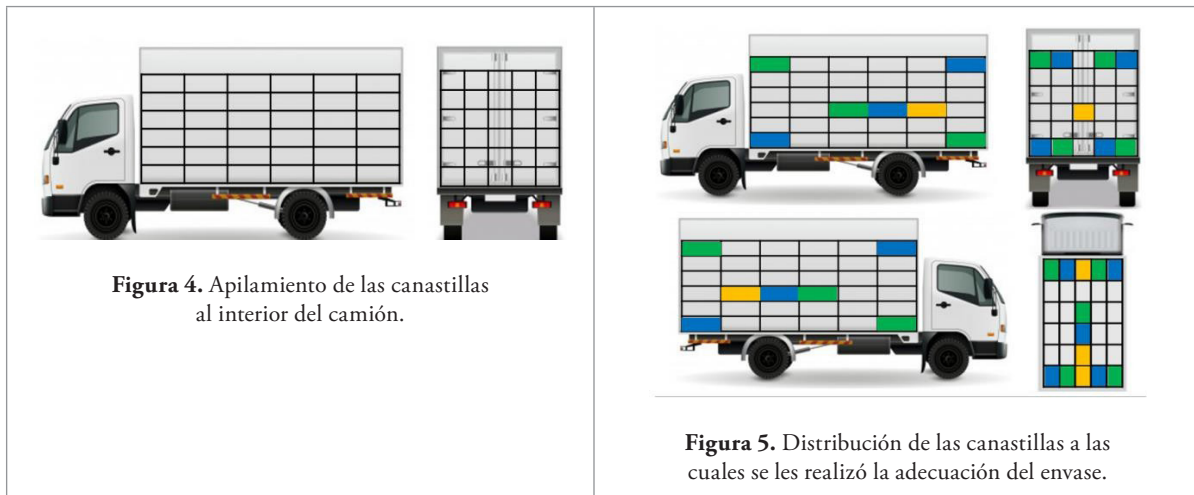
### 3.1.4 Cargue del camión

Se cargaron 157 canastas plásticas de 60x40x30 cm (largo x ancho x alto), cada una con un peso neto de 22 kg, en un camión JAC tipo JHR con una capacidad de carga de 3.850 kg. Este camión está equipado con un furgón completamente cubierto hecho de acero. En la Tabla 4 se muestra la cantidad promedio de unidades por

canasta según su tamaño. La Figura 4 muestra la forma como fueron apiladas las canastas en el camión y la Figura 5 evidencia la ubicación de las canastas con los materiales de envase descritos anteriormente para proteger al fruto; en donde, la canastilla verde representa en costal de fique, la canastilla azul la malla con polietileno inyectado y la canastilla amarilla la canastilla sin adecuación.

**TABLA 4. CANTIDAD DE TOMATES SEGÚN SU CLASIFICACIÓN EN CADA CANASTILLA**

Clasificación	Unidades por canasta
Primera	154 ± 1
Segunda	198 ± 1
Tercera	264 ± 1



### 3.1.5 Transporte del tomate

El recorrido total fue de 91,4 km desde la vereda Minas de Yeso en Ubalá hasta la Plaza de Paloque en la ciudad de Bogotá, tomando la ruta Gachetá-Suevía-Guasca-Parque Nacional Natural Chingaza-La Calera-Barrio El Codito, Bogotá-carrera séptima-calle 183-Autopista Norte-Avenida NQS, pasando por vías terciarias, secundarias, nacionales y distritales, lo que dificultó el adecuado transporte del tomate.

Durante el transporte de los tomates desde Minas de Yeso hasta Bogotá, se llevó a cabo un monitoreo constante de la temperatura y la humedad relativa del producto usando el Datalogger (Figura 6). Los datos se registraron en intervalos de 5 minutos desde el punto de inicio del trayecto hasta el lugar de llegada. A lo largo de todo el recorrido, se observaron notables fluctuaciones en la temperatura y el porcentaje de humedad relativa, alcanzando sus valores máximos en 23,7 °C y 93,8 %, respectivamente, mientras que sus valores mínimos se registraron en 17,8 °C y 62,7 %, respectivamente.

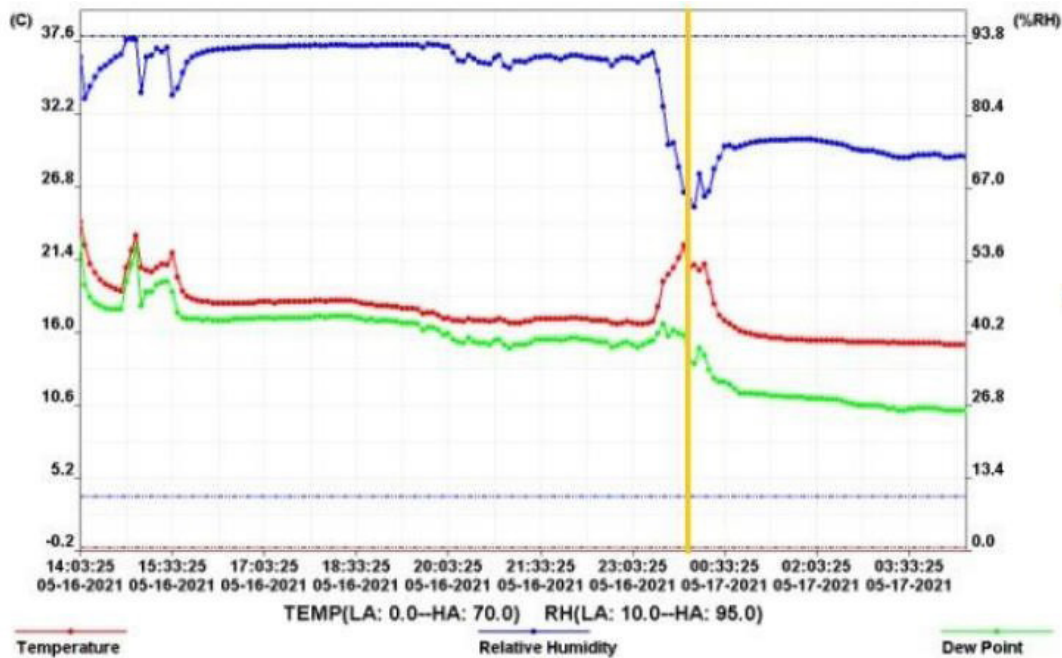


Figura 6. Temperatura, humedad relativa y punto de rocío tomados durante el transporte del producto.

### 3.1.6 Descargue del camión

El descargue se hizo de la manera tradicional, bajando las canastas a un muelle de recibo, pesándolas en la correspondiente báscula y contando las canastas por categoría de clasificación para el pago. Se hace una inspección visual del estado del producto, revisando ausencia de daños mecánicos en él, de lo contrario se rechaza inmediatamente.

