

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CONSERVACIÓN POS
COSECHA DEL TOMATE (*Lycopersicum esculentum*) SHEILA
VICTORY F1 EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA, 2024**

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: CIENCIAS ALIMENTARIAS

Presentada por:

NELSY BUSTAMANTE TARRILLO

Asesora:

M.Cs. FANNY LUCILA RIMARACHÍN CHÁVEZ

Cajamarca, Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Nelsy Bustamante Tarrillo
DNI: 47236528
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Veterinarias.
Programa de Maestría en Ciencias, Mención: Ciencias Alimentarias
2. Asesora: M.Cs Fanny Lucila Rimarachín Chávez
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☐ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☒ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CONSERVACIÓN POS COSECHA DEL
TOMATE (*Lycopersicum esculentum*) SHEILA VICTORY F1 EN EL DISTRITO DE
CAJAMARCA, 2024
6. Fecha de evaluación: **23/10/2025**
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **18 %**
9. Código Documento: **3117:516995750**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **23/10/2025**

Firma y/o Sello
Emisor Constancia


M.Cs Fanny Lucila Rimarachín Chávez
DNI. N° 40028465

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 by
NELSY BUSTAMANTE TARRILLO
Todos los derechos reservados



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
ESCUELA DE POSGRADO
CAJAMARCA - PERU
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS



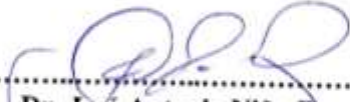
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 12.00 PM horas, del día 25 de Agosto de dos mil veinticinco, reunidos en el Aula 1Q-206 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **DR. JOSÉ ANTONIO NIÑO RAMOS, DR. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ, M. CS. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**, y en calidad de Asesora la **M. CS. FANNY RIMARACHÍN CHÁVEZ**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestrías y Doctorados de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la Sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA CONSERVACIÓN POS COSECHA DEL TOMATE (*lycopersicum esculentum*) SHEILA VICTORY F1 EN EL DISTRITO DE CAJAMARCA 2024"**, presentada por el bachiller en Industrias Alimentarias **NELSY BUSTAMANTE TARRILLO**.

Realizada la exposición de la TESIS y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Aprobar con la calificación de 16.00 la mencionada TESIS; en tal virtud, el bachiller en Industrias Alimentarias, **NELSY BUSTAMANTE TARRILLO**, se encuentra apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de **CIENCIAS VETERINARIAS**, con mención en **CIENCIAS ALIMENTARIAS**.

Siendo las 1.30 P.M. horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
M. Cs. Fanny Rimarachin Chávez
Asesora


.....
Dr. José Antonio Niño Ramos
Jurado Evaluador


.....
Dr. Jimy Frank Oblitas Cruz
Jurado Evaluador


.....
M. Cs. Max Edwin Sangay Terrones
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo a la fuente de toda creación DIOS permitiendo que cumpla mis objetivos y mi Padre que desde el cielo me acompaña y guía mis pasos; este logro también es tuyo, porque tu recuerdo me inspira a no rendirme.

A mi madre Dalila Tarrillo Delgado por ser el ejemplo de fortaleza y amor incondicional, y por enseñarme con su vida que los sueños se alcanzan con esfuerzo y fe, así mismo, a mis hermanos María Edelmira Tan Tarrillo, Ghiobany y Wili Bustamante.

A mi esposo Wilson Medina Bueno, compañero de cada día, gracias por tu apoyo, paciencia y aliento constante que me sostuvieron en este camino y a mi hijo Dylan y mi bebe que esta encamino, motivación y luz de mis días

Nelsy Bustamante Tarrillo

AGRADECIMIENTO

A mi asesor: Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez por su guía, paciencia y valiosas orientaciones que hicieron posible la culminación de este trabajo.

A Ing. Agr. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacondori, por su apoyo técnico y profesional, cuya experiencia y disposición contribuyo de manera significativa al desarrollo de esta investigación.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, me brindaron su apoyo y motivación para alcanzar esta meta.

Nelsy Bustamante Tarrillo

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	vii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
2.2 Bases teóricas.....	7
2.2.1. <i>El tomate (Lycopersicum esculentum)</i>	7
2.2.2. <i>Fisiología postcosecha de frutas y hortalizas</i>	14
2.2.3. <i>Efecto de la temperatura en el metabolismo postcosecha</i>	16
2.2.4. <i>Manejo postcosecha</i>	18
CAPÍTULO III.....	20
DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	20
3.1 Hipótesis de la investigación.....	20
3.2 Localización del estudio.....	20
3.3 Tipo de investigación	21
3.4 Variables de investigación	21
3.4.1 <i>Variable independiente</i>	21
3.4.2 <i>Variable dependiente</i>	21
3.5 Unidad de Análisis, población y muestra	21
3.4.1. <i>Unidad de análisis</i>	21
3.4.2. <i>Población</i>	22
3.4.3. <i>Muestra</i>	22
3.6 Materiales.....	22
3.5.1. <i>Material vegetal</i>	22
3.5.2. <i>Materiales de trabajo experimental</i>	22
3.5.3. <i>Materiales de escritorio</i>	23
3.7 Método	23
3.8 Diseño experimental.....	23
3.9 Metodología.....	24
3.9.1. <i>Acondicionamiento del laboratorio</i>	25

3.9.2.	<i>Obtención de materia prima</i>	25
3.9.3.	<i>Recepción del tomate</i>	25
3.9.4.	<i>Selección y clasificación del tomate</i>	25
3.9.5.	<i>Lavado y desinfección</i>	26
3.9.6.	<i>Almacenamiento</i>	26
3.9.7.	<i>Evaluación fisicoquímica</i>	26
3.10	Técnicas	27
3.10.1.	<i>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</i>	27
3.10.2.	<i>Técnica de recolección de datos</i>	27
3.11	Evaluaciones	28
CAPÍTULO IV		30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
CONCLUSIONES		62
RECOMENDACIONES		63
LISTA DE REFERENCIAS		64
ANEXOS		75

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Factores en estudio.	24
Tabla 2 Tratamientos en estudio para la evaluación de la influencia de diferentes temperaturas en la conservación postcosecha del tomate híbrido Sheila Victory F1 en dos estados de madurez.....	24
Tabla 3 Análisis de varianza (ANOVA) para el pH durante el almacenamiento postcosecha del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.....	33
Tabla 4 Prueba de Tukey para el pH del tomate híbrido Sheila Victory F1 durante el periodo postcosecha, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto a los 15 días.	34
Tabla 5 Análisis de varianza para los Grados Brix del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.....	38
Tabla 6 Prueba de Tukey para los Grados Brix del tomate híbrido Sheila Victory F1, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto a los 15 días.....	39
Tabla 7 Análisis de varianza para el peso del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.	44
Tabla 8 Prueba de Tukey para el peso del tomate híbrido Sheila Victory F1, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto a los 15 días.....	45
Tabla 9 Análisis de varianza para la firmeza del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.	50
Tabla 10 Prueba de Tukey para la firmeza del tomate híbrido Sheila Victory F1, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el color del fruto a los 15 días. ...	51
Tabla 11 Análisis de varianza para el parámetro L* (luminosidad) del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.....	54
Tabla 12 Análisis de varianza para el parámetro a* del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.....	56
Tabla 13 Prueba de Tukey para el parámetro a* del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el color del fruto.	58
Tabla 14 Análisis de varianza para el parámetro b* del tomate híbrido Sheila Victory F1. ..	60
Tabla 15 Datos obtenidos para pH del tomate a los 15 días.....	75
Tabla 16 Datos obtenidos para grados Brix del tomate a los 15 días.....	75
Tabla 17 Datos obtenidos para peso del tomate a los 15 días.....	75
Tabla 18 Datos obtenidos para firmeza del tomate a los 15 días.	76

Tabla 19	Datos obtenidos para color del tomate a los 15 días a 7 °C de temperatura.	76
Tabla 20	Datos obtenidos para color del tomate a los 15 días a 10 °C de temperatura.	76
Tabla 21	Datos obtenidos para color del tomate a los 15 días a 14 °C de temperatura.	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estados de madurez del tomate según la coloración (García et al., 2013, p.11). .	14
Figura 2 Localización del experimento.	20
Figura 3 Diagrama de flujo.	27
Figura 4 Tendencia del pH durante el periodo postcosecha.	32
Figura 5 Efecto de la temperatura en el pH del tomate híbrido Sheila Victory F1 según el estado de madurez.	32
Figura 6 Tendencia para los grados Brix durante el periodo postcosecha.	37
Figura 7 Grados Brix del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto.	37
Figura 8 Tendencia del peso del tomate durante el periodo postcosecha.	42
Figura 9 El peso del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto.	43
Figura 10 Tendencia de la firmeza del tomate durante el periodo postcosecha.	48
Figura 11 Firmeza del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto.	49
Figura 12 Parámetro L* (luminosidad) del tomate híbrido Sheila Victory F1.	53
Figura 13 Parámetro a* del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el color del fruto.	56
Figura 14 Parámetro b* del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el color del fruto.	60
Figura 15 Tomates (madurez organoléptica).	77
Figura 16 Tomates (madurez fisiológica).	77
Figura 17 Evaluación de grados brix.	77
Figura 18 Pesado del tomate.	78
Figura 19 Análisis del color.	78
Figura 20 Instrumento de análisis de pH.	78
Figura 21 Instrumento de medición de temperatura.	79
Figura 22 Tomates a temperatura controlada.	79

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de determinar el efecto de la temperatura (7°C 10°C y temperatura ambiente (14 °C) en dos estados de madurez en la conservación poscosecha del tomate (*Lycopersicum esculentum*) Sheila Victory F1. Para el desarrollo experimental se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con estructura factorial de 2A x 3B con tres repeticiones y seis tratamientos; las variables evaluadas fueron pH, grados Brix, acidez titulable, pérdida de peso, firmeza, color. Los resultados indicaron que los grados Brix mostraron un aumento progresivo, siendo más pronunciado a temperatura ambiente (14 °C), donde alcanzaron hasta 4.37 en madurez organoléptica; en contraste, a 7 °C y 10 °C, los valores fueron más moderados (4.03 y 4.01, respectivamente), destacando que la temperatura influye significativamente en el contenido de azúcares ($p\text{-valor} < 0.0001$); en cuanto al peso, los tomates a temperatura ambiente (14 °C) presentaron la mayor pérdida, limitando su evaluación a 20 días, mientras que a 7 °C y 10 °C se conservaron adecuadamente hasta 30 días; la firmeza también fue mejor preservada en condiciones de baja temperatura, con una pérdida del 13.98 % en los tomates más firmes a 10 °C. Estos resultados resaltan la importancia de gestionar adecuadamente las condiciones de almacenamiento para optimizar la calidad poscosecha del tomate. Concluyendo que controlar la temperatura durante el almacenamiento conserva la calidad del tomate híbrido Sheila Victory F1, debido a que las bajas temperaturas reducen la pérdida de peso y mantienen su firmeza, mejorando su valor comercial.

Palabra clave: Tomate, poscosecha, temperatura.

ABSTRACT

The present research work was developed with the objective of determining the effect of temperature (7°C 10°C and room temperature) at two stages of maturity on the postharvest conservation of tomato (*Lycopersicum esculentum*) Sheila Victory F1. A completely randomized design (CRD) with a factorial structure of 2A x 3B with three replications and six treatments was used for the experimental development; the variables evaluated were pH, Brix, titratable acidity, weight loss, firmness, and color. The results indicated that the Brix degrees showed a progressive increase, being more pronounced at room temperature, where they reached up to 4.37 at organoleptic maturity; in contrast, at 7 °C and 10 °C, the values were more moderate (4.03 and 4.01, respectively), highlighting that temperature significantly influences sugar content (p-value < 0. 0001); as for weight, tomatoes at room temperature presented the greatest loss, limiting their evaluation to 20 days, while at 7 °C and 10 °C they were adequately preserved for up to 30 days; firmness was also better preserved under low temperature conditions, with a loss of 13.98 % in the firmest tomatoes at 10 °C. These results highlight the importance of properly managing storage conditions to optimize tomato postharvest quality. It is concluded that controlling temperature during storage preserves the quality of the Sheila Victory F1 hybrid tomato, because low temperatures reduce weight loss and maintain firmness, improving its commercial value.

Keyword: Tomato, postharvest, temperature.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el tomate es uno de los cultivos hortícolas más importantes, con una producción global que superó los 182 millones de toneladas en el año 2020 (Araúz, 2020). Los principales países productores de tomate son China, India, Turquía, Estados Unidos y México, que en conjunto representan más del 60 % de la producción mundial (Borbón et al., 2012). La demanda global de tomate sigue en aumento, impulsada por su versatilidad culinaria, su valor nutricional y su popularidad en diversas gastronomías (Ovilla, 2023). Esto ha llevado a la introducción de nuevas variedades y mejoras en las prácticas de cultivo y poscosecha para aumentar la productividad y la calidad del tomate (Luciani, 2017).

La producción de hortalizas en Perú ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas. La producción nacional de hortalizas frescas alcanzó los 4,6 millones de toneladas en el 2019, lo que representa un aumento del 22 % en comparación con el 2010. Este crecimiento se atribuye al aumento de la demanda interna, la diversificación de la producción y la adopción de nuevas tecnologías por parte de los agricultores (Garavito y Muñoz, 2012). Uno de los cultivos hortícolas más importantes en Perú es el tomate, representando el 16 % de la producción nacional de hortalizas (MIDAGRI, 2020).

En Perú, la producción de tomate se concentra principalmente en las regiones costeras de Arequipa, La Libertad y Lambayeque, que aportan más del 50 % de la producción nacional (Benzaquen, 2016). Sin embargo, la región Cajamarca ha incrementado su participación en los últimos años, gracias a la introducción de nuevas variedades e híbridos adaptados a las condiciones locales (MIDAGRI, 2020). A pesar de los desafíos, como la escasez de agua y la infraestructura de riego limitada, el sector del tomate peruano ha sido beneficiado por los acuerdos comerciales internacionales, lo que ha incentivado a los productores a mejorar la calidad y la competitividad de sus productos (Correa et al. 2017).

El híbrido Sheila Victory F1 se ha convertido en una opción atractiva para los productores de tomate en Cajamarca, debido a sus características agronómicas favorables y su adaptabilidad a las condiciones locales, además, las características de calidad lo convierten en un producto atractivo para los consumidores locales y los mercados de exportación, lo que puede impulsar el crecimiento y la competitividad del sector del tomate en Perú (MIDAGRI, 2020). Para Arteaga (2022) es un tomate de crecimiento indeterminado vigoroso y de alta producción de frutos, con buena forma, color y sabor.

En el departamento de Cajamarca específicamente en los distritos de Bambamarca, Baños del Inca y la provincia de Cajabamba la producción de tomate híbrido variedad Sheila Victory F1 bajo condiciones protegidas (invernaderos) se ha iniciado desde el año 2010, en la actualidad la producción se ha incrementado, constituyéndose en una actividad económica relevante, no obstante, las pérdidas en postcosecha limitan su comercialización, por lo que, el desconocimiento de las condiciones de almacenamiento a las cuales debe ser sometido no contribuyen a prolongar su vida útil. Por lo tanto, es necesario determinar el rango de temperatura de almacenamiento adecuado que regule los diversos procesos fisiológicos (respiración, transpiración y maduración), con la finalidad de implementar tecnologías de postcosecha acorde a las necesidades de los productores y comercializadores.

Teniendo en cuenta la información referida, la presente investigación plantea la pregunta: ¿Cuál es el efecto de la temperatura en la conservación postcosecha del tomate (*Lycopersicum esculentum*) híbrido Sheila Victory en el distrito de Cajamarca, 2024?, cuyos objetivos son:

Objetivo General

Evaluar el efecto de la temperatura (7°C, 10°C y 14 °C) en la conservación postcosecha del tomate (*Lycopersicum esculentum*) híbrido Sheila Victory F1 en dos estados de madurez.

Objetivos Específicos

Evaluar temperaturas de almacenamiento para la conservación postcosecha del tomate híbrido Sheila Victory F1 en dos estados de madurez.

Evaluar cuál es el estado óptimo de madurez para la cosecha de tomate híbrido Sheila Victory F1 que prolongue el tiempo de almacenamiento en postcosecha.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Tejada, et al. (2022) evaluaron el recubrimiento del tomate con goma de sapote en porcentajes de 0,0; 0,5; 1,0; 2,5 (w/v) durante el almacenamiento al ambiente (20 °C; 85 % HR) y en refrigeración (15 °C; 90 % HR). Los tratamientos con cobertura al ambiente presentaron menores pérdidas de peso que el testigo (0,0 %); en refrigeración, los tratamientos con 0,5 % y testigo mostraron menor pérdida. La tasa de respiración al ambiente y en refrigeración mostró tendencias parecidas. Hubo incremento no significativo de sólidos solubles al ambiente; en refrigeración el testigo presentó ligero descenso y los tratamientos con cobertura un leve incremento. El pH, en todos los tratamientos se incrementó levemente. Se produjo un ligero descenso en la acidez en todos los tratamientos. La firmeza decreció en 46 % - 55 % al ambiente y en 65 % - 69 % en refrigeración; no se registró diferencias significativas respecto al testigo. Los parámetros de color (L^* , h° , C^*) disminuyeron significativamente en la primera semana; después, la disminución fue leve. El recuento de mohos y levaduras estuvo por debajo de los límites máximos. Sensorialmente, la aceptación fue similar en todos los tratamientos. En conclusión, las características fisicoquímicas y microbiológicas y la aceptabilidad del tomate recubierto con goma no evidenciaron diferencias significativas con respecto al testigo. Este estudio proporciona información relevante sobre el manejo de la temperatura durante el almacenamiento y cómo influye en la vida útil y calidad postcosecha del tomate.

Pérez (2020), evaluó el crecimiento y variables fisicoquímicas relacionadas con la calidad de fruto de ocho genotipos de tomate nativos de Veracruz y Puebla, México, además de un híbrido experimental (CP-HER) y un híbrido comercial (CID-HC), clasificados en cinco grupos (cereza, OV, CC, riñón y saladette), en los cuales se midió el crecimiento desde el amarre hasta la cosecha. Los frutos se cosecharon en estado rompiente (Estado 1) y rojo

(Estado 4) y se evaluaron a los 0, 7 y 14 días de almacenamiento. Las variables evaluadas fueron pérdida de peso, color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable y azúcares. Los resultados mostraron que los frutos más precoces en alcanzar su tamaño máximo y madurez de consumo fueron los de tipo cereza LOR88 a los 59 días después de floración. Los frutos del genotipo CC LOR102 presentaron mayor firmeza inicial, pero mostraron un descenso significativo durante el almacenamiento, además de ser susceptibles al ataque de hongos, junto con los frutos tipo riñón. Los genotipos con potencial para ser utilizados como fuente de germoplasma para incrementar el dulzor fueron riñón LOR77 y LOR119; los de mayor vida de almacenamiento fueron los pertenecientes al tipo cereza y la mayor firmeza la presentaron CC LOR102 y riñón LOR82. Esta investigación aporta evidencia de como el estado de madurez y las condiciones de almacenamiento afectan la vida útil y calidad del tomate, destacando la necesidad de definir parámetros óptimos de temperatura y madurez.