## 4. Discusión de resultados

### 4.1 Daños mecánicos

Con base en las observaciones realizadas durante los procesos de pre cosecha y cosecha del tomate, se optó por implementar modificaciones utilizando mallas de polietileno inyectado y costales de fique. El polietileno se considera uno de los materiales más idóneos para proteger los alimentos durante el transporte debido a su capacidad de proporcionar un acolchado eficaz y su facilidad de aplicación (Da Luz Castro, 2015). En el envasado de frutas, la malla de polietileno destaca por su excelente resistencia a los ácidos y aceites propios de las frutas, así como por su alta capacidad de

absorción de energía en caso de impacto (Maquifrut S.L, s.f.). Además, se adapta de manera óptima a una amplia variedad de frutas, mitigando los problemas de vibración que suelen surgir durante la manipulación y el transporte (Povea, 2014).

Por otro lado, los sacos de fibra natural presentan características especiales, como la capacidad de evitar la condensación de la humedad del producto y permitir que esta se libere al ambiente. Además, debido a la rigidez de estos envases, los productos transportados se mantienen en excelente estado y conservan su apariencia y cualidades durante un período prolongado (Fideca, s.f.). Hernández (2004) señala que los sacos elaborados con fibra vegetal, como el fique, ofrecen protección adicional contra la grasa, olores extraños, luz y plagas que podrían afectar la calidad de los alimentos con fines comerciales o de consumo.

La elección de estos materiales para las adaptaciones se basó también en su disponibilidad en el mercado y en su costo accesible.

**TABLA 5. PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DE ACUERDO CON CADA UNA DE LAS CANASTILLAS ESTUDIADAS Y LA DIFERENCIA ENTRE LAS MISMAS**

Canastilla	Unidades revisadas	Unidades en mal estado	Porcentaje de pérdidas	Diferencia
Sin adecuación (CSA)	1056	238	22,5 %	---
Con adecuación 1 (CA1)	616	83	13,5 %	9 %
Con adecuación 2 (CA2)	792	101	12,8 %	9,7 %

En la Tabla 5, se puede apreciar cómo la elección de materiales para las adaptaciones influye directamente en el porcentaje de pérdidas de unidades dañadas, bajo el análisis comparativo de golpes, magulladuras o cortes, en las canastas de estudio. Esta tabla toma como referencia el porcentaje de canastas sin adaptación (CSA), lo que permitió calcular la diferencia porcentual entre las canastas objeto de estudio y, a su vez, determinar la reducción de pérdidas de productos a lo largo del proceso logístico de transporte.

En términos generales, se observó una reducción notoria de pérdidas en los productos transportados en comparación con el envase tradicional. La diferencia entre CA1 y CA2 es de tan solo un 0.7 %. Esta discrepancia puede atribuirse a las propiedades inherentes de los materiales utilizados; por un lado, la malla de polietileno inyectado se forma mediante la combinación de polietileno y un gas que genera pequeñas celdas de aire en el interior de la lámina (Maquifrut S.L, s.f.). Por otro lado, los costales de fique se confeccionan hilando múltiples cuerdas o cabuyas de dicho material para dar forma a los sacos (Echeverri *et al.*, 2015). Dado que las celdas de aire en el polietileno inyectado se adaptan individualmente a cada tomate en la canasta, esta adaptación actuó como un amortiguador efectivo contra golpes o movimientos bruscos. En este sentido, la adaptación con polietileno inyectado (CA2) ha demostrado ser la más eficaz en términos de reducción de pérdidas de productos.

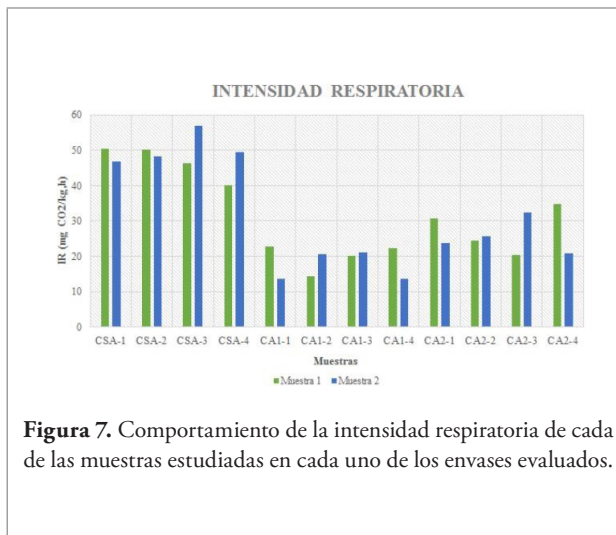
#### 4.2 Intensidad respiratoria

El tomate, al ser un fruto climatérico, exhibe una tasa de respiración que varía según la temperatura, con valores que oscilan entre 10 y 45 mg de CO<sub>2</sub> por kg por hora a temperaturas comprendidas entre 5 y 25 °C (Escalona Contreras *et al.*, 2019). Según Trevor V. Suslow y Marita Cantwell (2013), la intensidad respiratoria del tomate depende de su nivel de madurez y la temperatura a la que se encuentre. En general, para tomates en estado verde-maduro, la tasa de respiración se sitúa entre 8 y 26 mg de CO<sub>2</sub> por kg por hora a temperaturas entre 5 y 25 °C, mientras que, para los tomates maduros, la tasa oscila entre 12 y 26 mg de CO<sub>2</sub> por kg por hora en el mismo rango de temperaturas.

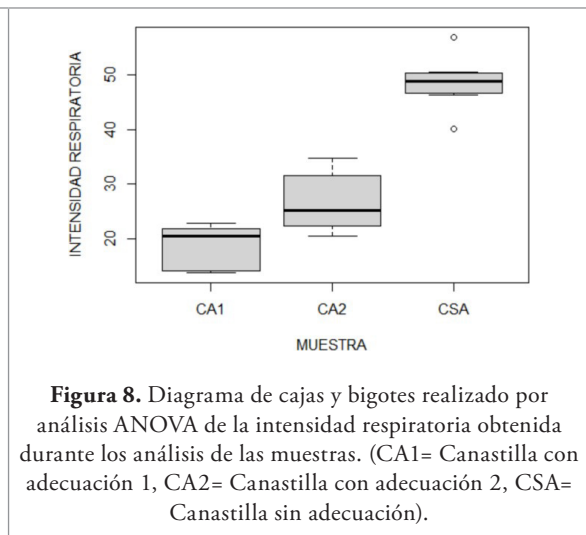
La Figura 7 muestra las diferencias notables en las intensidades respiratorias de los tomates muestreados. Se destaca una clara diferencia entre las unidades que se transportaron en canastillas modificadas, ya sea con costales de fique o polietileno inyectado, y las muestras en el envase tradicional. Además, la Figura 7 muestra que las medias de CA1 y CA2 se mantienen dentro de los rangos mencionados previamente, mientras que la media de las muestras CSA supera significativamente este rango. La diferencia es evidente y se confirma mediante análisis ANOVA y la prueba de Tukey. La marcada diferencia en las muestras evaluadas puede atribuirse a varios factores que impactan directamente en la tasa de respiración del producto. Ortolá (2020) categoriza estos factores en función del estado de

desarrollo del producto, tamaño, temperatura, composición atmosférica, presencia de etileno, daños mecánicos y nivel de corte. Sin embargo, en este estudio, factores como el desarrollo del producto, tamaño, temperatura, composición atmosférica, presencia de etileno y nivel de corte se mantuvieron constantes para todas las muestras evaluadas. Por lo tanto, la única causa plausible de la diferencia observada serían los daños mecánicos que pudieron ocurrir durante el proceso logístico de transporte.

En resumen, al analizar las Figuras 7 y 8, se puede inferir que la modificación de las canastillas con costales de fique y polietileno inyectado contribuye a mantener la tasa de respiración de los frutos dentro de los rangos óptimos en comparación con el envase tradicional. De las dos modificaciones, la del costal de fique parece ser la más efectiva, ya que sus medias se acercan más a los rangos mencionados previamente, teniendo en cuenta el tipo de tomate, la temperatura y el grado de madurez de los frutos evaluados.



**Figura 7.** Comportamiento de la intensidad respiratoria de cada una de las muestras estudiadas en cada uno de los envases evaluados.



**Figura 8.** Diagrama de cajas y bigotes realizado por análisis ANOVA de la intensidad respiratoria obtenida durante los análisis de las muestras. (CA1= Canastilla con adecuación 1, CA2= Canastilla con adecuación 2, CSA= Canastilla sin adecuación).

### 4.3 pH

Maldonado (2001) reveló que el pH del tomate de la variedad chonto se encuentra influenciado por el grado de madurez del fruto. Para el tomate en estado verde, el pH se sitúa en 4,47; mientras que para el estado verde- maduro se ubica en 4,45 y para el estado maduro, en 4,51. De acuerdo con Ciruelos-Calvo *et al.* (2008), el rango típico del pH del tomate oscila entre 4,4 y 4,6, siendo poco probable que se salga de estos valores. Esto garantiza de manera eficaz la estabilidad microbiológica del fruto, convirtiéndolo en un producto fácil de manejar en entornos industriales.

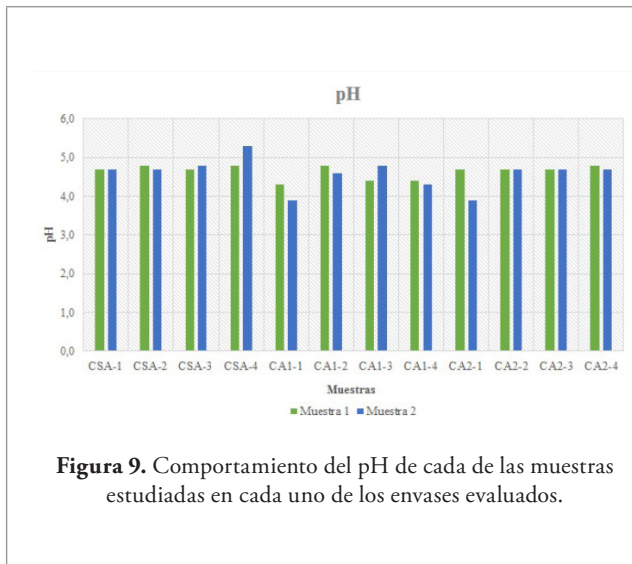
La Figura 10 presenta los datos de pH obtenidos de cada muestra en las tres canastillas estudiadas. Se aprecia que todas las mediciones se encuentran en el rango de 3,5 a 4,7, cumpliendo en su mayoría con los intervalos establecidos para cada nivel de madurez. En la Figura 10, a través de un diagrama de cajas, se constata

que las muestras CSA y CA2 no exhiben diferencias significativas, lo mismo sucede con CA1 y CA2. Sin embargo, se observa una diferencia significativa entre CSA y CA1. Dado que todas las muestras estuvieron expuestas a las mismas condiciones externas que pudieran afectar este parámetro, la única justificación plausible para esta diferencia es el grado de madurez de las unidades analizadas.

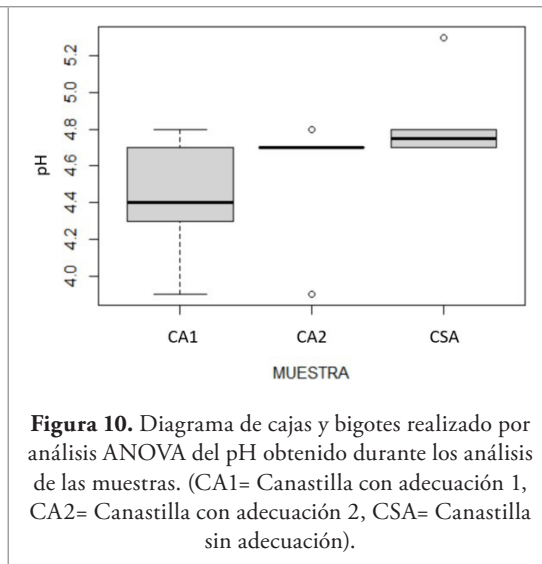
Como señala Poveda Pérez (2015), en la mayoría de los casos, el pH de la pulpa disminuye rápidamente a medida que el fruto madura. Esto se refleja en las medias presentes en el diagrama de cajas de la Figura 9, donde la media de CSA es más alta que la media de los datos de CA1, lo que indica que las muestras CSA tienen un mayor grado de madurez en comparación con las de CA1. Con base en la investigación de Cardona & Velázquez (2012), se puede inferir que las unidades muestreadas de CSA estaban en un estado de mayor

madurez que las de CA1. En resumen, tras la evaluación de este parámetro y su respectivo análisis, se

concluye que ninguna de las modificaciones presentadas provoca un cambio significativo en el pH del fruto.



**Figura 9.** Comportamiento del pH de cada de las muestras estudiadas en cada uno de los envases evaluados.



**Figura 10.** Diagrama de cajas y bigotes realizado por análisis ANOVA del pH obtenido durante los análisis de las muestras. (CA1= Canastilla con adecuación 1, CA2= Canastilla con adecuación 2, CSA= Canastilla sin adecuación).