Bautista et al. (2016), identificaron los principales cambios químicos y fisiológicos de la variedad Rendidora, sometida a almacenamiento refrigerado a 5, 10 y 25 °C, por 18 días. Los frutos fueron seleccionados por tamaño y color, lavados con solución de hipoclorito de sodio a 25 ppm y divididos en 30 lotes de 10 frutos. Los resultados indican que las variables con mayor modificación fueron: pérdida fisiológica de peso, coordenada de color a^* , resistencia a la penetración y producción de CO_2 . La variedad Rendidora a temperatura de 25 °C presenta una vida de anaquel de 15 - 18 días; a temperatura de almacenamiento refrigerado de 10 °C puede alcanzar al menos 21 días. Es un fruto tolerante a las bajas temperaturas, sin embargo, el almacenamiento a temperaturas menores de 5 °C por más de 10 días causa daños por frío. Así, las temperaturas de almacenamiento refrigerado reducen la velocidad del metabolismo y prolongan la vida de anaquel de la hortaliza, disminuyen la pérdida fisiológica de peso y mantienen el color y la textura del pericarpio; características importantes de calidad deseables por el consumidor. El estudio aporta información sobre el comportamiento poscosecha del tomate bajo distintas condiciones de almacenamiento, sirviendo como referencia para comparar los efectos de la temperatura y madurez en la conservación del híbrido Sheila Victory F1, fortaleciendo el análisis experimental.

Ríos et al. (2014), evaluaron la variación fenotípica agromorfológica y cambios biofísicos de frutos después de 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente, en una colección de tomate de Oaxaca, México. La colección de 57 colectas fue sembrada y caracterizada bajo invernadero. En poscosecha se evaluó pH, grados Brix, pérdida de peso y parámetros de color (L^* , a^* , b^* , cromaticidad y ángulo Hue) a 0 y 10 días después de la cosecha. Las colectas mostraron diferencias significativas ($P < 0,01$) en todos los caracteres agromorfológicos y también hubo diferencias significativas entre acervos genéticos preclasificados como cultivados, ruderales e intermedios entre cultivados y ruderales. Nueve grupos de diversidad fenotípica fueron conformados. Se determinaron diferencias significativas entre tiempos de almacenamiento (0 y 10 días) para todas las características biofísicas. Después de 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente ($20,6 \pm 5^\circ\text{C}$ y $34 \pm 10\%$ HR), se incrementaron los °Brix de 4,1 a 4,6 y pH de 3,7 a 4,3. Entre grupos fenotípicos e interacción tiempo de almacenamiento-grupos, se determinaron diferencias significativas en °Brix, coordenadas de color L^* y b^* , y ángulo Hue. Los cambios diferenciales poscosecha indican divergencias fenotípicas entre y dentro de acervos genéticos que pueden explotarse en programas de mejoramiento con objetivos regionales. Este trabajo aporta información sobre el impacto de las condiciones de almacenamiento en la vida útil y calidad del tomate, respaldando la importancia de definir parámetros óptimos en la presente investigación.

Gómez y Camelo (2002), estudiaron los efectos que atmósferas controladas con bajas concentraciones de oxígeno y libres de dióxido de carbono y etileno, producen sobre el color, la firmeza y los principales componentes del sabor de frutos de tomate cultivar Diva. Durante abril de 1998, frutos cosechados con grado de color 3 (USDA) en INTA Balcarce (Argentina) fueron almacenados en frascos herméticos de 3 L a 12°C durante 36 días. El diseño fue completamente aleatorizado con tres repeticiones. Cada frasco poseía cuatro frutos, los que constituyeron la unidad experimental. Los tratamientos fueron cuatro, consistiendo en un flujo continuo de: a) 1 %, b) 3 %, c) 5 % y d) 21 % de O_2 (testigo) completando con N_2 hasta 100 %. El color, medido con un colorímetro, evolucionó más lentamente y la firmeza se retuvo por

más tiempo a medida que se redujo la concentración de oxígeno. Con 5 % de oxígeno el color final no difirió del testigo, con 3 % sólo fue igual al exponerlos luego a 20 °C, no alcanzándose una coloración normal con 1 %. Por otra parte, y en todos los tratamientos por igual, los sólidos solubles y la acidez fueron menores y el pH fue mayor que al inicio. El color y la firmeza preferidos por los consumidores (Índice de color »12 y firmeza» 65 KPa) fueron alcanzados a los 7 días de almacenamiento con 21 % de O₂, a los 12 con 5 %, a los 14 con 3 % y a los 21 con 1 %, correspondiéndose con valores decrecientes de la relación sólidos solubles/acidez titulable. La investigación aporta referencias claves sobre metodologías para evaluar la calidad y conservación postcosecha del tomate, fortaleciendo el rigor experimental del estudio. Su enfoque en la relación entre estado de madurez y parámetros fisicoquímicos sustenta la selección de variables y estrategias de análisis empleadas.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. El tomate (*Lycopersicum esculentum*)

a. **Origen.** El género *Lycopersicum*, al que pertenece el tomate cultivado, tiene su origen en la región andina de América del Sur, específicamente en el área que abarca desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile; se cree que su domesticación ocurrió en México, donde probablemente crecía como maleza en los campos de cultivo (Fernández y Rodríguez, 2007). Por su parte el Ministerio del Ambiente (2014), refiere que la especie cultivada de tomate *Lycopersicon esculentum* se originó en los Andes de los actuales países de Perú, Ecuador y Bolivia; su hábitat natural comprende una angosta franja costera del océano Pacífico, que se extiende desde Ecuador hasta el norte de Chile, así como las estribaciones de los Andes, en altitudes entre el nivel del mar y los 2000 msnm.

Chávez (2019), mencionó que el Perú es considerado el centro de origen y diversidad genética de la mayoría de las variedades silvestres de tomate. Este cultivo se ha convertido en la hortaliza con mayor relevancia económica a nivel global, registrando un área de cultivo

cercana a los 5 millones de hectáreas alrededor del mundo, que permiten una producción anual de unos 126 millones de toneladas (Rosenzweig, 2005).

b. Importancia. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2020), indica que la producción mundial de tomate fue de aproximadamente 182 millones de toneladas, los principales países productores de tomate en el mundo son China con 63 millones de toneladas, equivalente al 34,6 % de la producción global; India: con 20,5 millones de toneladas, equivalente al 11,3 %; Estados Unidos: con 13 millones de toneladas, un 7,1 % de la producción total; Turquía: con una producción de 11,8 millones de toneladas aportó el 6,5 %; Egipto: con 8,3 millones de toneladas, representando el 4,6 %; Italia: con una producción de 5,9 millones de toneladas aportó el 3,2 % de la producción global de tomate; estos seis países en conjunto representaron aproximadamente la mitad (51 %) de la producción tomatera a nivel internacional en el 2020.

Según el MIDAGRI (2021), la superficie cultivada de tomate en el país ha ido en aumento en los últimos años; en el 2020 se registró un área cultivada de tomate de 13,297 hectáreas a nivel nacional; las principales regiones productoras fueron: Lima: 4,332 hectáreas (32,6 % del total); La Libertad: 1,804 hectáreas (13,6 %); Ica: 1,345 hectáreas (10,1 %); Ancash: 976 hectáreas (7,3 %); Lambayeque: 769 hectáreas (5,8 %); otras regiones con áreas importantes de cultivo son Arequipa, Cajamarca, Piura y Áncash.

Ardila (2019), indica que, del total de tomates producidos, en el continente asiático se concentra el mayor volumen con un 56,7 %, posicionándose como el principal productor, en segundo lugar, se ubica Europa, que contribuye con el 16,24 % de la producción mundial de esta popular hortaliza.

c. Híbrido Sheila Victory F1. El tomate es botánicamente una baya, ya que consiste en un fruto carnoso con una delgada piel que envuelve una pulpa jugosa, dentro de la cual se hallan numerosas semillas, se origina a partir del ovario de una flor simple, bien sea de un solo carpelo o de un ovario síncaro, el cual al madurar conforma una estructura carnosa típica de las bayas, caracterizada por la presencia de múltiples semillas inmersas en el tejido blando y jugoso del pericarpo (Flores, 2015).

Guevara y Estrella (2008), indicaron que la planta de tomate riñón variedad Sheila Victory F1 es una hortaliza de crecimiento indeterminado, que se adapta a altos rangos de condiciones medioambientales, presenta frutos firmes, con sabor y color rojo intenso, ostenta buena resistencia a nematodos. Es importante destacar que la característica de crecimiento indeterminado implica que no tiene una limitación específica en su desarrollo y puede seguir produciendo frutos durante un período prolongado.

Los tomates Sheila Victory F1 son altamente valorados en la agricultura por sus excepcionales características; esta variedad, conocida por su crecimiento indeterminado, es cultivada tanto en campo abierto como en invernaderos, adaptándose a una amplia gama de condiciones ambientales; los rendimientos promedio registrados son de hasta 60 toneladas por hectárea en condiciones óptimas, estos tomates destacan por su sabor dulce y su color rojo intenso (Semprecol, s.f.).

Durante el cultivo, se requiere un manejo cuidadoso del riego y la fertilización, así como, una adecuada ventilación en caso de cultivo en invernadero. La temperatura óptima para su desarrollo oscila entre los 18 °C y 25 °C. La cosecha de los tomates Sheila Victory F1 se lleva a cabo de forma manual, seleccionando cuidadosamente los frutos maduros y evitando dañar la planta. Los datos técnicos muestran que su contenido de sólidos solubles (°Brix) se encuentra generalmente entre 5,5 y 6,5, mientras que la firmeza de los tomates suele estar en el rango de 60-80 N, garantizando su idoneidad para el transporte y almacenamiento (Vásquez, 2021).

En la fase de postcosecha, se emplean técnicas de clasificación y selección para garantizar la calidad de los frutos. Se recomienda el uso de sistemas de refrigeración para mantener su frescura y prolongar su vida útil. En resumen, los tomates Sheila Victory F1 son una elección destacada para los agricultores que buscan una alta productividad y calidad en sus cultivos de tomate (Fornaris, 2007).

El peso de las bayas de los tomates Sheila Victory F1 puede variar dependiendo del tamaño y la madurez de los frutos. En promedio, el peso de una sola baya puede oscilar entre 80 y 150 gramos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que hay variaciones naturales

en el peso de los tomates debido a factores como la genética de la planta, las condiciones de cultivo y el manejo agronómico (SAKATA, s.f.).

d. Indicadores de calidad.

d.1 Color. Es la cualidad óptica más relevante en los alimentos, junto con la transparencia y la opacidad; estas últimas se relacionan con la cantidad de luz que el material alimenticio deja pasar a través de sí mismo o que refleja, el color, la transparencia y la opacidad son las propiedades que principalmente determinan el aspecto visual que percibimos de los alimentos (Benzzo, 2005).

En los tomates los cambios cromáticos se manifiestan mediante alteraciones en la pigmentación de la clorofila, inicialmente verde, seguidas de una síntesis y aumento en la concentración de diversos compuestos tales como carotenoides (p-carotenos y licopeno), xantofilas, flavonoides y antocianinas; estos componentes adicionales inciden en la modificación del matiz de la piel y la pulpa de los frutos, generando tonalidades que oscilan entre el amarillo y el rojo (Brandt et al., 2006).

La transición del color verde al amarillo o rojo se origina por la descomposición de la clorofila, provocada por las fluctuaciones en el pH dentro de la célula; este fenómeno refleja un proceso bioquímico intracelular que incide en la coloración de los tejidos vegetales, contribuyendo a la variabilidad visual observada en las plantas (Taiz y Zeiger, 2010).

d.2 Firmeza. Es una medida importante de la calidad tanto de tomates frescos como procesados, y está asociada a la estructura de la pared celular; la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células de la pared, la existencia de tejidos de sostén y la composición del fruto influyen en la firmeza de frutas y hortalizas (Sánchez, 2018). Para Denoya (2015), los componentes de la pared celular que aportan firmeza son la hemicelulosa, la celulosa y la pectina; por lo tanto, la integridad de estos elementos a nivel microscópico repercute en la textura macroscópica que percibimos de un tomate, siendo un indicador de su estado y calidad.

Según Hernández (2022), el ablandamiento de los tejidos durante la maduración de frutas y hortalizas ocurre en diferente medida según la especie y variedad, debido a la

degradación de pectinas y hemicelulosas presentes en las paredes celulares, esta degradación es catalizada por distintas enzimas hidrolíticas.

Para Sancho et al. (1999) las cualidades organolépticas que percibimos, como el sabor y el aroma, están relacionadas con la síntesis, variación en las concentraciones y modificaciones de ciertos compuestos químicos claves, entre ellos, azúcares, ácidos, taninos y aceites esenciales. Estos atributos sensoriales dependen principalmente de la variedad del fruto, del punto de madurez, y de la percepción propia del consumidor (Tarancón et al., 2020).

d.3 Sólidos solubles totales. Es uno de los parámetros químicos empleados para valorar la madurez de frutas y hortalizas, los sólidos solubles se expresan en grados Brix, que corresponden al porcentaje en peso de azúcares presentes en una disolución; el nivel de sólidos solubles totales es un indicador químico útil para estimar el estado de maduración de frutas y verduras (Chávez, 2015).

En cuanto al contenido de grados Brix (° Brix) de los tomates híbridos este representa la cantidad de sólidos solubles totales (SST) presentes en el fruto o sus derivados; este valor, expresado en grados Brix, proporciona una estimación del contenido de azúcar; a través de esta medición, es posible inferir indirectamente el grado de madurez de los tomates; para variedades destinadas al consumo en fresco, los niveles óptimos de Brix se encuentran entre 7,5 y 9 grados; en cuanto al pH, el rango adecuado oscila entre 4,0 y 5,0 (Ramírez, 2016).

El contenido de sólidos totales del tomate híbrido oscila entre 7 % y 8,5 %; estos sólidos incluyen tanto la piel y las semillas del fruto como el jugo del tomate; el jugo, en particular, contiene alrededor del 4,1 % de sólidos insolubles en agua; estos componentes insolubles están compuestos principalmente por partículas minerales, que representan entre el 0,8 % y el 1,2 %, así como sal o cloruro de sodio, que se encuentra en una proporción de 0,05 % a 0,1 %; además, el tomate también presenta sólidos solubles en agua, que varían entre el 3,8 % y el 5 % (Cruz, 2007).

d.4 pH. El pH de las frutas y vegetales es una medida de la concentración de protones liberados al agua por sustancias ácidas presentes en la muestra, está determinado por la fortaleza de los ácidos existentes y depende más de la naturaleza del ácido que de su

concentración; en el caso específico de los tomates, aquellos que tienen un sabor y aroma óptimos, presentan valores de pH entre 4 y 5 aproximadamente; es decir, los tomates con mejor palatabilidad tienden a tener un pH ligeramente ácido, debido a la presencia de ácidos orgánicos que influyen positivamente en estas cualidades sensoriales (Hernández, 2013).

El pH en tomates está vinculado a la presencia de ácidos orgánicos específicos que influyen positivamente en sus cualidades sensoriales; la acidez adecuada puede mejorar la percepción de la frescura y el sabor de los tomates, así como, su capacidad para resaltar otros sabores y aromas (Cortez, 2023).

Además, el pH también afecta la textura, la estabilidad de los pigmentos y antioxidantes, así como, la actividad enzimática en frutas y vegetales, siendo muy importante en la calidad general y la vida útil de los productos vegetales; por lo tanto, el pH es un factor crucial para considerar en la producción, almacenamiento y comercialización de frutas y vegetales, ya que influye significativamente en su calidad sensorial, seguridad alimentaria y valor nutricional (Luna y Delgado, 2014).

d.5 Contenido nutricional. La composición del tomate consiste mayormente en agua, después de esta, los hidratos de carbono son los macronutrientes predominantes (González, 2011). Para Odriozola (2009) entre las vitaminas del tomate, sobresalen la vitamina A en forma de betacarotenos, la vitamina C, y minerales como el potasio; cabe mencionar que los tomates tienen un alto contenido de licopeno, el pigmento rojo y carotenoide responsable de su coloración. El licopeno posee una alta capacidad antioxidante; debido a esto, el consumo de tomates y sus derivados se asocia a un menor riesgo de padecer enfermedades crónicas como las cardiovasculares o ciertos tipos de cáncer (Navarro y Periago, 2016).

Según Badui (2006) cada 100 gramos de la porción comestible de tomate contienen aproximadamente un 94 % de agua, 3 % de carbohidratos, 1,8 % de fibra dietética, 1 % de proteínas y 0,2 % de grasas, esto le confiere un aporte energético de 100 KJ por cada 100 g. Sin embargo, para Flores (2013), la composición del tomate puede mostrar ligeras variaciones dependiendo de factores como el cultivar de tomate, las prácticas agronómicas utilizadas en

su producción y las condiciones climáticas en las zonas de cultivo respectivas, los cuales ejercen cierta influencia sobre los nutrientes finales en el tomate cosechado.

e. Cosecha. La cosecha consiste en recolectar los frutos de tomate cuando logran la madurez idónea, puede efectuarse progresivamente a medida que el producto va madurando, el método más utilizado para determinar el punto de cosecha es observar la coloración externa del fruto, por ser sencillo y económico (Hernández, 2013). Sin embargo, para Niño (2020), este método es poco fiable por sí solo, por lo que debe complementarse con otros para recolectar fruta de calidad superior y evitar errores, la decisión del momento preciso de cosecha es crucial para obtener la máxima calidad, la coloración exterior del fruto no siempre refleja con exactitud su grado interno de madurez, por ello se requiere emplear métodos adicionales para una adecuada determinación.

En la cosecha de tomates híbridos, se requiere que el fruto exhiba frescura, salud y limpieza; su desarrollo debe estar dentro del rango de madurez entre 1/2 y 3/4 de “pintón”; además, debe tener una forma bien conformada, una superficie lisa, y su textura debe ser consistente y firme al tacto; internamente, no debe presentar defectos morfológicos, y su presentación general debe ser atractiva y sin signos de humedad exterior, ataques de insectos o enfermedades, ni residuos de pesticidas; estos criterios aseguran la calidad y la satisfacción del consumidor (González y Aguirre, 2015).