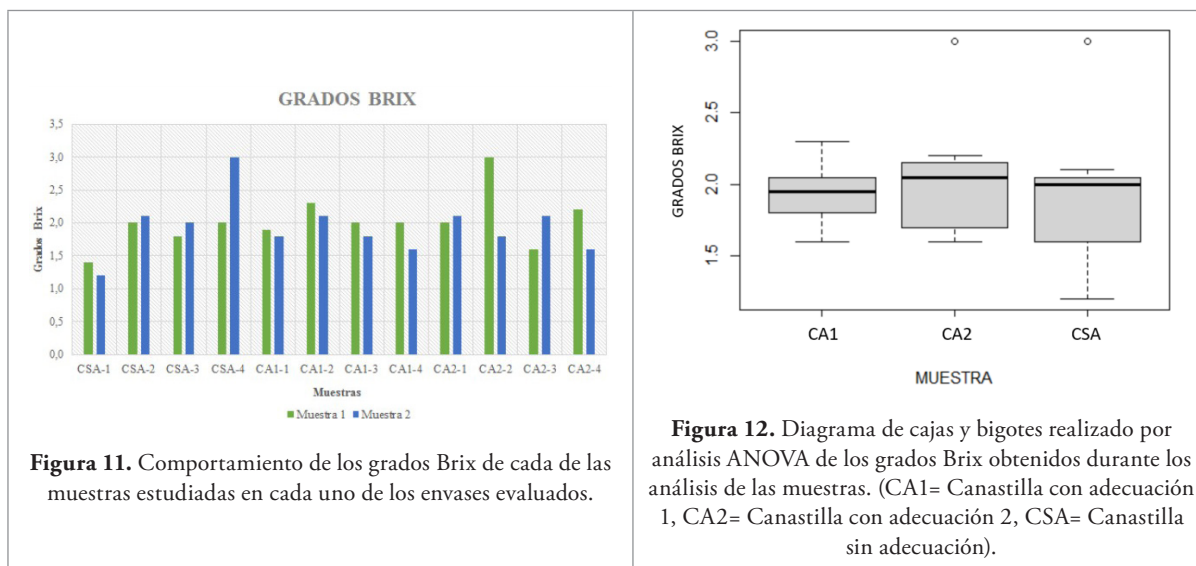
#### 4.4 Grados Brix

De acuerdo con Ciruelos-Calvo *et al.* (2008), la mayoría de las variedades de tomate presenta un contenido de sólidos solubles, medido en grados Brix, que oscila entre 4.5 y 5.5. Estos valores pueden variar en función de factores como las condiciones climáticas durante el proceso de maduración y el riego. Por lo tanto, es común que los tomates maduros y comercialmente viables tengan un contenido de grados Brix que se sitúa entre 4° y 7°, según los resultados presentados por Casierra & Avendaño (2008). En el caso de este estudio, las muestras analizadas se encontraban en un grado de madurez comercial de 5°, como se muestra en la Figura 10.

Sin embargo, al observar la Figura 11 y considerando los rangos mencionados anteriormente, se evidencia que los grados Brix obtenidos durante los análisis de laboratorio para todas las muestras son significativamente más bajos, oscilando entre 1,4 y 3. Esto implica

que los frutos analizados fueron cosechados en una etapa temprana y no lograron acumular una alta concentración de sólidos solubles, como lo sugiere Salunkhe *et al.* (1974), citado por Casierra & Avendaño (2008).

La Figura 12, representada a través de diagramas de cajas, muestra que no existen diferencias significativas entre las muestras analizadas con las diversas modificaciones en las canastillas. Por lo tanto, se puede concluir que ninguna de las adaptaciones influye de manera negativa o positiva en los grados Brix del producto. Estos valores probablemente están más influenciados por factores relacionados con la precosecha y factores ambientales, como la composición mineral del suelo, las prácticas de poda, el riego, la temperatura, la humedad, entre otros (Loor Baque, 2016), en lugar de factores postcosecha, como el transporte, el tipo de embalaje, el vehículo de transporte y la manipulación del producto, entre otros.



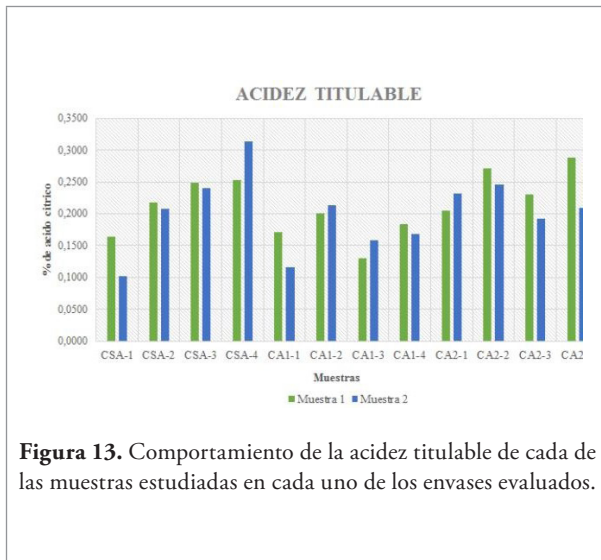
#### 4.5 Acidez titulable

El estudio de Turhan & Seniz (2009) indica que el contenido de acidez titulable (AT) en los tomates osciló entre un 0.22 % y un 0.40 % de ácido cítrico. Asimismo, Cantwell *et al.* (2007) informan que la acidez titulable en siete tipos distintos de tomates cultivados se encuentra en un rango de 0.28 % a 0.38 % de ácido cítrico. Casierra & Avendaño (2008) argumentan que los tomates cosechados en etapas tempranas de maduración no desarrollan completamente los procesos bioquímicos que convierten los ácidos orgánicos en compuestos que influyen en el sabor y el aroma de los frutos.