Niño (2020), mencionó que el método de la coloración del tomate es poco fiable por sí solo, por lo que debe complementarse con otros métodos como el contenido de Brix para recolectar fruta de calidad superior y evitar errores, la decisión del momento preciso de cosecha es crucial para obtener la máxima calidad, la coloración exterior del fruto no siempre refleja con exactitud su grado interno de madurez, por ello, se requiere emplear métodos adicionales para una adecuada determinación.

f. El grado de madurez. El índice más utilizado para determinar el punto de cosecha del tomate es el cambio en la coloración del fruto inicia con un verde intenso, pasando por verde claro, luego pintón, posteriormente rosado, luego rojo pálido hasta finalmente tornarse rojo (Picado, 2006).

Fava (2012), indicó que el cambio de pigmentación en tomates es la señal externa más notoria de la maduración, se debe primariamente a la degradación de la clorofila, que produce la pérdida de coloración verde, y a la síntesis de pigmentos rojos característicos de la especie. Según Borja y Nevado (2016), cuanto más rojo se vuelve el tomate, indica mayor madurez alcanzada, pero también significa menor vida postcosecha comercial, es decir, permitir que la coloración del fruto avance demasiado compromete y acorta el periodo que permanecerá apto para la venta luego de cosechado.

El grado de madurez en el que el tomate es cosechado es un aspecto clave, entre otros, que determina a qué temperatura se debe refrigerar el producto para su correcta conservación, como lineamiento general, se aconsejan las siguientes temperaturas dependiendo del punto de maduración: tomates verdes maduros (empiezan a mostrar algo de color rojo) entre 12,5 y 15 °C, tomates de color rojo claro (mayormente rojos, pero aún firmes) entre 10 y 12,5 °C, tomates maduros firmes (rojos intensos, pero todavía duros): entre 7 y 10 °C (Varvarande, 2013).

Figura 1

Estados de madurez del tomate según la coloración (García et al., 2013, p.11).



2.2.2. Fisiología postcosecha de frutas y hortalizas

a. **Respiración.** Una vez que los frutos son recolectados, dejan de poder reabastecer sus nutrientes y agua; por esto, la respiración emplea el almidón o azúcar previamente almacenado con el fin de producir energía y sostener los procesos fisiológicos

posteriores a la cosecha; dado que luego de ser separadas de la planta madre, las frutas y hortalizas dependen exclusivamente de sus propias reservas, este proceso respiratorio resulta esencial para que los tejidos mantengan su viabilidad (Calvo, 2005).

El ritmo de respiración actúa como un indicador de la rapidez con la que la fruta experimenta cambios en su composición química; por lo tanto, se puede considerar un índice de su vida útil restante; cuanto más alta sea la tasa de respiración, más rápido se agotarán las reservas de nutrientes de la fruta y comenzará de manera acelerada la etapa de envejecimiento y deterioro; el aumento en la tasa respiratoria puede deberse a altas temperaturas, daños mecánicos en la fruta y la presencia de etileno en el ambiente circundante (García, 2008).

b. Transpiración. La pérdida de peso durante el almacenamiento postcosecha de las frutas se relaciona con su tasa de transpiración; este proceso consiste en la difusión de agua y otras sustancias volátiles desde el interior de los frutos hacia el exterior, esto debido al metabolismo propio de los tejidos vegetales, que involucra la respiración y transpiración; las moléculas de gases contenidas en los espacios intracelulares se mueven espontáneamente desde zonas de mayor concentración dentro de la fruta, hacia zonas de menor concentración en el aire que la rodea, hasta alcanzar el equilibrio (Márquez, 2009).

La tasa de transpiración en el tomate depende de varios factores, como la humedad relativa del aire, la temperatura, el movimiento del aire y las características de la cutícula de la piel del fruto; una transpiración excesiva puede provocar marchitez, arrugamiento y pérdida de turgencia en los tomates, disminuyendo su calidad y vida útil; por otro lado, una transpiración moderada es beneficiosa, ya que ayuda a enfriar el fruto y facilitar el transporte de nutrientes y metabolitos (Ayala et al., 2022).

Es importante mantener un equilibrio adecuado en la tasa de transpiración para optimizar la calidad poscosecha y el almacenamiento de los tomates; la regulación de la transpiración se puede lograr mediante el manejo de las condiciones ambientales (humedad relativa y la temperatura) durante el almacenamiento y el transporte (López et al., 2011).

c. Producción de etileno (C_2H_4). Los frutos climatéricos, al madurar, experimentan un aumento en su tasa de respiración, asociado a una alta producción de etileno; esta hormona actúa de manera coordinada con otras como auxinas, giberelinas, citocininas y ácido abscísico para controlar el proceso de maduración; el etileno modula ciertos elementos implicados en la madurez de frutos climatéricos, entre ellos los cambios de color, textura y carbohidratos; es decir, el proceso normal de maduración en ciertas frutas como el tomate conlleva una estimulación de la respiración celular y una elevada síntesis de etileno (Srivastava, 2002).

El etileno (C_2H_4) es una hormona vegetal gaseosa que desempeña un papel crucial en la maduración y senescencia de los frutos. La producción de etileno se incrementa significativamente durante la maduración de los frutos climatéricos, como los tomates, manzanas, plátanos y aguacates (Lara y Ortega, 2021).

En el caso de los frutos de tomate, la producción de etileno aumenta drásticamente durante la transición del estado verde maduro al estado rojo maduro; este pico de producción de etileno desencadena una cascada de eventos bioquímicos y fisiológicos que conducen a cambios en la textura, color, aroma y sabor del fruto (INTAGRI, 2019).

La síntesis de etileno en los frutos se produce a partir del aminoácido metionina, a través de una serie de reacciones enzimáticas que implican la conversión de S-adenosil-metionina (SAM) en ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) por la enzima ACC sintasa, y luego la oxidación de ACC a etileno por la enzima ACC oxidasa (De la Cruz, 2010).

Factores como la temperatura, la concentración de oxígeno, el daño mecánico y la presencia de patógenos pueden influir en la tasa de producción de etileno en los frutos; el control de la producción de etileno es crucial para prolongar la vida útil de los frutos durante el almacenamiento y el transporte (Idplantae, 2023).

2.2.3. Efecto de la temperatura en el metabolismo postcosecha

Alía et al. (2000), manifestaron que la conservación del peso del fruto está directamente ligada a una mayor firmeza, un menor contenido de sólidos solubles y a un

mayor contenido de almidón. Según Ramírez et al. (2004), las temperaturas de refrigeración influyen en el peso y la firmeza de los frutos de tomate retrasando el proceso de deterioro del fruto, así mismo, la producción del etileno, el ácido-1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y la poligalacturonasa (PG) están relacionados directamente con la maduración y senescencia del tomate, y su concentración es mayor a temperatura ambiente que a temperaturas de refrigeración (7 y 9 °C).

Del mismo modo Salveit y Morris (1990), refieren que la evolución de etileno en el tejido de tomate está ligada directamente a la acción previa de ACC, y que este aumenta de nivel a condiciones ambientales de temperatura y se reduce a temperaturas de refrigeración (7 y 9 °C). Al respecto, Ramírez et al. (2004), indicaron que temperaturas ambientes de 18 a 27 °C también originaron un incremento de PG y posterior aumento del etileno como factores importantes en la maduración de tomate.

Los frutos de los vegetales están formados por tejidos vivos, los cuales sufren cambios después de su recolección, tales como, pérdida de agua, firmeza, color, acidez, aumento de azúcares, sólidos solubles y aromas, que provocan mermas y afectan su calidad hasta el momento de consumo, en algunos casos puede ocasionar la pérdida total del producto; el valor medio de estas pérdidas depende de la especie, pero se estiman entre el 5 y el 25 % en países industrializados y entre el 20 y 50 % en países en desarrollo (Artés y Artés, n.d).

Meza, (2013) el rápido deterioro de las frutas y verduras se debe a varios factores; en primer lugar, son sensibles a la deshidratación porque sus tejidos contienen un alto porcentaje de agua (94 %), además, su actividad respiratoria continúa después de la cosecha, lo que acelera el envejecimiento, otra causa importante es la acción del etileno, una hormona vegetal que induce la maduración y senescencia, asimismo, son propensas a diversos tipos de podredumbres por hongos y bacterias, también sufren daños mecánicos durante la manipulación y el transporte que facilitan la descomposición, por último, pueden congelarse accidentalmente con facilidad, ya que su punto de congelación es alto en comparación con otros alimentos (-0,5 °C), todos estos procesos bioquímicos y físicos interactúan para producir un rápido deterioro postrecolección.

2.2.4. Manejo postcosecha

Según Acosta (2019), el continuo crecimiento de la población mundial y el consecuente aumento en la demanda de alimentos implica que dediquemos más recursos y esfuerzos a minimizar las pérdidas de alimentos y maximizar la producción agrícola, si no tomamos medidas para hacer frente a este desafío, corremos el riesgo de no poder satisfacer las necesidades nutricionales básicas de gran parte de la humanidad en las próximas décadas.

Para Krouham y Krouham (n.d.), los participantes en la cadena de producción, almacenamiento, transporte y distribución comercial de productos vegetales deben comprender los factores biológicos, tecnológicos y ambientales que previenen el deterioro de estos productos; asimismo, deben implementar las técnicas apropiadas posteriores a la cosecha que mejor conserven la calidad y retrasen el envejecimiento natural de los frutos.

Durante las etapas finales del desarrollo de las plantas, ocurren cambios irreversibles a nivel celular y tisular que precipitan su muerte, una vez que los tejidos vegetales pierden viabilidad, quedan expuestos a la colonización por parte de microorganismos descomponedores que aceleran su deterioro (Artés y Artés, n.d.).

Giménez (2015), refirió que los tomates experimentan modificaciones fisiológicas, bioquímicas y estructurales mientras maduran y luego durante su periodo de almacenamiento tras la cosecha, estos cambios influyen directamente en una pérdida gradual de la firmeza típica del fruto inmaduro, así como, en la producción de distintos compuestos químicos que le otorgan al tomate su sabor y aroma característicos

Rivero (2019), indicó que la refrigeración es el único método de conservación que puede conservar durante un periodo las cualidades del estado fresco de los vegetales, preservando sus atributos sensoriales, higiénicos y nutricionales que los hacen atractivos para el consumo directo o para un procesamiento mínimo en estado fresco. Las temperaturas consideradas apropiadas para almacenar tomates en refrigeración, con el fin de conservarlos, oscilan entre 7 y 15 °C (Apaza, 2021).

A la hora de determinar la temperatura precisa a la cual se deben refrigerar los tomates, es clave tener en cuenta cuál será la manipulación o el uso al que se someterá el producto posteriormente. Esto quiere decir que se debe considerar si los tomates se comercializarán de forma rápida o no luego de cosechados; si se planea madurarlos artificialmente una vez refrigerados; y si el objetivo es mantener el estado de madurez de los frutos o, por el contrario, acelerar su maduración (Palma, 2013).

Los tomates recolectados cuando están verdes maduros o con coloración roja incipiente (equivalentes a los grados 1 y 2 de la carta de madurez basada en el color), experimentarán daños si se los almacena a temperaturas inferiores a 12 o 13 °C, en cambio, aquellos completamente rojos (grado 6 de dicha carta) pueden conservarse entre 5 y 7 grados sin sufrir alteraciones; esto se debe a que los tomates menos maduros son más sensibles al frío, por debajo de -1 °C se genera un congelamiento en los frutos que se manifiesta en una pulpa acuosa, traslúcida y excesivamente blanda, es lo que se conoce como daño por congelamiento, que arruina por completo la calidad del tomate (Gómez, 2012).

En caso de que los tomates cosechados no sean almacenados en frío y permanezcan a temperaturas superiores a 30 °C, se genera una maduración desigual en los frutos, con una marcada decoloración de la piel, es decir que el no refrigerar los tomates después de recolectados, manteniéndolos en cambio a temperatura ambiente calurosa (de más de 30°C), provoca que maduren de forma irregular, observándose manchas y pérdida del color característico en su cáscara o epidermis (Artés y Artés, n.d.).

En el almacenamiento postcosecha de los tomates híbridos, se ha observado que los tomates verdes maduros pueden ser almacenados a una temperatura de 12,5 °C (55 °F) durante 14 días antes de completar su maduración sin que se produzcan reducciones significativas en su calidad sensorial y desarrollo de color; sin embargo, es importante tener en cuenta que, si se almacenan durante más de dos semanas a esta temperatura, aumenta el riesgo de pudrición; por otro lado, los tomates de color rojo claro pueden ser almacenados a una temperatura de 10 - 12 °C (50- 55 °F) durante 3 a 5 días (De la Rosa, 2007).

CAPÍTULO III

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis de la investigación

H1: La variación de temperatura afecta la conservación postcosecha de tomate híbrido Sheila Victory F1 en dos estados de madurez.

H0: La variación de temperatura no afecta la conservación del tomate híbrido Sheila Victory F1 en dos estados de madurez.

3.2 Localización del estudio

La investigación fue realizada en el Laboratorio de Bioingeniería y Fermentaciones Industriales, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado a 2660 metros de altitud, entre las coordenadas UTM 9207098N y 777358E en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca.

Figura 2

Localización del experimento.



3.3 Tipo de investigación

La investigación realizada es de tipo aplicada, debido a que utiliza conocimientos previos para desarrollar soluciones prácticas que mejoren la conservación postcosecha del tomate Sheila Victory F1 cultivado en condiciones controladas (invernadero), con el fin de prolongar su vida útil en condiciones específicas de almacenamiento. Además, la investigación es de tipo experimental porque emplea la experimentación para determinar la temperatura óptima de almacenamiento, con el propósito de minimizar daños físicos y biológicos y prolongar la vida útil del fruto.

El estudio fue de tipo descriptivo, ya que se enfocó en caracterizar el efecto de la variación de temperatura sobre variables específicas del fruto de tomate, como pH, grados Brix, acidez titulable, pérdida de peso, firmeza y color, mediante métodos cuantitativos y análisis estadísticos, sin alterar las variables más allá de las condiciones experimentales.

3.4 Variables de investigación

3.4.1 *Variable independiente*

Temperaturas de conservación.

3.4.2 *Variable dependiente*

Conservación postcosecha de tomate híbrido Sheila Victory F1.

3.5 Unidad de Análisis, población y muestra

3.4.1. *Unidad de análisis*

Frutos de tomate híbrido Sheila Victory F1 recolectados al azar en dos estados de madurez y en la cantidad requerida que fueron sometidos a experimentación en laboratorio para analizar el efecto de las diferentes temperaturas en su conservación postcosecha.

3.4.2. Población

La población estuvo constituida por 500 frutos de tomates híbridos de la variedad Sheila Victory F1, recolectados de 800 plantas en producción de crecimiento indeterminado; estas plantas se encontraron instaladas en un invernadero de 200 metros cuadrados, ubicado en el distrito de Baños del Inca.

3.4.3. Muestra

Se seleccionaron un total de 120 frutos de tomate híbrido de la variedad Sheila Victory F1, divididos en dos grupos de 60 frutos cada uno; el primer grupo correspondió a frutos en madurez fisiológica, caracterizados por una coloración verde claro; el segundo grupo estuvo compuesto por frutos en madurez organoléptica, con un color rojo claro.

3.6 Materiales

3.5.1. Material vegetal

Frutos de tomate híbrido Sheila Victory F1 de crecimiento indeterminado en dos estados de madurez.

3.5.2. Materiales de trabajo experimental

Agua de mesa.

Agua destilada.

Balanza analítica digital marca PRECISA.

Beaker.

Colorímetro marca KONICA - MINOLTA.

Mesa de acero inoxidable.

Pizetas.

Refractómetro marca ATAGO.

Termómetro.

Texturómetro marca BROOKFIELD.

Tubos de ensayo.

Cámara fría.

3.5.3. Materiales de escritorio

Lapicero.

Laptop.

Libreta de apuntes

3.7 Método

La investigación se llevó a cabo mediante el método científico de tipo experimental hipotético-deductivo; este consiste en la experimentación para poder confirmar o rechazar las hipótesis planteadas inicialmente, las cuales se ponen a prueba en el transcurso de la investigación; específicamente, este estudio experimental buscó evaluar el efecto de la temperatura en la conservación postcosecha del tomate; es decir, las hipótesis referidas al impacto de la temperatura en parámetros de postcosecha se sometieron a comprobación experimental, para así poder deducir conclusiones sobre cómo afecta este factor los resultados obtenidos en dicha etapa para el tomate; a través de comparaciones entre tratamientos y análisis se determinó si las hipótesis quedaban verificadas o eran rechazadas.

3.8 Diseño experimental

Para determinar el efecto de la temperatura en la conservación postcosecha del tomate (*Lycopersicum esculentum*) Híbrido Sheila Victory, se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con estructura factorial de 2x3 con tres repeticiones y seis tratamientos, cuyo modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Respuesta

- μ : Efecto medio
 α_i : Efecto verdadero del i-ésimo nivel del factor A
 β_j : Efecto verdadero del j-ésimo nivel del factor B
 $(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto verdadero de la interacción
 ϵ_{ij} : Error experimental

Tabla 1

Factores en estudio.

Factor A		Factor B
Estados de madurez		Temperatura
Madurez fisiológica (Verde claro)	Madurez	7 °C
	organoléptica	10 °C
	(Rojo claro)	Temperatura ambiente (14 °C)

Tabla 2

Tratamientos en estudio para la evaluación de la influencia de diferentes temperaturas en la conservación postcosecha del tomate híbrido Sheila Victory F1 en dos estados de madurez.

Tratamientos	Descripción	Repeticiones				Total Tomates
		1. ^a	2. ^a	3. ^a	4. ^a	
1	Madurez fisiológica 7 °C	5	5	5	5	20
2	Madurez fisiológica 10 °C	5	5	5	5	20
3	Madurez fisiológica temperatura ambiente (14 °C)	5	5	5	5	20
4	Madurez organoléptica 7 °C	5	5	5	5	20
5	Madurez organoléptica 10 °C	5	5	5	5	20
6	Madurez organoléptica temperatura ambiente (14 °C)	5	5	5	5	20

3.9 Metodología

La muestra de tomate híbrido Sheila Victory F1 fue obtenida aleatoriamente de invernaderos ubicados en el distrito de Baños del Inca, seleccionando 500 frutos sin presencia de daños mecánicos o físicos, en dos estadios de maduración distintos, posteriormente, estos

tomates fueron trasladados para realizar los análisis correspondientes en el laboratorio de frutas y hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el análisis en laboratorio se efectuó controlando y manteniendo una temperatura constante según los tratamientos durante toda la evaluación.