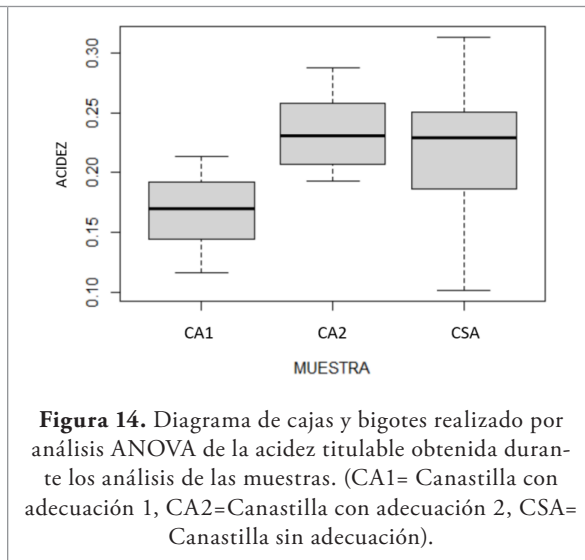
La Figura 13 revela que las muestras analizadas presentan variaciones en los niveles de acidez titulable,

abarcando un intervalo que va desde un 0.10 % hasta un 0.32 % de ácido cítrico. En líneas generales, estos valores se asemejan a los obtenidos por Turhan & Seniz (2009). En cuanto a la Figura 14, se observa a través de los diagramas de caja que no existen diferencias significativas entre las muestras de CA2 y CSA. Esto podría deberse al hecho de que las unidades estudiadas en cada una de las modificaciones presentaban niveles de madurez diferentes, ya que la madurez del fruto y, por ende, su actividad de respiración celular son factores que inciden en los porcentajes de acidez (Pinzón *et al.*, 2007). En efecto, a medida que el grado de madurez del fruto aumenta, se observa una disminución en el porcentaje de acidez presente en el mismo (Rodríguez *et al.*, 2005).

Evaluación de la reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a partir de la adaptación de un sistema de envase en el proceso logístico de transporte



**Figura 13.** Comportamiento de la acidez titulable de cada de las muestras estudiadas en cada uno de los envases evaluados.

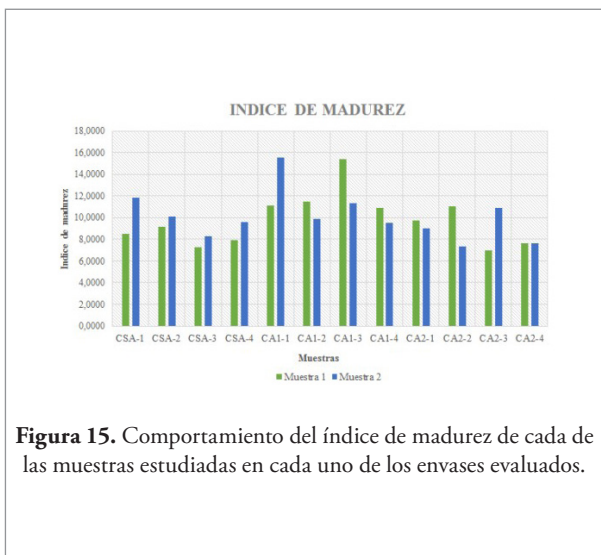


**Figura 14.** Diagrama de cajas y bigotes realizado por análisis ANOVA de la acidez titulable obtenida durante los análisis de las muestras. (CA1= Canastilla con adecuación 1, CA2=Canastilla con adecuación 2, CSA= Canastilla sin adecuación).

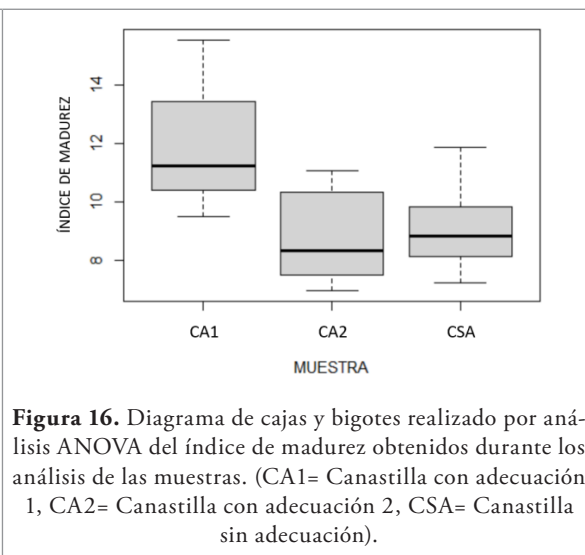
#### 4.6 Índice de madurez

En la Figura 15, se aprecia una marcada diferencia en el índice de madurez de las muestras analizadas en CA1 en comparación con las muestras de CA2 y CSA. Esta notable disparidad se visualiza de manera más efectiva en los gráficos de cajas y bigotes presentados en la Figura 16. Además, la diferencia significativa se atribuye principalmente a una disminución sustancial en la acidez y a un leve aumento en el contenido de sólidos solubles, como lo explican Gómez & Camelo (2002). Esto se respalda con los resultados previamente mencionados en cuanto a la acidez titulable y los grados Brix.

En estos resultados, se evidencia que las unidades de CA1 presentan una acidez titulable considerablemente más baja que las unidades de CSA y CA2. Esto no indica necesariamente que las unidades de CA1 se cosecharon en un estado de mayor madurez en comparación con las unidades de CA2 y CSA. Este hallazgo se asemeja a lo que encontraron Casierra & Avendaño (2008), quienes observaron un índice de madurez más elevado en frutos que alcanzaron una maduración más avanzada en comparación con otros tipos de frutas estudiadas.



**Figura 15.** Comportamiento del índice de madurez de cada de las muestras estudiadas en cada uno de los envases evaluados.



**Figura 16.** Diagrama de cajas y bigotes realizado por análisis ANOVA del índice de madurez obtenidos durante el análisis de las muestras. (CA1= Canastilla con adecuación 1, CA2= Canastilla con adecuación 2, CSA= Canastilla sin adecuación).



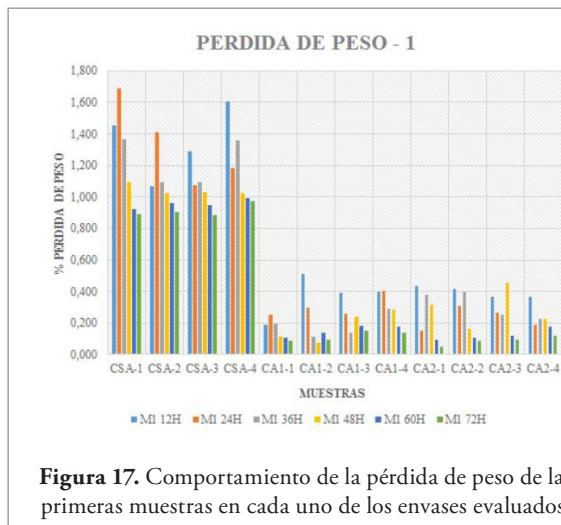
#### 4.7 Pérdida de peso

En las Figuras 17 y 18, se aprecia la evolución de la pérdida de peso en las muestras analizadas para cada una de las modificaciones estudiadas. En ambas figuras, se observa que las muestras en CSA experimentaron una pérdida de peso significativamente mayor, con una media del 1 % durante las 72 horas de seguimiento. Estos resultados concuerdan con hallazgos previos de Escalona *et al.* (2019), que reportaron un aumento en la pérdida de peso en tomates que no estaban envasados en comparación con los que se encontraban en bolsas de plástico. Por otro lado, las otras dos canastillas con adecuaciones mostraron un comportamiento muy similar.

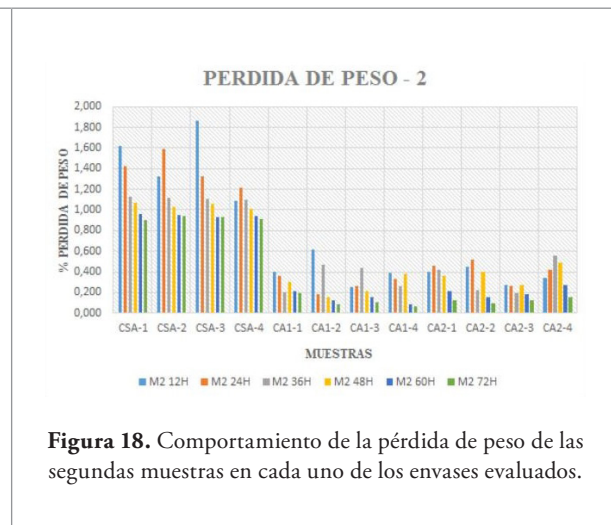
La pérdida de peso está directamente influenciada por factores como la especie, la variedad del producto, su estado de salud, la humedad relativa, las altas temperaturas, los vientos, entre otras condiciones (López, Vergara & Yepes, 2000). En este estudio, solo se pueden considerar dos de estos factores: la temperatura y la humedad relativa, ya que los demás son uniformes en todas las muestras y canastillas evaluadas. En cuanto a la temperatura, se ha demostrado que, a temperaturas más bajas, la pérdida de peso disminuye,

como lo demostró Navarro-López *et al.* (2012). Aquí, la temperatura proporcionada por cada una de las modificaciones en las canastillas pudo haber influido en la temperatura del producto debido a la naturaleza de los materiales utilizados en las modificaciones. Esto se alinea con lo mencionado por Vázquez (2001) y el Centro de Comercio Internacional (2000), que advierten sobre los efectos no deseados de la interacción entre el envase y el alimento, ya que los alimentos pueden deteriorarse debido a una protección insuficiente contra cambios de temperatura y pérdida de humedad.

En cada una de las adecuaciones realizadas, se buscó mantener condiciones de HR menos variables en comparación con el envase tradicional, como se menciona en el trabajo de Cipriani (2016). Dado el alto nivel de HR en las muestras de CA1 y CA2, se puede explicar el bajo déficit de presión de vapor (VPD) y, por ende, la baja tasa de transpiración de los tomates, lo que resulta en una pérdida de peso menor en comparación con las muestras de CSA. A la luz de estos hallazgos, se justifica la aplicación de las modificaciones en el envase, ya que claramente reducen la pérdida de peso del producto en un período de tiempo determinado.



**Figura 17.** Comportamiento de la pérdida de peso de las primeras muestras en cada uno de los envases evaluados.



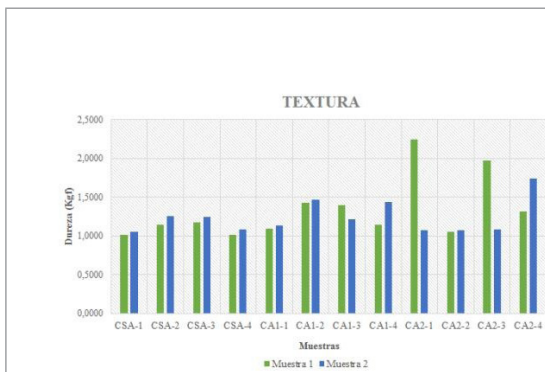
**Figura 18.** Comportamiento de la pérdida de peso de las segundas muestras en cada uno de los envases evaluados.

#### 4.8 Textura

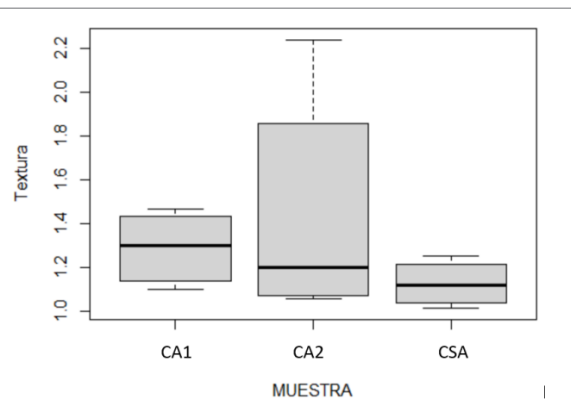
En la Figura 19, se puede apreciar que la dureza de las muestras evaluadas se encuentra en un rango de 1 Kgf a 1,5 Kgf, con la excepción de tres valores atípicos que tienen un impacto mínimo en la media de las muestras. Además, este rango de dureza se correlaciona con un estado de madurez que oscila entre 3 y 5, según lo indicado en la Figura 3. Estos resultados son coherentes con los hallazgos previos de Gómez & Camelo (2002), quienes informaron que la dureza de los frutos con un grado de madurez entre 3 y 5 se sitúa entre 1,019 Kgf y 0,969 Kgf. Asimismo, son similares a los resultados presentados por Casierra & Avendaño

(2008), que muestran valores de dureza entre 0,624 Kgf y 0,742 Kgf para tomates con un grado de madurez entre 4 y 5.

En la Figura 20, se puede observar que, según el diagrama de cajas y bigotes, las muestras analizadas en CSA, CA1 y CA2 no presentan diferencias significativas entre ellas. Esto sugiere que las modificaciones introducidas en las canastillas no afectan la calidad en términos de textura del producto analizado. A través de este análisis, se presume que los frutos evaluados tenían un grado de madurez muy similar entre las unidades analizadas.



**Figura 19.** Comportamiento de la textura en cada de las muestras estudiadas en cada uno de los envases evaluados.



**Figura 20.** Diagrama de cajas y bigotes realizado por análisis ANOVA. (CA1= Canastilla con adecuación 1, CA2= Canastilla con adecuación 2, CSA= Canastilla sin adecuación).