3.9.1. Acondicionamiento del laboratorio

Se realizó la limpieza del laboratorio y se acondicionó la cámara de refrigeración, verificándose el correcto funcionamiento del termómetro y termostato; luego fueron delimitados espacios para cada tratamiento de temperatura (7, 10 °C y a temperatura ambiente (14 °C); se aseguró la disponibilidad de mesas de trabajo, material de vidrio, reactivos y equipos necesarios para los análisis fisicoquímicos de los tomates en postcosecha, se demarcó y señaló las diferentes zonas de evaluación por temperatura, se rotularon adecuadamente todos los equipos y finalmente se establecieron protocolos estándar de higiene, limpieza y desinfección del laboratorio durante la experimentación.

3.9.2. Obtención de materia prima

Los frutos de tomate fueron cosechados en jabas, para luego ser trasladados hacia el laboratorio de frutas y hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNC, con la finalidad de realizar los respectivos análisis.

3.9.3. Recepción del tomate

Se determinó el peso individual de cada fruto con una balanza analógica; luego, se rotularon cada uno de los tomates, para finalmente ubicarlos en la cámara de refrigeración con control de temperatura para su acondicionamiento previo a la experimentación.

3.9.4. Selección y clasificación del tomate

Los frutos de tomate se seleccionarán teniendo en cuenta la uniformidad en su estado de madurez (color) mediante el empleo de cartas estándar de color Munsell; esto se debe a

que el estado de madurez (color) es la percepción humana de la luz que refleja un objeto; además del color, también se tuvieron en cuenta características como la forma, el tamaño, el peso y la ausencia de magulladuras o golpes.

3.9.5. Lavado y desinfección

Se realizó un pre-enjuague con agua limpia a presión para eliminar suciedad superficial y facilitar la desinfección, luego se sumergieron los tomates en la solución de hipoclorito de sodio al 0,1 % por un tiempo de 5 minutos agitándolo suavemente para asegurar cobertura total de la solución; se enjuagó con abundante agua limpia a chorro para eliminar residuos químicos; luego se dejó escurrir bien el agua residual y se secó con papel absorbente.

3.9.6. Almacenamiento

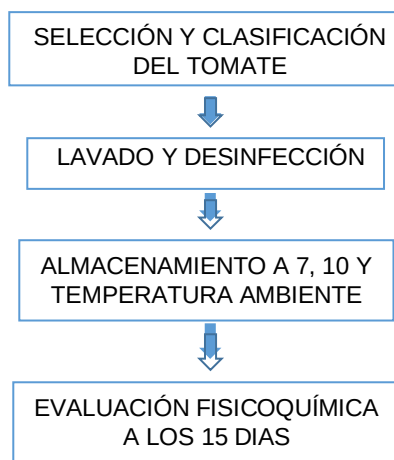
Una vez que los tomates fueron desinfectados, se procedió a ubicarlos en una cámara de refrigeración para su almacenamiento a diferentes temperaturas de acuerdo con los tratamientos contemplados en la investigación; específicamente, se consideraron temperaturas de 7 °C, 10 °C y temperatura ambiente (14 °C); la distribución de las muestras de tomate en las zonas de la cámara a las temperaturas de los respectivos tratamientos estuvo supervisada y controlada por el investigador a cargo del experimento.

3.9.7. Evaluación fisicoquímica

La evaluación de las características fisicoquímicas de los tomates se llevó a cabo a los 15 días de almacenamiento a distintas temperaturas. Se midieron parámetros como el pH, los grados Brix, el peso, la firmeza y el color.

Figura 3

Diagrama de flujo.



3.10 Técnicas

3.10.1. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos registrados en las evaluaciones fueron sistematizados de acuerdo a las variables evaluadas y al análisis estadístico a ejecutar; se realizó el análisis de varianza (ANOVA) con el Software estadístico InfoStat para determinar si existen diferencias estadísticas entre los tratamientos representados por el estado de madurez y diferentes temperaturas de conservación; realizada la prueba anterior y en los casos donde se encontró diferencias estadísticas, se hizo la prueba de rango múltiple de Tukey al 5 % de probabilidad, esta prueba determinó el mejor tratamiento en estado de madurez y temperatura para la conservación del tomate híbrido Sheila Victory F1.

3.10.2. Técnica de recolección de datos

a. Observación. La observación es una técnica central en cualquier proceso investigativo, puesto que permite obtener gran cantidad de información; en esta investigación, la observación se realizó de forma permanente para registrar las causas y efectos de los diferentes tratamientos de temperatura aplicados; se recopilaron así los datos del impacto de las temperaturas sobre los aspectos físicos observables en los tomates almacenados; esta información observada minuciosamente en cada tratamiento fue debidamente documentada

para su posterior estudio y análisis; la observación continua resultó una herramienta invaluable para comprender el efecto de las temperaturas de conservación sobre la calidad de la fruta.

b. Toma de datos. La técnica aplicada a la recolección de datos, así como, para el recojo de los frutos de tomate con diferentes estados de madurez se fundamentó en la norma técnica colombiana 1103-1.

3.11 Evaluaciones

Los parámetros para la caracterización del tomate Sheila Victory F1 fueron evaluados a los 15 días después de ser sometidos a temperaturas de conservación de 7, 10 °C y temperatura ambiente (14 °C); los parámetros evaluados han sido pH, grados Brix, acidez titulable, peso, firmeza y color.

3.11.1. pH

Se procedió a calibrar el pH-metro en las soluciones buffer pH 4 y pH 7, luego el fruto de tomate fue cortado longitudinalmente, con la finalidad de permitir que el electrodo del pH-metro entre en contacto con la pulpa, finalmente se realizó la lectura del pH.

3.11.2. Grados Brix (contenido de azúcares)

Para medir el contenido de azúcar en el tomate se utilizó el Refractómetro o Brixómetro, que es un instrumento óptico de gran precisión que permite medir rápidamente y con gran exactitud la concentración de azúcar en sustancias acuosas. Basa su funcionamiento en el estudio de la refracción de la luz.

El contenido de sólidos solubles se determinó con el índice de refracción y la concentración de sacarosa se expresó en °Brix. Una vez evaluado el tomate con el penetrómetro se colocaron entre dos a tres gotas del sumo sobre el cristal del brixómetro, con la finalidad de determinar la concentración de azúcar durante la maduración y obtener los grados Brix.

3.11.3. *Peso del tomate*

Los tratamientos fueron pesados cada tres días, para determinar la pérdida de peso durante el tiempo del ensayo, para esto se usó una balanza digital en gramos.

3.11.4. *Firmeza del tomate*

Fue determinada mediante el uso el penetrómetro (N), se escogió al azar un tomate de cada tratamiento para determinar el grado de dureza y determinar el porcentaje de madurez.

3.11.5. *Color*

Fue determinado mediante el sistema de medición de color CIE $L^*a^*b^*$ establecido por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM); en este modelo de coordenadas de color, el parámetro L^* representa la luminosidad, variando desde 0 para el negro hasta 100 para el blanco; el valor a^* indica la posición entre el color magenta (rojo) y verde, con valores negativos para verde y positivos para magenta, en un rango de -60 a +60; la coordenada b^* ubica la muestra entre los colores amarillo (valores positivos) y azul (negativos), con una variabilidad de -60 a +60; para cada tratamiento experimental se realizaron tres mediciones de color (estados de madurez) diferentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. pH

la figura 4 muestra que Inicialmente el pH de todos los tratamientos oscila entre 3.8 y 3.97 sin diferencias significativas; a partir del día 5, se empezó a notar un incremento gradual del pH, siendo más acentuado en los tratamientos a temperatura ambiente (14°C) (T5 y T6), llegando a 4.3 y 4.2 respectivamente; para los días 10 y 15, los tratamientos a temperatura ambiente (14°C) (T5 y T6) continuaron aumentando el pH hasta 4.51 y 4.46, mientras que los tratamientos refrigerados (T1-T4) tuvieron un aumento más moderado; al día 20, los tratamientos a temperatura ambiente (14°C) presentaron los valores más altos de pH, 4.7 y 4.52, evidenciando que el almacenamiento a temperatura ambiente (14°C) acelera el incremento del pH; hacia los días 25 y 30, el pH de los tratamientos refrigerados siguió incrementándose, pero a una tasa menor comparada con los tratamientos a temperatura ambiente (14°C).

Los resultados obtenidos coinciden con los reportados por Tejada et al. (2022), quienes observaron un incremento nivel del pH en todos sus tratamientos durante el almacenamiento; de manera similar, Ríos et al. (2014) documentaron un aumento del pH de 3,7 a 4,3 después de 10 días de almacenamiento a temperatura ambiente (14°C) (20,6±5°C); asimismo se alinean con lo encontrado por Gómez y Camelo (2002), quienes reportaron un incremento en el pH durante el almacenamiento en diferentes condiciones atmosféricas. Es importante destacar que tanto los antecedentes como los resultados actuales confirman que la temperatura es un factor crucial en el control del pH durante el almacenamiento postcosecha del tomate, siendo las temperaturas más bajas las que permiten una mejor conservación de la acidez del fruto.

El incremento gradual del pH observado en los tomates híbridos Sheila Victory F1 durante el almacenamiento postcosecha refleja los cambios bioquímicos que ocurren debido

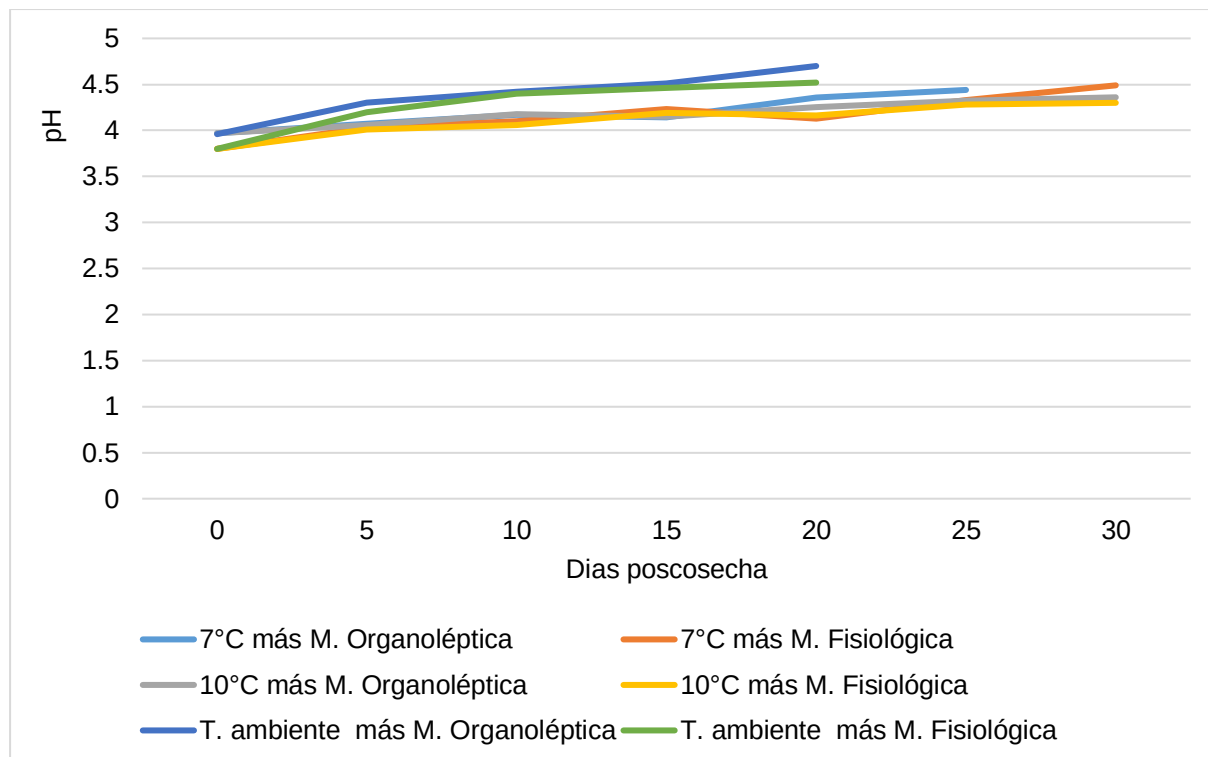
a la reducción de ácidos orgánicos, como el cítrico y el málico, metabolizados en el proceso de respiración del fruto. Este fenómeno, descrito por Hernández (2013) y Luna y Delgado (2014), se intensifica a temperaturas más altas, como las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente (14°C), debido al aumento de la actividad metabólica y enzimática. Los resultados muestran que, mientras los tomates almacenados a 7 °C mantienen mayor acidez (pH más bajo), aquellos almacenados a temperatura ambiente (14°C) exhiben un pH más alto, especialmente en el estado de madurez organoléptica, lo que coincide con las observaciones de Taiz y Zeiger (2010) sobre el consumo de ácidos en frutos más maduros.

Según Ramírez et al. (2004), las temperaturas de refrigeración ralentizan procesos como la producción de etileno y la acción de enzimas hidrolíticas, lo que explica por qué los tomates verdes almacenados a 7 °C mantienen mayor acidez en comparación con los tomates rojos. Estos hallazgos subrayan la importancia de la refrigeración como herramienta para preservar la calidad postcosecha, reduciendo la respiración, la transpiración y la síntesis de etileno, tal como señalan Gómez (2012) y Rivero (2019).

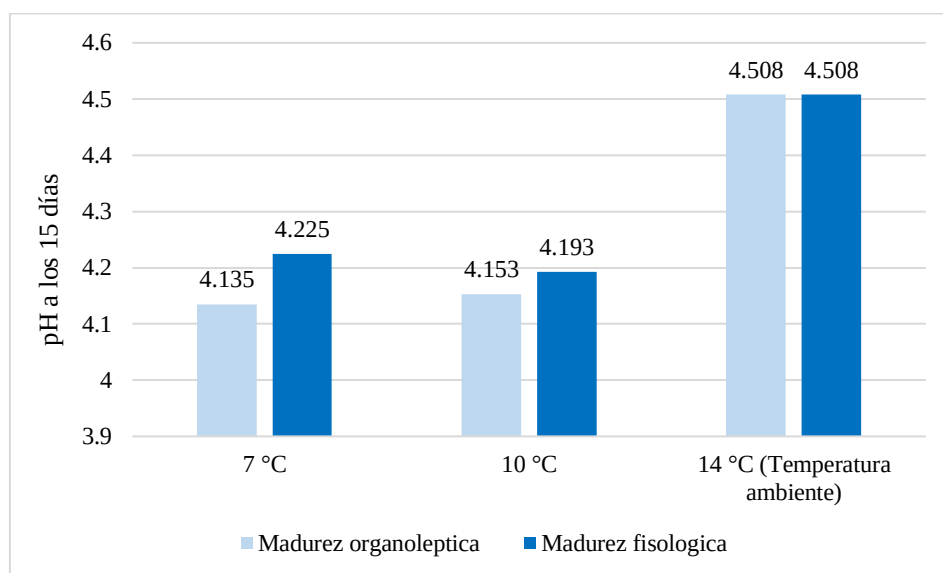
Asimismo, los valores de pH obtenidos, dentro del rango óptimo de 4.0 a 5.0 reportado por Chávez (2015) y Cortez (2023), garantizan una percepción adecuada de frescura, sabor y estabilidad en los tomates, además de mantener sus propiedades antioxidantes y sensoriales. Estos resultados son coherentes con las observaciones de que temperaturas bajas durante el almacenamiento conservan mejor la calidad del producto, mientras que temperaturas elevadas aceleran la pérdida de acidez y el deterioro del fruto. En conjunto, los hallazgos reafirman la relevancia de un manejo postcosecha adecuado para maximizar la vida útil y la calidad de los tomates Sheila Victory F1.

Figura 4

Tendencia del pH durante el periodo postcosecha.

**Figura 5**

Efecto de la temperatura en el pH del tomate híbrido Sheila Victory F1 según el estado de madurez.



La figura 5 muestra que, A 7°C, el pH de los tomates verdes (4.225) es más alto que el pH de los tomates en madurez organoléptica (4.135), indicando que, a bajas temperaturas,

los tomates en madurez fisiológica mantienen mayor acidez. A 10°C, el pH de los tomates en madurez fisiológica (4.193) sigue siendo superior al de los tomates en madurez organoléptica (4.153), aunque la diferencia se reduce ligeramente. A temperatura ambiente (14°C), los tomates en madurez organoléptica presentan un pH (4.508) más alto que el de los tomates en madurez fisiológica (4.455), evidenciando que, a temperatura ambiente (14°C), los tomates en madurez organoléptica experimentan un aumento más notable en su pH por una mayor maduración.

Tabla 3

Análisis de varianza (ANOVA) para el pH durante el almacenamiento postcosecha del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculado	p-valor
Repetición	0.1216	3	0.0405	29.9928	<0.0001
Temperatura	0.4964	2	0.2482	183.572	<0.0001
Estado de madurez	0.004	1	0.004	2.9618	0.1058
Temperatura*Estado de madurez	0.0209	2	0.0105	7.7327	0.0049
Error	0.0203	15	0.0014		
Total	0.6632	23			

CV = 0,86 %

La tabla 3 presenta el análisis de varianza (ANOVA) realizado para el pH muestra que la interacción entre los factores temperatura y estado de madurez es significativa, dado que el valor de significación (p-valor = 0,0049) es menor a 0,05, esto indica que el efecto de la temperatura sobre el pH depende del estado de madurez, y viceversa, es decir, que la combinación de estos dos factores influye de manera conjunta en la regulación del pH durante el periodo postcosecha.

La temperatura tiene un p-valor de 0,0001, el cual es menor que 0,05, esto indica que la temperatura, por sí sola, tiene un impacto estadísticamente significativo sobre el pH de los tomates en ambos estados de madurez (fisiológica y organoléptica), influyendo de manera considerable en el incremento del pH en su conservación postcosecha. Por otro lado, el

estado de madurez presenta un valor de significación (p -valor = 0,1058) mayor al 0,05, esto indica que los estados de madurez, de manera independiente, no tiene un efecto significativo en el pH de los tomates durante el periodo postcosecha.

El coeficiente de variación (CV) es de 0,86 %, el cual indica una baja variabilidad del pH en los frutos de tomate en diferentes estados de madurez según los tratamientos. Además, este resultado implica que el diseño experimental utilizado fue efectivo para controlar las condiciones de temperatura que afectan el pH de los tomates evaluados, lo que contribuye a la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 4

Prueba de Tukey para el pH del tomate híbrido Sheila Victory F1 durante el periodo postcosecha, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto a los 15 días.

Temperatura	Estado de madurez	pH	Agrupación
Ambiente	Organoléptica	4.51	A
Ambiente	Fisiológica	4.46	A
7 °C	Fisiológica	4.23	B
10 °C	Fisiológica	4.19	BC
10 °C	Organoléptica	4.15	BC
7 °C	Organoléptica	4.14	C

La tabla 4 indica la Prueba de Tukey para el pH del tomate por efecto de la interacción entre temperatura de almacenamiento y el estado de madurez, muestra que los tomates almacenados a temperatura ambiente (14°C) presentan los valores más altos de pH. En particular, los tomates en madurez organoléptica presentaron un pH de 4,51, y los tomates en madurez fisiológica con un pH de 4,46. Ambos tratamientos se agrupan en el grupo A, lo que indica mayor acidez y menor conservación en estas condiciones de temperatura.

Los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados a 7 °C tienen un pH de 4.23, ubicándose en el grupo B. Esto indica que el almacenamiento a 7 °C contribuye a mayor conservación de la acidez en comparación con los tomates almacenados a temperatura

ambiente (14°C). Los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados a 10 °C tienen un pH de 4.19, y los tomates en estado de madurez organoléptica a las mismas temperaturas presentan un pH de 4.15, ambos clasificados en el grupo BC. Esto indica que, aunque el almacenamiento a 10 °C conserva una acidez moderada, los valores de pH son más elevados en comparación con los tomates almacenados a 7°C, pero aún menores que los almacenados a temperatura ambiente (14°C).

Los tomates en estado de estado de madurez organoléptica almacenados a 7 °C tienen el pH más bajo, con un valor de 4.14, clasificado en el grupo C. Esto indica que el almacenamiento a bajas temperaturas es el más efectivo para mantener la acidez en los tomates en estado de madurez organoléptica, preservando el pH más bajo y, por lo tanto, una mayor acidez.

4.2. Grados Brix

La figura 6 muestra los grados Brix en tomates, evidenció un aumento progresivo de este parámetro en todos los tratamientos a lo largo del tiempo. Inicialmente, los grados Brix fluctuaron entre 3.53 y 3.8, sin diferencias significativas. Los tratamientos a temperatura ambiente (14°C) (T5 y T6) mostraron un incremento más pronunciado, alcanzando los valores más altos al final del período de observación, lo que sugiere una aceleración en la maduración y concentración de azúcares. En contraste, los tratamientos a 7°C (T1 y T2) y 10°C (T3 y T4) presentaron un aumento más moderado y sostenido, indicando que las temperaturas más bajas ralentizaron la maduración y prolongaron la vida postcosecha hasta 30 días. El estado de madurez inicial no mostró un efecto significativo en la evolución de los grados Brix. Cabe destacar que los frutos almacenados a temperatura ambiente (14°C) tuvieron una vida útil más corta, evaluándose solo hasta los 20 días. En general, las temperaturas más bajas moderaron el incremento de los grados Brix y extendieron la conservación de los frutos.

Estos resultados coinciden parcialmente con los reportados por Ríos et al. (2014), quienes observaron un incremento de los grados Brix en tomates almacenados a temperatura ambiente (14°C), atribuyéndolo a una aceleración de los procesos metabólicos que

incrementan la concentración de azúcares solubles. Asimismo, Bautista et al. (2016) concluyeron que temperaturas de 25 °C favorecían una maduración más rápida y un mayor contenido de sólidos solubles, mientras que temperaturas refrigeradas extendían la vida útil y ralentizaban el aumento de azúcares.

No obstante, el estudio presente señala una clara interacción entre la temperatura y el estado de madurez, lo que no fue ampliamente discutido en investigaciones como la de Tejada et al. (2022). Este hecho subraya la importancia de considerar combinaciones específicas de factores para optimizar la calidad postcosecha del tomate.

Según Chávez (2015) los grados Brix constituyen uno de los parámetros químicos fundamentales empleados para evaluar la madurez de frutas y hortalizas, representando el porcentaje en peso de azúcares presentes en una disolución; este indicador químico resulta particularmente útil para estimar el estado de maduración de frutas y verduras, permitiendo un seguimiento objetivo de su evolución postcosecha. Para el caso específico de los tomates híbridos, Ramírez (2016) establece que los niveles óptimos de grados Brix para variedades destinadas al consumo en fresco oscilan entre 7.5 y 9 grados. Esta medición proporciona una estimación indirecta del grado de madurez de los tomates, siendo un factor crucial para determinar su calidad comercial.

Luna y Delgado (2014) señalan que el pH es un factor crucial que influye en la textura, estabilidad de pigmentos, antioxidantes y actividad enzimática en frutas y vegetales. Esta relación resulta fundamental para comprender cómo los cambios en los grados Brix se vinculan con otros parámetros de calidad durante el almacenamiento postcosecha. Por su parte, Hernández (2013) establece que los tomates con características organolépticas óptimas presentan valores de pH entre 4 y 5, rango que influye directamente en la concentración de azúcares y otros componentes solubles.

La evolución de los grados Brix durante el almacenamiento postcosecha está estrechamente relacionada con los procesos metabólicos del fruto y las condiciones ambientales. Como señala Cortez (2023), la acidez adecuada puede mejorar la percepción de la frescura y el sabor de los tomates, así como su capacidad para resaltar otros sabores y

aromas, aspectos que están directamente vinculados con el contenido de sólidos solubles del fruto.

Figura 6

Tendencia para los grados Brix durante el periodo postcosecha.

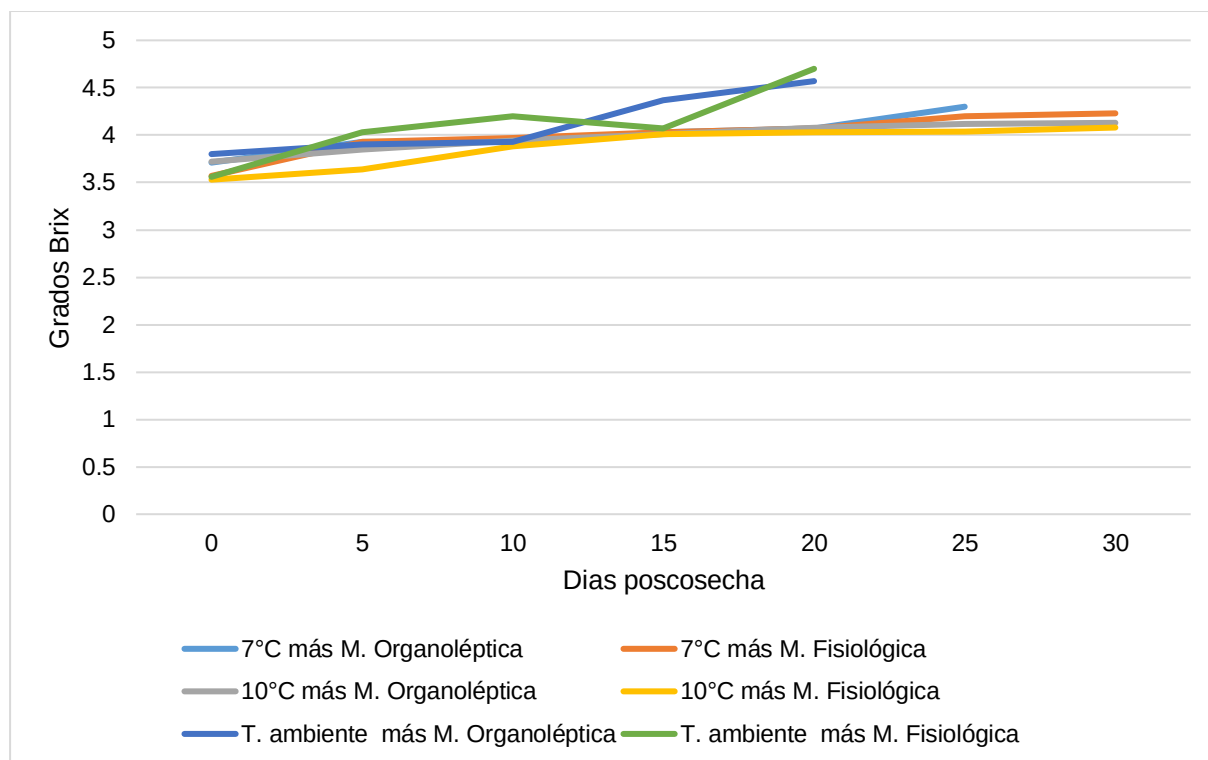
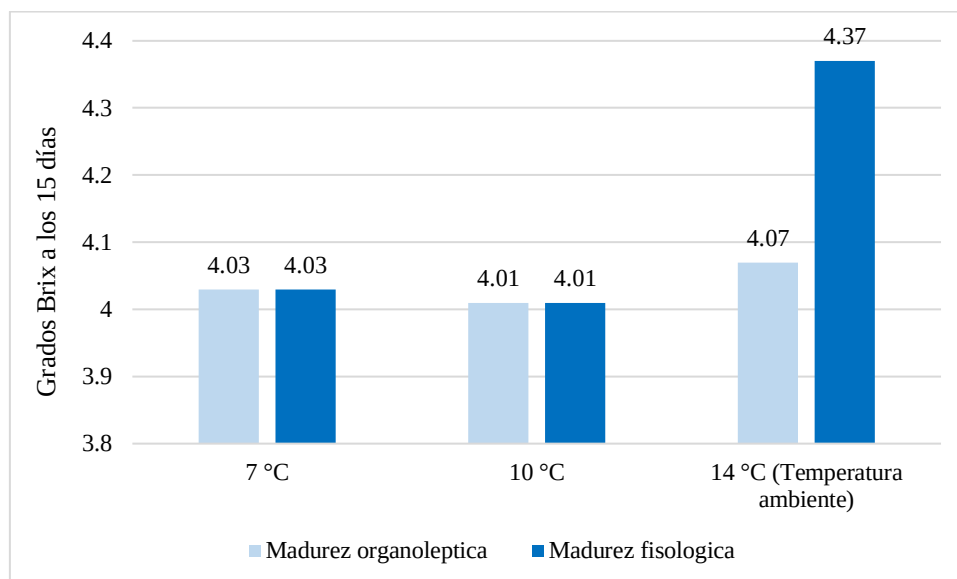


Figura 7

Grados Brix del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto.



La figura 7 muestra que, a 7 °C y 10 °C, los Grados Brix son idénticos para los tomates en madurez organoléptica y en madurez fisiológica (4.03 y 4.01, respectivamente), lo que indica que el estado de madurez no influye en el contenido de azúcar bajo estas condiciones. Sin embargo, a temperatura ambiente (14°C), los tomates en madurez organoléptica presentan un mayor contenido de azúcar (4.37) en comparación con los tomates en madurez fisiológica (4.07), evidenciando que la temperatura ambiente (14°C) favorece un mayor desarrollo de azúcares en los frutos más maduros.

Tabla 5

Análisis de varianza para los Grados Brix del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Repetición	0.0014	3	0.0005	1.0144	0.4139
Temperatura	0.2116	2	0.1058	227.9084	<0.0001
Estado de madurez	0.061	1	0.061	131.4273	<0.0001
Temperatura*	0.122	2	0.061	131.4273	<0.0001
Estado de madurez					
Error	0.007	15	0.0005		
Total	0.403	23			

La tabla 5 indica el análisis de varianza (ANOVA) realizado para los Grados Brix del tomate, muestra que la interacción entre los factores temperatura y estado de madurez es significativa, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05. Esto indica que el efecto de la temperatura sobre los Grados Brix depende del estado de madurez del tomate, y viceversa, es decir, que el impacto del estado de madurez también varía según la temperatura de almacenamiento.

La temperatura tiene un p-valor de 0.0001, el cual es menor que 0.05. Esto indica que la temperatura tiene un efecto significativo sobre los Grados Brix de los tomates en ambos estados de madurez (fisiológica y organoléptica), influyendo de manera considerable en el incremento de los Grados Brix en el contenido de sólidos solubles. Por otro lado, el estado de madurez presenta un valor de significación (p-valor = 0.0001) menor al 0.05, esto indica

que los estados de madurez también tienen un efecto significativo sobre los Grados Brix, indicando que las diferencias en los estados de madurez del tomate afectan su contenido de sólidos solubles. Estos resultados destacan que tanto la temperatura como los estados de madurez, así como su interacción, son factores que influyen en la determinación de los Grados Brix del tomate.

El coeficiente de variación (CV) es de 0.53 %, el cual indica una baja variabilidad en los resultados de los Brix en las diferentes muestras de tomate dentro de cada tratamiento. Además, este resultado implica que el diseño experimental utilizado fue efectivo para controlar las condiciones que afectan los Brix de los tomates evaluados, lo que contribuye a la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 6

Prueba de Tukey para los Grados Brix del tomate híbrido Sheila Victory F1, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto a los 15 días.

Temperatura	Estado de madurez	Grados Brix a los 15 Días	Agrupación
Ambiente	Organoléptica	4.3675	A
Ambiente	Fisiológica	4.065	B
7°C	Fisiológica	4.025	BC
7°C	Organoléptica	4.025	BC
10°C	Organoléptica	4.01	C
10°C	Fisiológica	4.01	C

La tabla 6 indica la Prueba de Tukey para los Grados Brix del tomate por efecto de la interacción entre temperatura de almacenamiento y el estado de madurez, muestra que los tomates almacenados a temperatura ambiente (14°C) presentan los valores más altos de Grados Brix. Los tomates en madurez organoléptica almacenados a temperatura ambiente (14°C) tienen un Grado Brix de 4.3675, clasificándose en el grupo A, lo que indica un mayor contenido de azúcares solubles y una percepción más dulce en comparación con otros tratamientos.

Los tomates en madurez fisiológica almacenados a temperatura ambiente (14°C) tienen un Grado Brix de 4.065, ubicándose en el grupo B. Este valor, aunque inferior al del grupo A, sigue siendo relativamente alto en comparación con los demás tratamientos, indicando también una considerable dulzura. Los tomates almacenados a 7 °C, tanto en madurez fisiológica como en madurez organoléptica, presentan valores idénticos de Grados Brix (4.025), agrupándose en el grupo BC. Esto indica que el efecto de la temperatura baja en estos casos no afecta significativamente el contenido de azúcares solubles en comparación con los tomates almacenados a temperatura ambiente (14°C), aunque es ligeramente menor.

Los tomates almacenados a 10 °C, tanto en madurez fisiológica como en madurez organoléptica, muestran los valores más bajos de Grados Brix (4.01), clasificándose en el grupo C. Esto indica que el almacenamiento a temperaturas intermedias puede reducir el contenido de azúcares solubles en los tomates, resultando en una percepción menos dulce en comparación con los almacenados a temperatura ambiente (14°C). Los resultados indican que el almacenamiento a temperatura ambiente (14°C) favorece un mayor contenido de azúcares solubles en los tomates, especialmente en los de madurez organoléptica, mientras que las temperaturas más bajas (7 °C) y las intermedias (10 °C) están asociadas con menores valores de Grados Brix, reflejando una reducción en la dulzura del fruto.

4.3. Peso del tomate

La figura 8 muestra que en el peso de los tomates se observó una disminución general a lo largo del tiempo. Los frutos almacenados a temperatura ambiente (14°C) (T5 y T6) presentaron la pérdida de peso más acelerada, lo que limitó su evaluación a 20 días debido al aumento en los procesos de deterioro y deshidratación, acortando significativamente su vida útil. En contraste, los tratamientos a 7°C (T1 y T2) y 10°C (T3 y T4) mostraron una pérdida más moderada y sostenida, permitiendo conservar los frutos en buenas condiciones hasta 30 días. El tratamiento T4 (10°C madurez fisiológica) destacó por registrar la menor pérdida de peso, lo que sugiere que una temperatura moderadamente baja combinada con un estado de

madurez inicial menos avanzado favorece la conservación del fruto. Por otro lado, T1 (7°C madurez organoléptica) presentó la mayor pérdida entre los tratamientos de baja temperatura, evidenciando que los frutos más maduros son más susceptibles a la pérdida de agua, incluso en condiciones controladas. En general, los tomates almacenados a temperaturas más bajas y en un estado de madurez menos avanzado mantuvieron mejor su peso, lo que prolongó su vida postcosecha y retrasó los procesos de degradación en almacenamiento prolongado.

Estos resultados respaldan las conclusiones de Bautista et al. (2016), quienes reportaron que la refrigeración disminuye significativamente la pérdida fisiológica de peso debido a la reducción de la transpiración y la actividad metabólica. Además, coinciden con las observaciones de Gómez y Camelo (2002), quienes destacaron la importancia de un ambiente controlado para reducir las tasas de deshidratación y mantener la calidad del fruto.

Calvo (2005) refiere que el peso en los frutos de tomate está estrechamente relacionado con los procesos fisiológicos postcosecha, principalmente la respiración y la transpiración; una vez que los frutos son recolectados, estos dependen exclusivamente de sus propias reservas, ya que no pueden reabastecer sus nutrientes y agua, lo que inevitablemente conduce a una pérdida gradual de peso durante el almacenamiento.

Para Márquez (2009) la pérdida de peso durante el almacenamiento postcosecha se relaciona directamente con la tasa de transpiración, este proceso implica la difusión de agua y otras sustancias volátiles desde el interior de los frutos hacia el exterior, debido al metabolismo propio de los tejidos vegetales. Ayala et al. (2022) complementa que la tasa de transpiración en el tomate depende de varios factores como la humedad relativa del aire, la temperatura, el movimiento del aire y las características de la cutícula de la piel del fruto. Alía et al. (2000) establecen que la conservación del peso del fruto está directamente relacionada con una mayor firmeza, un menor contenido de sólidos solubles y un mayor contenido de almidón. Por su parte, Ramírez et al. (2004) señalan que las temperaturas de refrigeración influyen positivamente en el peso y la firmeza de los frutos de tomate, retrasando el proceso de deterioro.

Meza (2013) explica que el rápido deterioro y consecuente pérdida de peso en las frutas y verduras se debe a varios factores: son sensibles a la deshidratación por su alto porcentaje de agua (94%), su actividad respiratoria continúa después de la cosecha acelerando el envejecimiento, y son propensos a diversos tipos de podredumbres por hongos y bacterias. Además, los daños mecánicos durante la manipulación y el transporte facilitan la descomposición y pérdida de peso del producto.

Figura 8

Tendencia del peso del tomate durante el periodo postcosecha.