### 5. CONCLUSIONES

Las modificaciones implementadas en el envase tradicional utilizado para el transporte del tomate (*Solanum lycopersicum*) han tenido un impacto positivo en la reducción de las pérdidas de producto, logrando una disminución que oscila entre el 9 % y el 9.7 %. Además, estas modificaciones han generado mejoras en las características fisiológicas y fisicoquímicas del tomate, al tiempo que han reducido la incidencia de cortes y golpes durante su transporte. De acuerdo con las evaluaciones realizadas, se ha observado que la modificación que ha tenido el mayor impacto positivo es el recubrimiento de las paredes con polietileno inyectado (CA2). Este recubrimiento ha demostrado beneficios significativos en aspectos como la intensidad

respiratoria, la pérdida de peso y, al mismo tiempo, ha mantenido sin alteraciones características fundamentales como la acidez titulable, el índice de madurez, los grados Brix, el pH y la textura del tomate.

Las adaptaciones realizadas en el envase tradicional han tenido un impacto positivo en la reducción de la pérdida de peso debido a la influencia de la humedad relativa en el entorno cercano a los tomates. La variación en la intensidad respiratoria de los tomates está relacionada con las modificaciones en el envase tradicional. Los tomates que se encontraban en las canastillas modificadas presentaron una intensidad respiratoria más baja en comparación con las unidades en canastillas sin ninguna modificación. Esta variación en la intensidad respiratoria se ve afectada por las alteraciones

en el envase tradicional, así como por el tamaño de los tomates estudiados y los daños mecánicos ocurridos durante el proceso de transporte logístico. Además, se observó que factores como la acidez titulable y el índice de madurez se vieron influenciados por la adaptación 1 (CA1), ya que las unidades muestreadas presentaron una menor concordancia tanto con los datos teóricos como con los datos obtenidos de los tomates en las canastillas sin adaptación.

## REFERENCIAS

- Arroyo, P., Mazquiaran, L. Rodríguez, P., Valero, T., Ruiz, E. Ávila, J., Varela, G. (2018). *Informe de Estado de Situación sobre Frutas y Hortalizas: Nutrición y salud en la España del S. XXI*. Fundación Española de la Nutrición (FEN)
- Brenes Peralta, L., Jiménez Morales, M. F., & Gamboa Murillo, M. (2015) *Diagnóstico de pérdidas y desperdicio alimenticio en dos canales de comercialización de la agrocadena de tomate costarricense para su posterior disminución*. (Tesis de grado). Tecnológico de Costa Rica.
- Cámara de Comercio de Bogotá, C. D. C. (2015). *Manual Tomate*. <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/items/07a59e71-e07c-4b73-95b1-00214049630a>
- Camelo, A. (2003). *Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas*. Servicios Agrícolas de la FAO, 1.
- Cantwell, M., Stoddard, S. LeStrange, M. & Aegerter, B. (2007). *Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006*. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 Postharvest Evaluation. UC Davis.
- Casierra-Posada, F., & Avendaño, Ó. A. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 300-307.
- Centro de Comercio Internacional. (2000). *Diseño de envases y embalajes: manual del utilizador profesional*. Centro de Comercio Internacional, UNCTAD/OMC.
- Cipriani Villar, C. (2016). *Efecto del empaque en el contenido de humedad final para dos tipos de manzanas deshidratadas en almacenamiento controlado*. (Tesis de grado). Universidad San Ignacio de Loyola.
- Ciro Velásquez, H. J., & Millán Cardona, L. D. J. (2012). Caracterización mecánica y físico-química del banano tipo exportación (Cavendish valery). En *Desarrollo y transversalidad*. Corporación Universitaria Lasallista.
- Ciruelos-Calvo, A., De la Torre, R., & González-Ramos, C. (2008). Parámetros de calidad en el tomate para industria. *La agricultura y la ganadería extremeñas en 2007*. [https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2007/2007\\_09%20Parametros%20de%20calidad%20en%20el%20tomate%20para%20industria.pdf](https://www.unex.es/conoce-la-uex/centros/eia/archivos/iag/2007/2007_09%20Parametros%20de%20calidad%20en%20el%20tomate%20para%20industria.pdf)
- Da Luz Castro, J. (2015). *Análisis de los requerimientos y características de materiales poliméricos de empaque en el sector de la industria de alimentos en Costa Rica*. (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica.
- De Gorter, H., Drabik, D., Just, D. R., Reynolds, C., & Sethi, G. (2021). Analyzing the economics of food loss and waste reductions in a food supply chain. *Food Policy*, 98, 101953.
- DECCO Naturally Postharvest (30 de noviembre de 2018). Poscosecha de tomate: como garantizar una óptima conservación. <https://www.deccoiberica.es/poscosecha-de-tomate-como-garantizar-una-optima-conservacion/>
- DNP (2016). Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Estudio\\_Perdidas\\_desperdicios\\_alimentos\\_Ficha.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Estudio_Perdidas_desperdicios_alimentos_Ficha.pdf)
- Echeverri, R. D., Franco Montoya, L. M., & González Velásquez, M. R. (2015). *Fique en Colombia*. Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Escalona Contreras, V. H., Correa San Martín, J., & González Olivares, A. (2019). Manejo postcosecha de tomates y pimientos frescos y de IV gama. *Ciencias Agronómicas*, 32. Universidad de Chile.
- Escobar, H. & Lee, R. (Editores). (2001). *Producción de tomate bajo invernadero*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- FAO (2017). *The future of food and agriculture—Trends and challenges*. Annual Report.
- FAO (2015). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. Oficina regional de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura para América Latina y el Caribe. Food and Agriculture Organization, Santiago de Chile.
- FAO (2014). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/3/a-i3942s.pdf>
- FAO (2013). *Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources: Summary Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcance, causas y prevención*. Roma
- FAO (2011). *Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention*. <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.htm>
- FAO (2010). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo*. Organismo de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas.

Evaluación de la reducción de pérdidas de tomate (*Solanum lycopersicum*) a partir de la adaptación de un sistema de envase en el proceso logístico de transporte