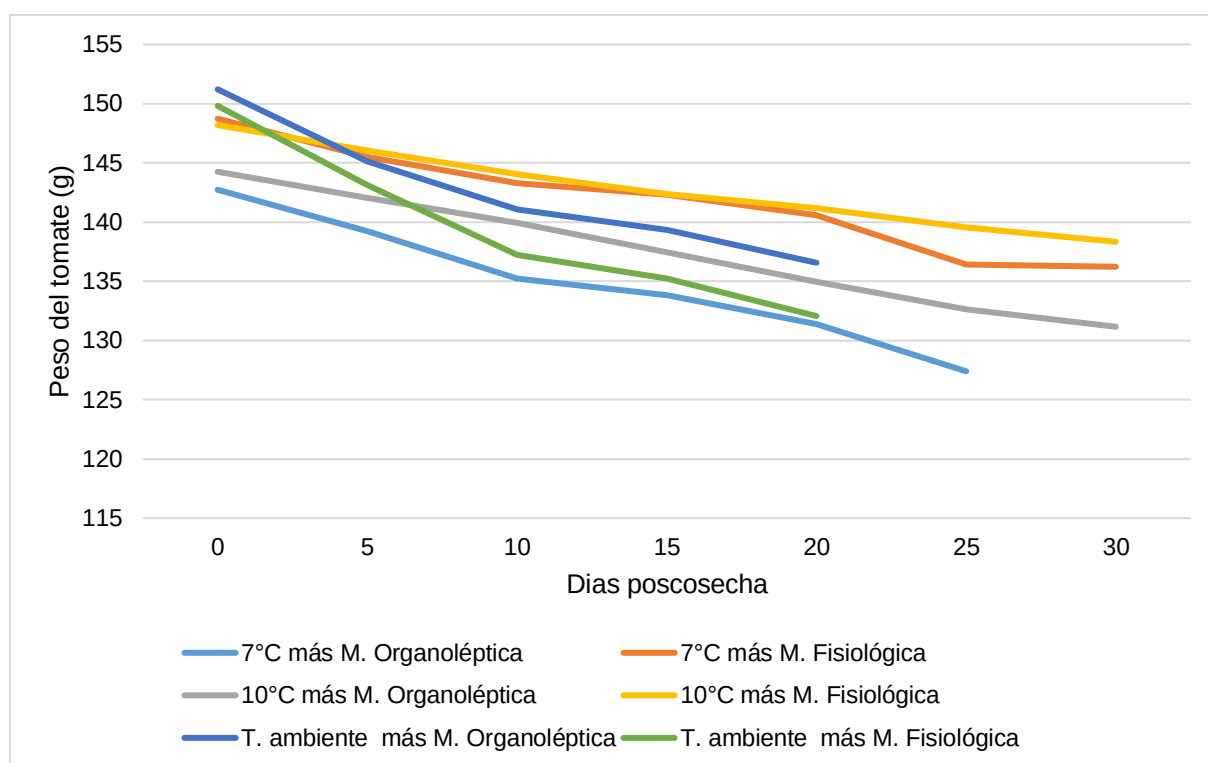
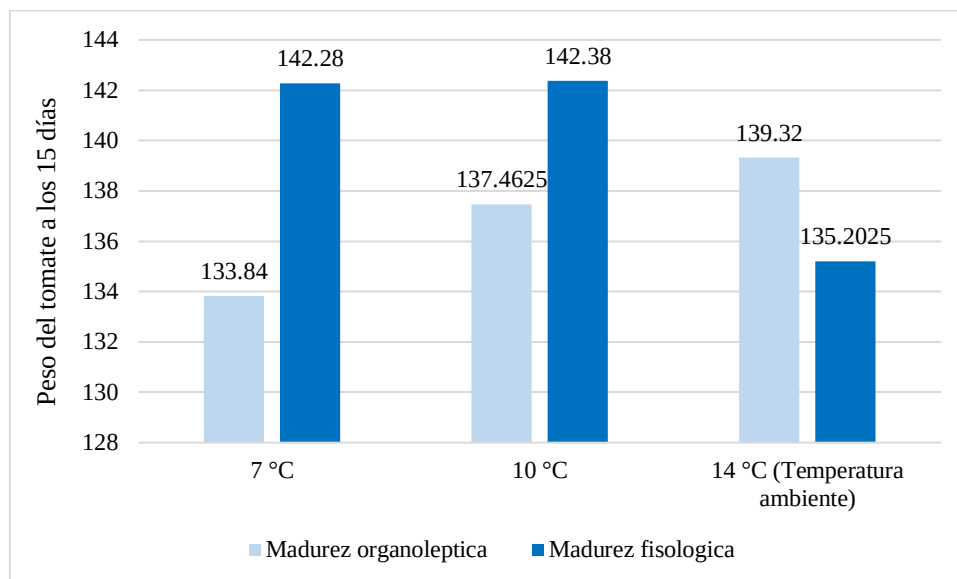


Figura 9

El peso del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto.



En la figura 9 se muestra que, a 7 °C y 10 °C, los tomates en madurez fisiológica mantienen un peso mayor que en los de madurez organoléptica (142.28 vs. 133.84 y 142.38 vs. 137.46, respectivamente), debido a su mejor retención de agua y menor deshidratación. Sin embargo, a temperatura ambiente (14°C), los tomates en madurez organoléptica superan en peso a los de madurez fisiológica (139.32 vs. 135.20), reflejando que los de madurez fisiológica pierden más agua bajo estas condiciones. Estos resultados destacan que, a bajas temperaturas, los tomates en madurez fisiológica conservan mejor su peso, mientras que, a temperatura ambiente (14°C), los tomates en madurez organoléptica presentan una mayor retención de agua.

Tabla 7

Análisis de varianza para el peso del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Repetición	7.8255	3	2.6085	3.0173	0.0628
Temperatura	29.8076	2	14.9038	17.2396	0.0001
Estado de madurez	56.8568	1	56.8568	65.7678	<0.0001
Temperatura*	167.7129	2	83.8564	96.999	<0.0001
Estado de madurez					
Error	12.9676	15	0.8645		
Total	275.1704	23			

CV = 0.67%

La tabla 7 indica el análisis de varianza (ANOVA) realizado para el peso del tomate a los 15 días muestra que la interacción entre los factores temperatura y estado de madurez es significativa, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05. Esto indica que el efecto de la temperatura sobre el peso del tomate depende del estado de madurez del tomate, y viceversa, es decir, que el impacto del del estado de madurez también varía según la temperatura de almacenamiento.

La temperatura (p-valor = 0.0001) y estado de madurez de tomate (p-valor = 0.0001), el valor de significación fue menor al 0.05, lo cual indica que estos factores influyen de manera independiente y significativa en el peso del fruto durante el almacenamiento postcosecha. Los resultados destacan que tanto la temperatura como el estado de madurez, así como su interacción, son factores significativos en la determinación del peso del tomate. La interacción significativa entre temperatura y estados de madurez indica que las combinaciones específicas de estos factores afectan de manera considerable el peso del tomate.

El coeficiente de variación (CV) es de 0.67 %, el cual indica una baja variabilidad en los resultados del peso en las diferentes muestras de tomate dentro de cada tratamiento. Además, este resultado implica que el diseño experimental utilizado fue efectivo para controlar las condiciones que afectan el peso de los tomates evaluados, lo que contribuye a la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 8

Prueba de Tukey para el peso del tomate híbrido Sheila Victory F1, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto a los 15 días.

Temperatura	Estados de madurez	Peso del tomate (g)	Agrupación
10°C	Fisiológica	142.38	A
7°C	Fisiológica	142.2775	A
Ambiente	Organoléptica	139.32	B
10°C	Organoléptica	137.4625	B
Ambiente	Fisiológica	135.2025	C
7°C	Organoléptica	133.8425	C

La tabla 8 indica la Prueba de Tukey para el peso del tomate por efecto de la interacción entre temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto, muestra que los tomates en madurez fisiológica almacenados a 10 °C y a 7 °C tienen los mayores pesos, con valores de 142.38 y 142.2775 gramos respectivamente, ambos clasificados en el grupo A. Esto indica que estas condiciones de almacenamiento contribuyen a mantener un mayor peso en los tomates en madurez fisiológica. Los tomates en madurez organoléptica almacenados a temperatura ambiente (14°C) presentan un peso de 139.32 gramos, clasificado en el grupo B, lo que indica que, aunque el peso es menor comparado con los tomates en madurez fisiológica almacenados a 10 °C y 7 °C, sigue siendo relativamente alto en comparación con otros tratamientos. Los tomates en madurez organoléptica almacenados a 10 °C tienen un peso de 137.4625 g, también en el grupo B, mostrando un peso ligeramente menor que los tomates en madurez organoléptica almacenados a temperatura ambiente (14°C) pero aún superior al de los tomates en madurez fisiológica almacenados a temperatura ambiente (14°C).

Los tomates en madurez fisiológica almacenados a temperatura ambiente (14°C) tienen el peso más bajo, con un valor de 135.2025 gramos, y los tomates en madurez

organoléptica almacenados a 7 °C presentan el peso más bajo de todos, con 133.8425 gramos, ambos clasificados en el grupo C. Esto indica que el almacenamiento a temperatura ambiente (14°C) y a 7 °C está asociado con mayor pérdida de peso en los tomates, debido a la deshidratación o deterioro durante el almacenamiento. Los resultados indican que los tomates en madurez fisiológica almacenados a 10 °C y 7 °C mantienen el mayor peso, lo que está asociado con una mejor conservación en estas condiciones. Asimismo, el almacenamiento a temperatura ambiente (14°C) y a 7 °C tiende a resultar en una mayor pérdida de peso, especialmente en los tomates en madurez organoléptica, reflejando deterioro o deshidratación bajo estas condiciones.

4.4. Firmeza el tomate

La figura 10 muestra la firmeza de los tomates fue influenciada por la temperatura y el estado de madurez inicial. Los tomates en madurez fisiológica comenzaron con mayor firmeza, destacando T6 (758.67 unidades) y T4 (675.23 unidades), mientras que los tomates en madurez organoléptica presentaron valores iniciales más bajos (579.77 unidades). Los tratamientos a temperatura ambiente (14°C) (T5 y T6) mostraron pérdidas más rápidas, con reducciones del 31.35 % y 45.03 % en 20 días, respectivamente. En contraste, los tratamientos a 7°C y 10°C evidenciaron una pérdida más gradual, siendo T4 (10°C madurez fisiológica) el más efectivo, con solo un 13.98 % de pérdida en 30 días, manteniendo la firmeza más alta al final del experimento (580.86 unidades). Estos resultados subrayan la importancia de la temperatura baja y un menor grado de madurez inicial para preservar la firmeza durante el almacenamiento.

Estos resultados concuerdan con lo informado por Ramírez et al. (2004), quienes destacaron que temperaturas de refrigeración moderadas reducen la degradación de pectinas y hemicelulosas, preservando la integridad celular y la textura del fruto. Sin embargo, es relevante señalar que investigaciones como la de Tejada et al. (2022) no encontraron diferencias significativas en la firmeza entre tratamientos de almacenamiento, posiblemente debido a las condiciones experimentales o las variedades utilizadas.

Según Sánchez (2018) la firmeza está asociada principalmente a la estructura de la pared celular, donde factores como la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células influyen significativamente. Los resultados obtenidos, donde los tomates en madurez fisiológica mantuvieron mayor firmeza a bajas temperaturas (7°C y 10°C), se alinean con lo expuesto por Hernández (2022), quien explica que el ablandamiento de los tejidos durante la maduración ocurre debido a la degradación de pectinas y hemicelulosas presentes en las paredes celulares, proceso catalizado por enzimas hidrolíticas.

La menor pérdida de firmeza observada en los tratamientos a bajas temperaturas (7°C y 10°C) se fundamenta en lo señalado por Ramírez et al. (2004), quienes indican que las temperaturas de refrigeración influyen en la firmeza de los tomates al retrasar el proceso de deterioro del fruto; esto se debe a que la producción de etileno, el ácido-1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) y la poligalacturonasa (PG) es menor a temperaturas de refrigeración que a temperatura ambiente (14°C).

La pérdida más acelerada de firmeza en los tratamientos a temperatura ambiente (14°C) puede explicarse por lo expuesto por Salveit y Morris (1990), quienes refieren que la evolución de etileno en el tejido de tomate está ligada directamente a la acción previa de ACC, y que este aumenta de nivel a condiciones ambientales de temperatura. Esta explicación se complementa con lo indicado por Ramírez et al. (2004), quienes señalan que temperaturas ambientes de 18 a 27°C originan un incremento de PG y posterior aumento del etileno como factores importantes en la maduración del tomate.

Los resultados también se alinean con lo expuesto por Artés y Artés (n.d.), quienes indican que los frutos sufren cambios después de su recolección, como pérdida de firmeza, debido a que sus tejidos continúan vivos y experimentan procesos metabólicos activos. Este fenómeno se intensifica a temperaturas más altas, como se observó en los tratamientos a temperatura ambiente (14°C), donde la pérdida de firmeza fue más pronunciada.

La interacción significativa entre temperatura y estado de madurez encontrada en el estudio se puede explicar mediante los procesos descritos por Giménez (2015), quien refiere que los tomates experimentan modificaciones fisiológicas, bioquímicas y estructurales

durante la maduración y almacenamiento, las cuales influyen directamente en la pérdida gradual de la firmeza típica del fruto inmaduro.

Figura 10

Tendencia de la firmeza del tomate durante el periodo postcosecha.

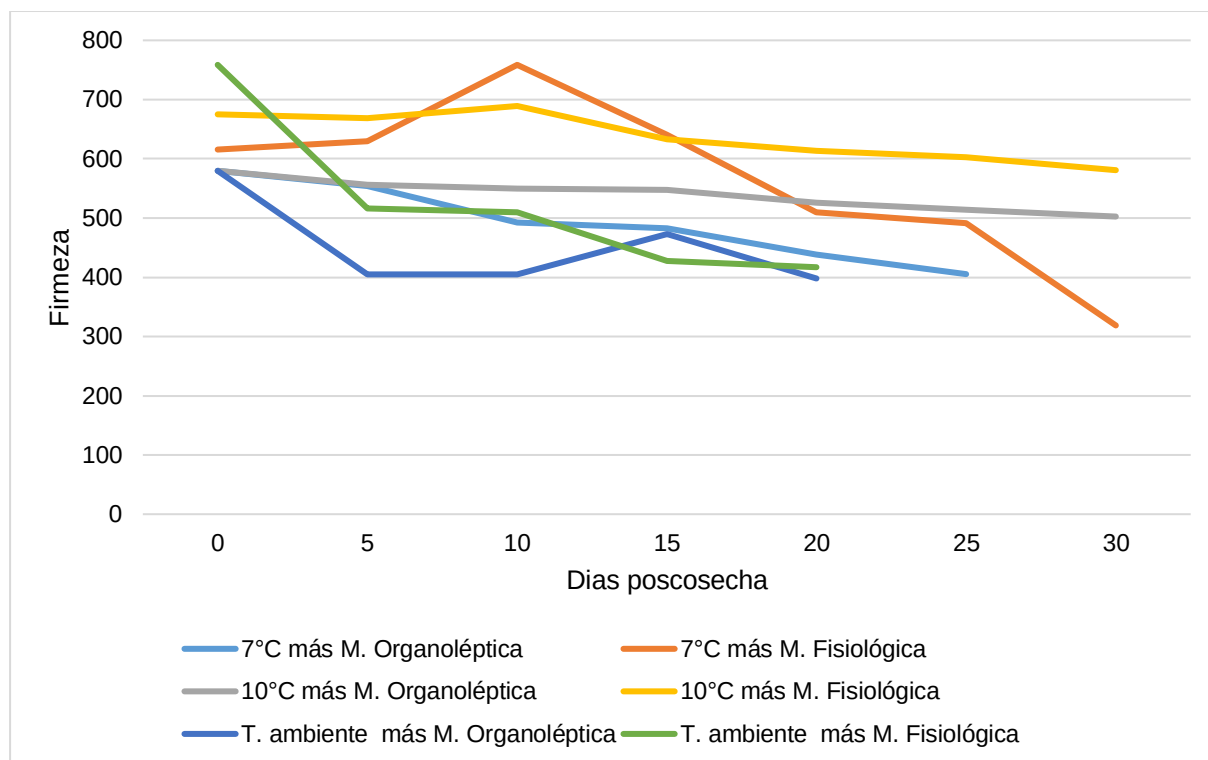
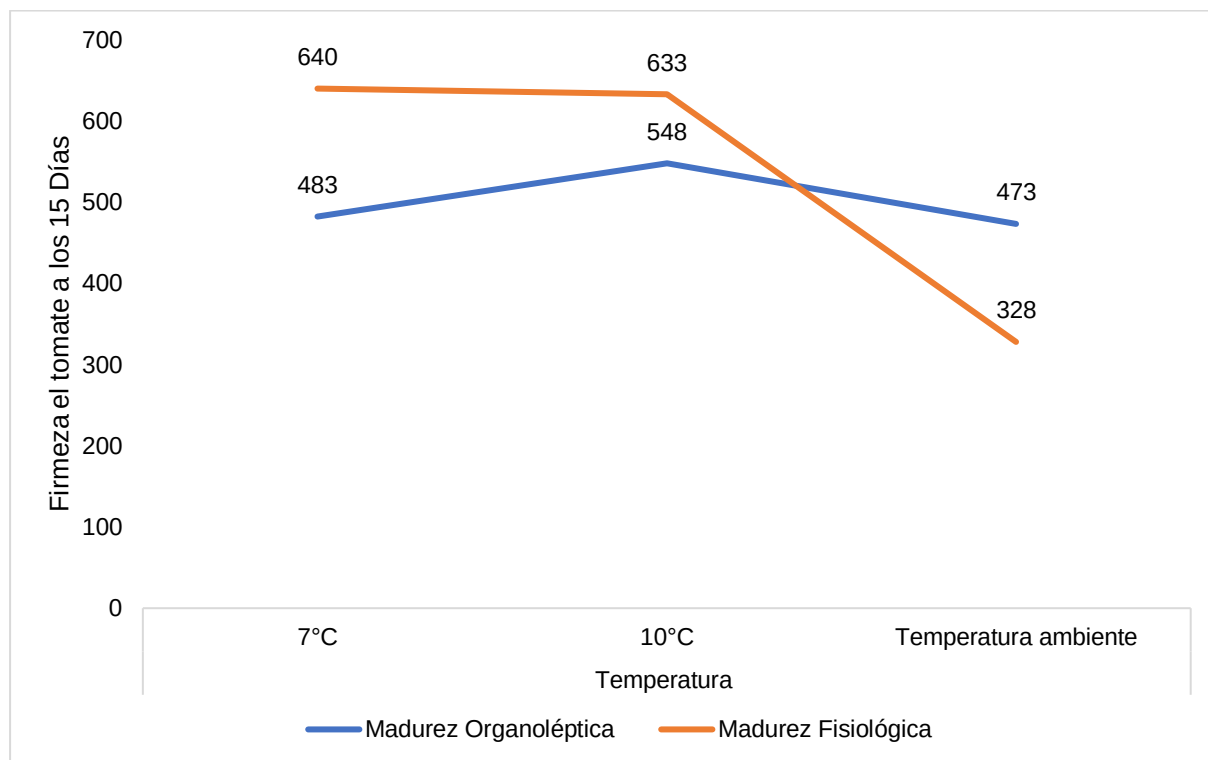


Figura 11

Firmeza del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto.



La figura 11 muestra los tomates en madurez fisiológica mantienen una mayor firmeza que los de madurez organoléptica a bajas temperaturas, registrando 640.00 frente a 482.67 unidades a 7 °C, y 632.975 frente a 547.9775 unidades a 10 °C, aunque la diferencia disminuye ligeramente a medida que la temperatura aumenta. Sin embargo, a temperatura ambiente (14°C), los tomates en madurez organoléptica superan en firmeza a los de madurez fisiológica (473.33 frente a 327.9975 unidades), reflejando una pérdida más rápida de firmeza en los tomates en madurez fisiológica bajo estas condiciones, probablemente debido a una mayor actividad enzimática y descomposición de la estructura celular. Estos resultados destacan la influencia del estado de madurez y la temperatura en la conservación de la firmeza durante el almacenamiento.

Tabla 9

Análisis de varianza para la firmeza del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Repetición	19451.189	3	6483.7296	0.9699	0.4328
Temperatura	167442.04	2	83721.019	12.5235	0.0006
Estado de madurez	6308.9323	1	6308.9323	0.9437	0.3467
Temperatura*					
Estado de madurez	99729.278	2	49864.639	7.459	0.0056
Error	100277.04	15	6685.1359		
Total	393208.48	23			

CV = 15.80%

La tabla 9 indica que la firmeza del tomate muestra que la interacción entre los factores temperatura y estado de madurez es significativa, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0056) es menor al 0.05. Esto indica que el efecto de la temperatura sobre la firmeza del tomate depende del estado de madurez del fruto, y viceversa, es decir, que el impacto del estado de madurez también varía según la temperatura de almacenamiento. La temperatura tiene un p-valor de 0.0006, el cual es menor que 0.05. Esto indica que la temperatura tiene un efecto en la firmeza del tomate, lo que indica que las variaciones en temperatura influyen de manera importante en la conservación de la firmeza del fruto durante el almacenamiento postcosecha. En cuanto al estado de madurez, tiene un p-valor de 0.3467, el cual es mayor que 0.05. Esto indica que el estado de madurez, de manera aislada, no tiene un efecto significativo sobre la firmeza del tomate.

El coeficiente de variación (CV) es de 15.80 %, el cual indica una variabilidad moderada en los resultados de la firmeza en las diferentes muestras de tomate dentro de cada tratamiento. Además, este resultado implica que el diseño experimental utilizado fue efectivo para controlar las condiciones que afectan la firmeza de los tomates evaluados, lo que contribuye a la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 10

Prueba de Tukey para la firmeza del tomate híbrido Sheila Victory F1, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el color del fruto a los 15 días.

Temperatura	Estado de madurez	Firmeza	Agrupación
7°C	Fisiológica	640	A
10°C	Fisiológica	632.975	A
10°C	Organoléptica	547.9775	A
7°C	Organoléptica	482.665	AB
Ambiente	Organoléptica	473.05	AB
Ambiente	Fisiológica	327.9975	B

La tabla 10 indica la Prueba de Tukey para la firmeza del tomate por efecto de la interacción entre temperatura de almacenamiento y el estado de madurez del fruto, muestra que los tomates en madurez fisiológica almacenados a 7 °C presentan la mayor firmeza, con un valor de 640, clasificándose en el grupo A. Este resultado indica que la temperatura baja contribuye a una mayor preservación de la firmeza en los tomates en madurez fisiológica. Los tomates en madurez fisiológica almacenados a 10 °C también mantienen una firmeza alta, con un valor de 632.975, igualmente en el grupo A. Aunque ligeramente inferior a los tomates en madurez fisiológica almacenados a 7 °C, la firmeza sigue siendo notablemente alta en comparación con otros tratamientos.

En cuanto a los tomates en madurez organoléptica, aquellos almacenados a 10 °C muestran una firmeza de 547.9775, que también se clasifica en el grupo A. Esto indica que la temperatura de 10 °C preserva adecuadamente la firmeza en los tomates en madurez organoléptica, aunque no tanto como en los tomates en madurez fisiológica almacenados a la misma temperatura. Los tomates en madurez organoléptica almacenados a 7 °C y a temperatura ambiente (14°C) tienen valores de firmeza de 482.665 y 473.05, respectivamente, ubicándose en el grupo AB. Esto indica que, aunque la firmeza se conserva

relativamente bien a 7 °C, hay una pérdida notable en comparación con los tomates en madurez fisiológica bajo las mismas condiciones.

Los tomates en madurez fisiológica almacenados a temperatura ambiente (14°C) presentan la firmeza más baja, con un valor de 327.9975, clasificándose en el grupo B. Esto indica que el almacenamiento a temperatura ambiente (14°C) resulta en una disminución de la firmeza, mostrando mayor deterioro en estos tomates. Los resultados destacan que los tomates en madurez fisiológica almacenados a 7 °C y 10 °C mantienen una firmeza mayor en comparación con los tomates en madurez organoléptica y los almacenados a temperatura ambiente (14°C). La temperatura de almacenamiento juega un papel importante en la preservación de la firmeza, siendo las condiciones de temperatura baja las más efectivas para mantener la textura de los tomates.

4.5. Color del Tomate

a. Parámetro L*

La figura 12 muestra que, a 7 °C los tomates en madurez fisiológica (33.59) presentan un valor de L* más alto en comparación con los tomates en madurez organoléptica (30.99). Esto indica que, bajo condiciones de baja temperatura, los tomates en madurez fisiológica son más luminosos, lo que se asocia con su apariencia más clara en comparación con los tomates en madurez organoléptica. A 10 °C, el valor de L* de los tomates en madurez fisiológica (31.27) sigue siendo superior al de los tomates en madurez organoléptica (30.88), aunque la diferencia es menos pronunciada que a 7 °C. Este comportamiento refleja que la diferencia en luminosidad entre los tomates en madurez fisiológica y organoléptica disminuye a temperaturas moderadas, lo que indica un avance en el proceso de maduración, especialmente en los tomates en madurez fisiológica. A temperatura ambiente (14°C), los tomates en madurez fisiológica mantienen un valor de L* de 31.27, mientras que los tomates en madurez organoléptica presentan una ligera reducción en su valor de L* (30.28). Esta tendencia muestra que los tomates en madurez organoléptica continúan oscureciéndose a

temperatura ambiente (14°C), como parte del proceso de maduración y la mayor acumulación de pigmentos, mientras que los tomates en madurez fisiológica mantienen un color más claro.

Los resultados están en línea con lo reportado por Bautista et al. (2016), quienes observaron cambios más marcados en la primera semana de almacenamiento, pero leves posteriormente.

Según Brandt et al. (2006) los cambios cromáticos en los tomates se manifiestan a través de alteraciones en la pigmentación de la clorofila y la síntesis de diversos compuestos como carotenoides, xantofilas, flavonoides y antocianinas. La mayor luminosidad observada en los tomates en madurez fisiológica (verdes) se relaciona con la presencia predominante de clorofila, mientras que la menor luminosidad en los tomates con madurez organoléptica (rojos) se debe a la degradación de la clorofila y la síntesis de nuevos pigmentos. Como señala Taiz y Zeiger (2010) la transición del color verde al rojo se origina por el daño de la clorofila, provocada por las fluctuaciones en el pH dentro de la célula.

Figura 12

Parámetro L (luminosidad) del tomate híbrido Sheila Victory F1.*

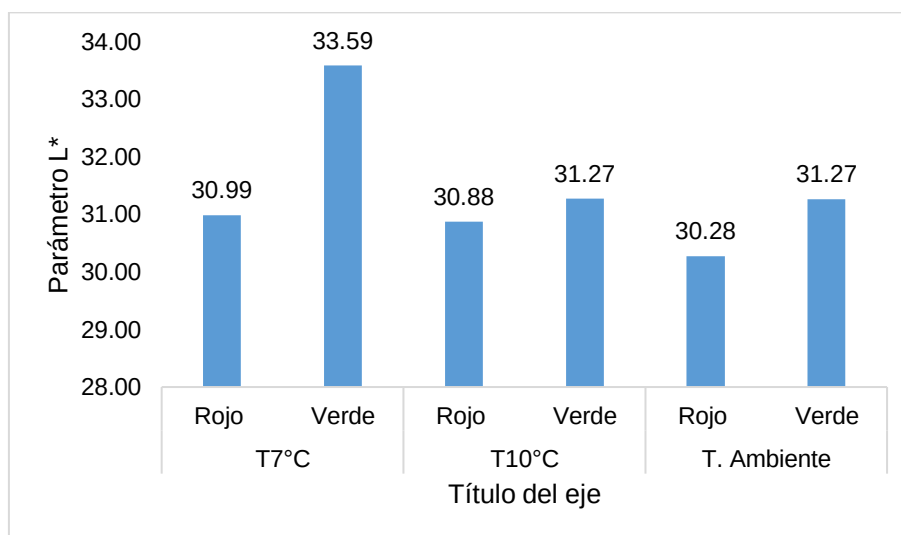


Tabla 11

Análisis de varianza para el parámetro L (luminosidad) del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Repetición	10.887	2	5.4436	1.9758	0.1892
Temperatura	7.7168	2	3.8584	1.4005	0.2909
Estados de madurez	7.9335	1	7.9335	2.8796	0.1206
Temperatura*	3.9087	2	1.9544	0.7094	0.5151
Estados de madurez					
Error	27.551	10	2.7551		
Total	57.997	17			

CV = 5.29%

La tabla 11 indica el análisis de varianza (ANOVA) realizado para el parámetro L* del tomate muestra que la interacción entre los factores temperatura y estados de madurez no es significativa, dado que el valor de significación (p-valor = 0.5151) es mayor al 0.05. Esto indica que el efecto de la temperatura sobre la luminosidad del tomate no depende del estado de madurez, y viceversa, lo que significa que la combinación de estos factores no tiene un impacto relevante en la luminosidad del fruto. La temperatura como el estado de madurez de fruto tiene un p-valor superior al 0.05, Esto indica que los resultados obtenidos del parámetro L* con cada nivel de los factores, no se diferencian significativamente, es decir, que no presentaron efectos significativos.

Los resultados muestran que ni la interacción entre la temperatura y el estado de madurez, ni los factores de manera independiente, mostraron efectos significativos sobre el parámetro L* del tomate. Esto indica que la variación en la temperatura y el estado de madurez no influyen de manera considerable en la luminosidad del fruto durante el almacenamiento postcosecha, bajo las condiciones evaluadas.

El coeficiente de variación (CV) es de 5.29 %, el cual indica una baja variabilidad en los resultados del parámetro L* en las diferentes muestras de tomate dentro de cada tratamiento. Además, este resultado implica que el diseño experimental utilizado fue efectivo

para controlar las condiciones que afectan el parámetro L^* de los tomates evaluados, lo que contribuye a la fiabilidad de los resultados obtenidos.

b. Parámetro a^*

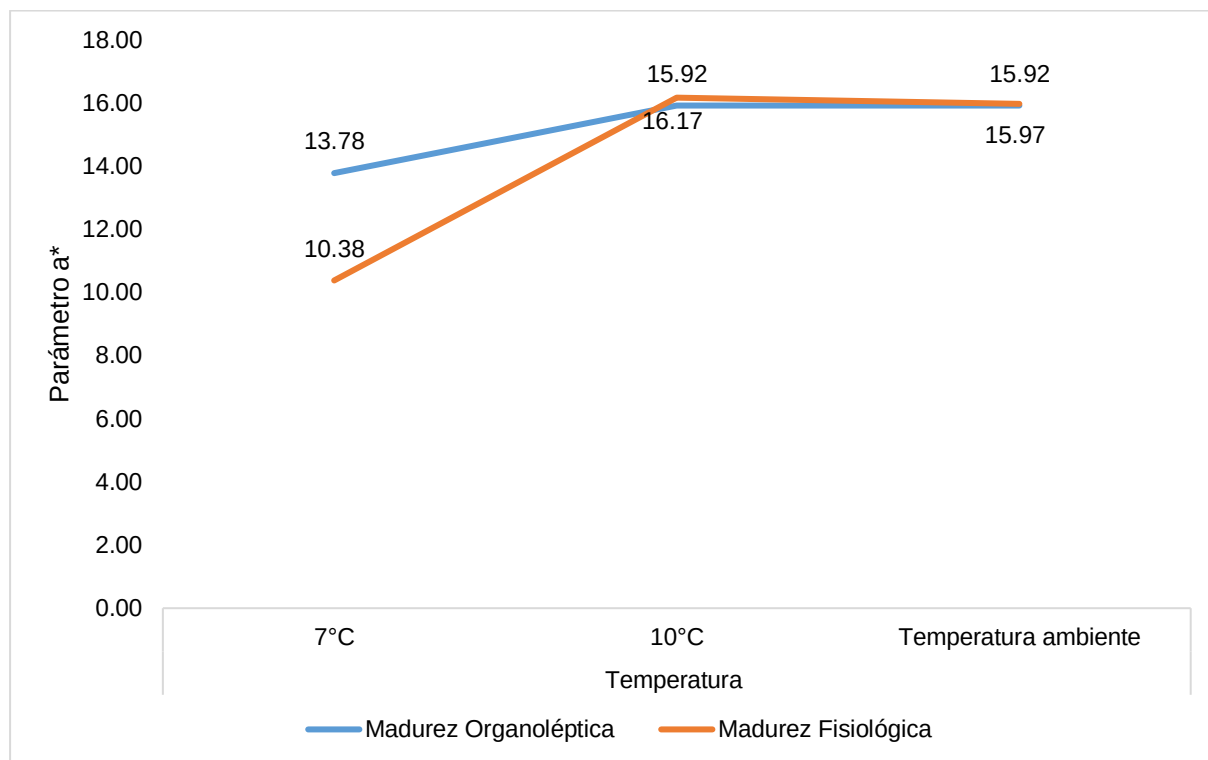
La figura 13 muestra que, a 7°C, los tomates con madurez organoléptica registraron un valor de a^* de 13.78, mientras que los de madurez fisiológica alcanzaron un valor de a^* de 10.38. A 10°C, los valores de a^* fueron similares para ambos estados de madurez, con 15.92 para madurez organoléptica y 16.17 para madurez fisiológica. En temperatura ambiente (14°C), los valores de a^* también fueron cercanos entre sí: 15.92 para madurez organoléptica y 15.97 para madurez fisiológica. Estos datos indican que la temperatura de almacenamiento y el estado de madurez influyen en los estados de madurez del tomate, con las mayores diferencias observadas a 7°C.

Los resultados coinciden con Ríos et al. (2014) en que temperaturas intermedias favorecen la expresión cromática.

Según Fava (2012) indica que el cambio de pigmentación en tomates es la señal externa más notoria de la maduración, debido principalmente a la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos rojos característicos de la especie. Según Borja y Nevado (2016), cuanto más rojo se vuelve el tomate, indica mayor madurez alcanzada. Las diferencias observadas entre las temperaturas de almacenamiento pueden explicarse por lo señalado por Varvarande (2013), quien establece que diferentes temperaturas afectan distintamente la maduración: los tomates verdes maduros requieren temperaturas entre 12.5 y 15°C, mientras que los tomates rojos pueden conservarse a temperaturas más bajas entre 7 y 10°C.

Figura 13

Parámetro a del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el color del fruto.*

**Tabla 12**

Análisis de varianza para el parámetro a del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días.*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Repetición	3.424	2	1.712	1.661	0.2383
Temperatura	61.3911	2	30.6956	29.7817	0.0001
Estado de madurez	6.8327	1	6.8327	6.6293	0.0277
Temperatura*	10.5708	2	5.2854	5.1281	0.0293
Estado de madurez					
Error	10.3069	10	1.0307		
Total	92.5255	17			

CV = 6.91%

La tabla 12 indique el análisis de varianza (ANOVA) realizado para el parámetro a* del tomate, muestra que la interacción entre los factores temperatura y estado de madurez es significativa, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0293) es menor al 0.05. Esto

indica que el efecto de la temperatura sobre el estado de madurez en el parámetro a^* depende del estado de madurez del tomate, y viceversa, lo que indica que la interacción de estos factores afecta de manera importante la tendencia hacia los tonos magenta o verdes en el fruto. Se observa que tanto la temperatura como el estado de madurez tienen un efecto significativo sobre el parámetro a^* , con p-valores de 0.0001 y 0.0277 respectivamente, ambos menores que 0.05. Esto indica que las variaciones de temperatura influyen considerablemente en la tendencia del tomate hacia tonos magenta (madurez organoléptica) o verdes (madurez fisiológica), y que el estado de madurez del tomate también afecta su posición entre estos tonos durante el almacenamiento.

Los resultados muestran que tanto la temperatura como el estado de madurez, así como su interacción, tienen un impacto significativo en el parámetro a^* del estado de madurez del tomate a los 15 días. Esto indica que las combinaciones específicas de temperatura y estados de madurez afectan de manera notable la tendencia del fruto hacia tonos magenta o verde.