- Fatemeh Malekian, P. C. (s.f.). *Transporte de productos agrícolas frescos: las mejores prácticas para garantizar la inocuidad de los alimentos en granjas*. LSU AgCenter. <https://www.lsuagcenter.com/-/media/system/1/b/6/c/1b6ce6720de9342cfb18a4c37d71430e/pub3442-span%20-%20transportationoffreshproduce%20-%20bestpracticestoensureon-farmfoodsafety.pdf>
- Fedecafe (1985). *El cultivo del tomate*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Fibras de Centroamérica S.A –Fideca–. (s.f.). Saco de cabuya, fique o henequén. <http://www.sancristobal.com/fideca?p=637>
- Food Wastage Footprint (Project). (2013). *Food wastage footprint: impacts on natural resources: summary report*. Food & Agriculture Organization of the UN (FAO).
- García, G. (2012). *Elaboración de un paquete tecnológico para productores, en manejo, cosecha y poscosecha de mora (Rubus glaucus Benth.) aplicando ingeniería de calidad y determinación de las características nutraceuticas de la fruta en precosecha, en el municipio de Silvania Cundinamarca*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Ghaani, M., Cozzolino, C. A., Castelli, G., & Farris, S. (2016). An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 1-11.
- Giraldo, G., & Inés, G. (1999). Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, P. A., & Camelo, A. F. (2002). Calidad postcosecha de tomates almacenados en atmósferas controladas. *Horticultura Brasileira*, 20(1), 38-43.
- Holle, M. & Montes, A. (1982). *Manual de enseñanza práctica de producción de hortalizas*. IICA.
- ICBF (2018). *Tabla de composición de alimentos colombianos*. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Gil, L., García, M., Hio, J., Garzón, D., . . . Guzmán, M. (2013). *Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas*. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13320>
- Jaramillo, J., Rodríguez, V.P., Guzmán, M., Zapata, M., & Renfijo, T. (2007). *Manual técnico: buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Gobernación de Antioquia, FAO-MANA, Corpoica.
- Jayathunge, L. & Wasala, M., Rathnayake, H., Gunawardane, C., Samarakoon, H., & Fernando, K. (2004). Evaluation of different types of packages for handling and transportation of vegetables. *Agriculture Nigeria*. <https://www.agriculturenigeria.com/evaluation-of-different-types-of-packages-for-handling-and-transportation-of-vegetables/>
- Loor Baque, J. S. (2016). *Efecto de alternativas de fertirrigación y podas de mantenimiento en el rendimiento del tomate industrial (Lycopersicum esculentum Mill.) bajo invernadero*. (Tesis de grado). UCE.
- López Hoyos, J. H., Vergara Ruiz, R., & Yepes Rodríguez, F. C. (2000). *Fortalecimiento y capacitación técnico empresarial para cuatro microempresas agroindustriales del municipio de Granada: manejo integrado de plagas y enfermedades*. Desarrollo de la Microempresa Rural – Pademer.
- Maldonado Amaya, L. M. (2001). *Estudio comparativo entre el tomate larga vida y tomate chonto para la determinación de su vida útil*. (Tesis de grado). Universidad de La Salle.
- Maquifrut S.L. (s.f.). Malla de polietileno expandido, envases y embalajes. <http://maquifrut.com/productos/envases-embalaje/malla-polietileno-expandido/>
- Martín-Hernández, S., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Beryl Colinas-Leon, M. T., & Borges-Gómez, L. (2012). Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*, 46(3), 243-254.
- Ministerio de Agricultura de la República de Colombia. Agronet. (2021). Área, producción y rendimiento nacional por cultivo. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Morillo, M. (2001). Rentabilidad financiera y reducción de costos. *Actualidad Contable FACES*, 4(4), 35-48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25700404>
- MSPS y FAO (2012). *Perfil Nacional de Consumo de Frutas y Verduras*. Ministerio de Salud y Protección Social y Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura.
- Navarro-López, E. R., Nieto-Ángel, R., Corrales-García, J., García-Mateos, M. R., & Ramírez-Arias, A. (2012). Calidad postcosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. *Revista Chapingo*. Serie horticultura, 18(3), 263-277. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60926213001>
- Niampira Araque, F. S., & Cuellar Parra, M. C. (2017). *Evaluación del efecto de envasado en el almacenamiento del cubio (Tropaeolum tuberosum R&P) durante el manejo poscosecha*. (Trabajo de grado). Universidad de La Salle. [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos/168](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/168)
- Opara, U. L., & Mditshwa, A. (2013). A review on the role of packaging in securing food system: Adding value to food products and reducing losses and waste. *African Journal of Agricultural Research*, 8(22), 2621-2630.
- Ortolá Ortolá, M. (2020). *Determinación de la tasa respiratoria de frutas*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/145648/Ortolá%20-%20DETERMINACIÓN%20DE%20LA%20TASA%20RESPIRATORIA%20DE%20FRUTAS.pdf?sequence=1>
- Pantastico, ER. B. (Ed.). 1979. *Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Continental.
- Parfitt, J., Barthel, M. & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365, 3065-3081 <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/365/1554/3065.full>.

- Plazas Devia, J. & Montenegro, T. (1986). *Diseño de empaques y determinación de parámetros para en transporte de tomate*. (Tesis de grado). Universidad Surcolombiana.
- Pinzón, I. M., Fischer, G., & Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis Sims.*). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180316240010.pdf>
- Povea, I. (2014). *La función del envase en la conservación de alimentos*. Universidad de La Salle. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=edunisalle\\_ciencias-basicas-ingenieria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=edunisalle_ciencias-basicas-ingenieria)
- Poveda Pérez, J. A. (2015). *Comportamiento de los parámetros físico-químicos y fisiológicos de la pera variedad triunfo de Viena (Pyrus communis, (L). Burn), para identificar las condiciones óptimas de cosecha*. (Tesis de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Reina, C. E., Guzmán Torres, J. C., & Sánchez Peña, J. M. (1998). *Manejo postcosecha y evaluación de la calidad de tomate (Lycopersicon Esculentum Mill) que se comercializa en la ciudad de Neiva*. Universidad Surcolombiana.
- Rodríguez, D. A., Patiño Gutiérrez, M. P., Miranda Lasprilla, D., Fischer, G., & Galvis Vanegas, J. A. (2005). Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus Haw.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 58(2), 2837-2857. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914237004.pdf>
- Ruiz Martínez, J., Vicente, A. A., Montañéz Saenz, J. C., Rodríguez Herrera, R. & Aguilar González, C. N. (2012). Un tesoro percedero en México: el tomate, tecnologías para prolongar su vida de anaquel. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 54, 57-63. <https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/issue/view/156>
- Scherrer-Montero, C. R., Dos Santos, L. C., Andrezza, C. S., Getz, B. M., & Bender, R.J. (2011). Mechanical damages increase respiratory rates of citrus fruit. *International Journal of Fruit Science*, 11(3), 256-263.
- Suslow, T. V., Cantwell, M. (22 de enero del 2013). Calidad postcosecha en tomate. <https://www.tecnicoagricola.es/calidad-postcosecha-en-tomate/>
- Turhan, A., & Şeniz, V. (2009). Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 4(10), 1086-1092.
- Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F., & De Meulenaer, B. (2014). Intelligent food packaging: The next generation. *Trends in Food Science & Technology*, 39(1), 47-62.
- Vázquez, M. (2001). *Avances en seguridad alimentaria*. Editorial Altaga.
- Yahia, E. M. (1992). *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Centro de Investigaciones en Alimentos y Desarrollo.