El coeficiente de variación (CV) es de 6.91 %, el cual indica una baja variabilidad en los resultados del parámetro a^* en las diferentes muestras de tomate dentro de cada tratamiento. Además, este resultado implica que el diseño experimental utilizado fue efectivo para controlar las condiciones que afectan el parámetro a^* de los tomates evaluados, lo que contribuye a la fiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 13

Prueba de Tukey para el parámetro a^ del tomate híbrido Sheila Victory F1 a los 15 días, considerando la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el color del fruto.*

Temperatura	Estados de madurez	Parámetro a^*	Agrupación
T10°C	Organoléptico	16.17	A
Ambiente	Organoléptico	15.97	A
T10°C	Fisiológica	15.92	A
Ambiente	Fisiológica	15.92	A
T7°C	Organoléptico	13.7767	A
T7°C	Fisiológica	10.38	B

La tabla 13 indica la Prueba de Tukey para el parámetro a^* del estado de madurez del tomate revela que los tomates en madurez organoléptica almacenados a 10 °C y a temperatura ambiente (14°C) presentan los valores más altos de a^* (16.17 y 15.97, respectivamente), indicando una tonalidad más cercana al magenta. Los tomates en madurez fisiológica almacenados a las mismas temperaturas también muestran valores altos de a^* , indicando que estas condiciones favorecen una expresión intensa del color magenta en ambos tipos de tomates. los tomates en madurez organoléptica almacenados a 7 °C tienen un valor de a^* ligeramente menor, aunque aún dentro del rango de tonalidad magenta. Los tomates en madurez fisiológica almacenados a 7 °C presentan el valor más bajo de a^* , indicando una tonalidad menos magenta y más cercana al verde. Esto indicando que el almacenamiento a bajas temperaturas afecta la expresión del color en los tomates en madurez fisiológica. Los tomates almacenados a 10 °C y a temperatura ambiente (14°C) mantienen una tonalidad más intensa y consistente en el rango de magenta, independientemente del estado de madurez inicial del fruto. Sin embargo, el almacenamiento a 7 °C tiende a reducir la intensidad del color, especialmente en los tomates en madurez fisiológica, reflejando un cambio hacia tonalidades más verdes.

c. Parámetro b^*

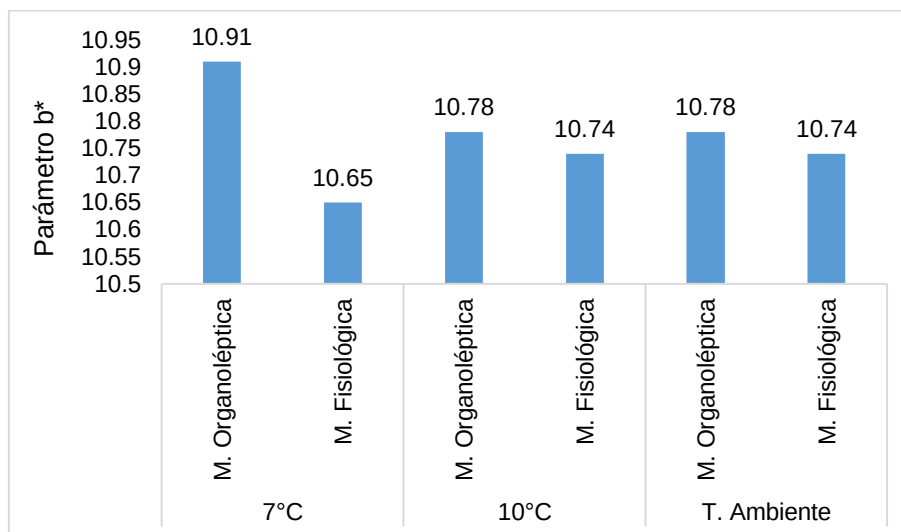
La figura 14 muestra que, a 7 °C los tomates en madurez organoléptica tienen un valor de b^* de 10.91, ligeramente superior al de los tomates en madurez fisiológica (10.65), lo que indica que, bajo esta temperatura, ambos estados de madurez del tomate muestran una tendencia hacia tonos amarillos, aunque los tomates en madurez organoléptica presentan un color un poco más cálido. A 10 °C, la diferencia entre los tomates en madurez organoléptica (10.78) y en madurez fisiológica (10.74) se reduce aún más, mostrando una mayor uniformidad en el tono amarillo entre ambos. Esto indica que, a temperaturas moderadas, el estado de madurez de los tomates, tanto en madurez organoléptica como en madurez fisiológica, tiende a estabilizarse, mostrando tonalidades amarillas muy similares.

A temperatura ambiente (14°C), los valores de b^* para los tomates en madurez organoléptica (10.78) y madurez fisiológica (10.74) permanecen sin cambios respecto a la temperatura de 10 °C, lo que indica que la maduración a temperatura ambiente (14°C) no afecta significativamente el cambio hacia tonos amarillos en ninguno de los dos colores.

Según González (2011) la influencia de las condiciones de almacenamiento. De acuerdo con Benzzo (2005), el color es la cualidad óptica más relevante en los alimentos, junto con la transparencia y la opacidad, relacionándose con la cantidad de luz que el material alimenticio refleja. La ausencia de diferencias significativas en este parámetro sugiere que los cambios en la tonalidad amarilla-azul son menos prominentes durante la maduración del tomate en comparación con los cambios en la tonalidad verde-roja, lo cual se alinea con lo descrito por Brandt et al. (2006) sobre la predominancia de los cambios en pigmentos específicos durante la maduración del tomate.

Figura 14

Parámetro b^ del tomate híbrido Sheila Victory F1, por efecto de la interacción entre la temperatura de almacenamiento y el color del fruto.*

**Tabla 14**

Análisis de varianza para el parámetro b^ del tomate híbrido Sheila Victory F1.*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Repetición	0.008	2	0.004	0.0108	0.9893
Temperatura	0.0013	2	0.0007	0.0018	0.9982
Estado de madurez	0.0589	1	0.0589	0.1588	0.6986
Temperatura* Estado de madurez	0.0455	2	0.0228	0.0614	0.9408
Error	3.7104	10	0.371		
Total	3.8242	17			

CV = 5.66%

La tabla 14 indica el análisis de varianza (ANOVA) realizado para el parámetro b^* del tomate, muestra que la interacción entre los factores temperatura y estado de madurez no es significativa, dado que el valor de significación (p-valor = 0.9408) es mayor al 0.05. Esto indica que el efecto de la temperatura sobre la tendencia de los tonos hacia el amarillo o azul no depende del estado de madurez del tomate, y viceversa, indicando que la interacción de estos factores no afecta de manera significativa este parámetro. Se observa que tanto la temperatura como el estado de madurez no tienen un efecto significativo sobre el parámetro

b^* , con p-valores de 0.9982 y 0.6986 respectivamente, ambos mayores que 0.05. Esto indica que ni la temperatura ni el estado de madurez afectan de manera aislada la variación entre los tonos amarillo y azul del tomate a los 15 días de almacenamiento.

Los resultados muestran que ni la interacción entre la temperatura y el estado de madurez, ni los factores de manera independiente, tienen un efecto significativo sobre el parámetro b^* del color del tomate. Esto indica que, bajo las condiciones evaluadas, las variaciones de temperatura y estado de madurez no influyen en la tendencia cromática del fruto hacia los tonos amarillo o azul durante el almacenamiento postcosecha.

El coeficiente de variación (CV) es de 5.66 %, el cual indica una baja variabilidad en los resultados del parámetro b^* en las diferentes muestras de tomate dentro de cada tratamiento. Además, este resultado implica que el diseño experimental utilizado fue efectivo para controlar las condiciones que afectan el parámetro b^* de los tomates evaluados, lo que contribuye a la fiabilidad de los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

Las temperaturas de 7 °C y 10 °C son las más adecuadas para el almacenamiento postcosecha del tomate híbrido Sheila Victory F1; estas condiciones permiten una prolongación significativa de la vida útil del fruto, ya que favorecen la conservación de su peso y firmeza.

El estado de madurez fisiológica al momento de la cosecha presenta mejor retención de peso y firmeza bajo condiciones controladas, lo que permite una mayor durabilidad y menor deterioro durante el periodo postcosecha.

RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar evaluando temperaturas de almacenamiento cercanas a 7 °C y 10 °C, así como considerar otros factores poscosecha como la humedad y el manejo, para mejorar la conservación del tomate híbrido Sheila Victory F1.

Se recomienda analizar del estado de madurez fisiológica al momento de la cosecha, con el fin de establecer protocolos que prolonguen la vida útil y mantengan la calidad del fruto durante el almacenamiento.

LISTA DE REFERENCIAS

- Acosta, F. (2019). *La forma en que vivimos el ser humano, su ruptura con el medio y consigo mismo*. España. Caligrama. <https://www.goodreads.com/book/show/45323601-la-forma-en-que-vivimos>
- Alía, T. I.; Saucedo, C.; Martínez, M. T. Colinas, M. T, (2000). Temperaturas de almacenamiento y maduración en frutos de mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. More & Stearn). *Chapingo Serie Horticultura*. 6:73- 77. DOI: 10.5154/r.rchsh.1999.11.075
- Apaza, A. E. (2021). *Alimentación y desempeño académico en estudiantes de educación superior carrera de ciencias de la educación UMSA-2020*. Tesis de maestría. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26842/TM418.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Araúz, L. M. (2020). *Evaluación de extractos vegetales y Beauveria bassiana en el manejo de mosca blanca Hemiptera: Aleyrodidae (Bemisia tabaci y Trialeurodes vaporariorum) en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en invernadero*. Tesis Doctoral. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/83245/Tesis%202020%20Linda%20Michelle%20Arauz%20Madrid.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ardila. R. (2019). *Análisis del sector agrícola posterior al auge exportador del aguacate Hass en el puerto de santa marta durante los años 2014-2018*. Tesis de Maestría. San José de Cúcuta: Universidad de Pamplona. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/2862/1/Ardila_2019_TG.pdf
- Arteaga, M. E. *Comportamiento agronómico de cultivares de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mill) en Puellaro – Pichincha*. Tesis de Pregrado. Quito, Ecuador. Universidad San Francisco de Quito USFQ. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11106/1/22943.pdf>

- Artés, F y Artés, F. (n.d.). *Tratamientos postrecolección del tomate fresco: Tendencias e innovaciones*. Departamento de Ingeniería de Alimentos, Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia. [en línea] disponible en <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/60746/mod_folder/content/0/Tomate_ArtesCaleropc_59605.pdf> [consultada: 22 de enero 2024].
- Ayala, C. A., González, J., Zermeno, A; Benavides, A.; Peña, F. M.; & Hernández, J. A. (2022). Respuesta fisiológica y productiva de tomate en un sistema NTF modificado tipo carrete. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 9(2), e3361. <https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3361>
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educación. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e27c7770-6090-4768-94de-bb18ee244aed/content>
- Benzaquen, J. (2016). *Planeamiento Estratégico del Tomate en el Perú*. Tesis de Maestría. Surco, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://www.proquest.com/openview/fc68fcfcc9b198d53208f1077fcc51ef/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Benzzo, M. T. (2005). *Determinación objetiva del color en la elaboración de pastas modelo de embutidos crudo-curados*. Tesis de Maestría. Argentina: Universidad Nacional del Litoral. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/106/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Borbón, C.; Arvizu, M.; Verdugo, G. (2012). Selección de variedades de tomate exportable a Estados Unidos: aplicación del modelo de Markowitz para la disminución del riesgo. *Estudios Sociales*, núm. 2, marzo, 2012, pp. 129-147. <https://www.redalyc.org/pdf/417/41724972006.pdf>
- Borja, P. M. y Nevado, D. D. (2016). *Evaluación del color del epicarpio de tomate (*Solanum lycopersicum*) en el espacio cromático CIELAB, en relación a sus propiedades fisicoquímicas, en el proceso de maduración*. Tesis de Pregrado. Chiclayo, Perú.

- Universidad Señor de Sipán.
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3181/Borja%20Santiago%20-%20Nevado%20Chauca.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Brandt, M. S., Pek, Z., Bama, E., Lugasi, A., Helyes, L. (2006). Lycopene content and color of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of Sci. Food Agric.*, 86(4):568-572. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2390>
- Calvo, B. P. (2005). *Sistemas Poscosecha: Generalidades. En: Sistema poscosecha en frutas de mango, melón y sandía: conceptos y aplicaciones. Memoria Curso de Capacitación.* INTA. <https://studylib.es/doc/7140526/capacitaci%C3%B3n-sistema-poscosecha-en-frutas>
- Chávez, M. (2015). obtención de parámetros tecnológicos para la elaboración de fruta confitada de corazón (endocarpio) de piña (*Ananas comusus*) variedad Golden (Hibrido MD-02). Tesis de Pregrado. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
http://181.176.159.234/bitstream/handle/20.500.14292/1260/CHAM_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chávez, R. (2019). Sobre el origen, evolución y diversidad genética de la papa cultivada y la silvestre. *Ciencia & Desarrollo*, (10), 111–120.
<https://doi.org/10.33326/26176033.2006.10.213>
- Córdoba, H. E.; Gómez, S. V. NÚSTEZ, C. E. (2018). Evaluación del rendimiento y fenología de tres genotipos de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. *Ciencias Hortícolas*, Vol. 12 - No. 1 - pp. 113-125. Doi: <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7348>
- Correa, M. A.; Mendieta, J. M.; Moreno, G. A. (2017). *Oportunidades del sector frutícola colombiano y peruano para su internacionalización.* Tesis de Pregrado. Bogotá: Universitaria Agustiniana.
<https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/439/MendietaCoronado-JonathanManuel-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Cortez, M. A. (2023). *Asociación de los sólidos solubles totales con la composición y percepción sensorial de tomates tipo "Grape" producidos en dos sustratos orgánicos*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/9868/1/FQMAC-309131.pdf>
- Denoya, G. I. (2015). *Efecto de las altas presiones hidrostáticas sobre la calidad y vida útil de duraznos mínimamente procesados. Aspectos bioquímicos, fisicoquímicos, higiénico-sanitarios, nutricionales y sensoriales*. Tesis. Argentina: Universidad de Buenos Aires. http://repositorioubi.sisbi.uba.ar/gsdll/collect/posgraafa/index/assoc/HWA_1137.dir/1137.PDF
- De la Cruz, J.; Vela, G.; Dorantes, L.; & García, H. S. (2010). Efecto del etileno sobre el ACC y ACC oxidasa en la maduración de papaya 'maradol'. *Revista fitotecnica mexicana*, 33(2), 133-140. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000200006&lng=es&tlng=es
- Díaz, L. B.; Avila, R. M. (2021). Tecnologías postcosecha para promover la vida de anaquel de frutos pequeños. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, vol. 22, núm. 1. <https://www.redalyc.org/journal/813/81367929004/81367929004.pdf>
- Díaz, V.; Silva, M.; Lasso, A. F. (2015). *Estudio de viabilidad para la creación de una empresa dedicada a producir y comercializar tomate chonto bajo el sistema de casa malla en el municipio de palmira zona rural de Amaime*. Tesis de Pregrado. Santiago De Cali: Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium. <https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/255/FUCLG0015322.pdf?sequence=1>
- Fava, J. (2012). *Anatomía aplicada al diseño de tecnologías de procesamiento mínimo en frutos (bayas) de Vaccinium corymbosum L. (Ericaceae), Solanum lycopersicum L. var. cerasiforme (Solanaceae) y Vitis labrusca L. (Vitaceae)*. Tesis de Doctorado. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5131_Fava.pdf

- Fernández, A. M. y Rodríguez, E. F. (2007). *Etnobotánica del Perú Pre-Hispano*. Trujillo, Perú. Herbarium Truxillense.
https://issuu.com/lenriq/docs/etnobotanica_del_peru_prehispano_-_eric_rodriguez_
- Flores, J. A. *Evaluación de tiempos y movimientos en la producción de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivado en invernadero*. Tesis de Maestría. México: Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/3802/1/1080246389.pdf>
- Flores, R. (2015). *Efecto de los tratamientos post-cosecha tradicionales y emergentes sobre los compuestos antioxidantes en tomate (Solanum lycopersicon L.) almacenado en refrigeración*. Tesis de Pregrado. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/9fcb20ac-a62b-4dc0-80ed-564b141855ad/content>
- Garavito, C. y Muñoz, I. (2012). Empleo y protección social. Primera edición. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
<http://files.pucp.edu.pe/departamento/economia/LDE-2012-01.pdf#page=152>
- García, M. C; Jaramillo, J. E. y Rodríguez, V. P. (n.d.). Poscosecha de Tomate. Colombia: CORPOICA.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1349/38096_62484.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García, M. (2008). Manual de manejo cosecha y poscosecha del tomate de árbol (pp. 1 - 99): Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - CORPOICA.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13474>
- Giménez, M. J. (2015). *Efecto de la aplicación pre-cosecha de ácido salicílico, acetil salicílico y salicilato de metilo en los parámetros de calidad de cerezas en la recolección y durante el almacenamiento post-recolección*. Tesis Doctoral. Orihuela, Alicante: Universidad Miguel Hernández. <http://dspace.umh.es/handle/11000/5318>
- Gómez, M. E. (2012). *Calidad de fruto en 12 poblaciones silvestres de jitomate Solanum lycopersicum L. var. cerasiforme (Dunal) del occidente de México*. Las Agujas, Zapopan: Universidad de Guadalajara.

http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2346/Gomez_Morales_Myriam_Elizabeth.pdf?sequence=1

González, M. X. (2011). *Efecto de la fertilización químico - orgánica sobre la calidad de tomate (Lycopersicon sculentum) de invernadero*. Tesis de pregrado. Guatemala. Universidad del valle de Guatemala. <https://repositorio.uvg.edu.gt/static/flowpaper/template.html?path=/bitstream/handle/123456789/317/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Guevara, T. F. y Estrella, N. M. (2008). *Determinación y caracterización de enfermedades bacterianas del tomate riñón (Lycopersicon sculentum), cultivado bajo invernadero en doce áreas de la cordillera central del ecuador*. Tesis de Pregrado. Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejército. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2556/1/T-ESPE-IASA%20I-003808.pdf>

Hernández, G. C. (2022). *Cambios bioquímicos y fisiológicos que afectan la firmeza de frambuesa (Rubus idaeus) durante el almacenamiento en atmósferas controlada*. Tesis de Maestría. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/3723/1/RI006746.pdf>

Hernández J. N. (2013). *Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (Lycopersicon sculentum var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente*. Tesis de Doctorado. España: Universidad de Córdoba. <https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/9925/2013000000724.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Idplantae. (2023). El Etileno en las plantas: La hormona de la maduración de los frutos. Id Plantae. <https://idplantae.com/quimica-vegetal/el-etileno-en-las-plantas-la-hormona-de-la-maduracion-de-los-frutos/>

INTAGRI S.C. (2019). Papel del Etileno en la Maduración de Frutos <https://www.intagri.com/articulos/poscosecha-comercializacion/papel-del-etileno-en-la-maduracion-de-frutos>

- Krouham, A. O. y Krouham, P. (2018). *Medicina funcional: La revolución en el tratamiento médico*. Mexico: Trilce.
https://books.google.com.pe/books/about/Medicina_funcional.html?id=3Rx9DwAAQB
 AJ&redir_esc=y
- Lara, A. N. y Ortega, G. (2021). ¿De qué depende la maduración de los frutos?. Ciencia UNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/1132/-de-que-depende-la-maduracion-de-los-frutos->
- López, J. A.; Valverde, F. J.; Mejía, S. L.; López, G.; & Vega, M. O. (2011). Efecto del almacenamiento en atmósfera controlada sobre la calidad poscosecha y nutricional del tomate. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 17(2), 115-128.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2011000200005&lng=es&tlng=es
- Luciani, M. D. (20217). *Efecto de regiones cromosómicas de solanum pimpinellifolium sobre caracteres que afectan la calidad de fruto en el contexto genético del tomate cultivado*. Tesis Doctoral. Argentina: Universidad Nacional de Rosario.
<https://rehip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/31d432b7-08cf-4425-b36f-5bb0bbb7e2fb/content>
- Luna, M. y Delgado, A. (2014). Importancia, contribución y estabilidad de antioxidantes en frutos y productos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 18, núm. 1, pp. 51 – 66.
<https://www.redalyc.org/journal/837/83729789006/movil/>
- Márquez, C. J. (2009). *Caracterización fisiológica, físico - química, reológica, nutraceútica, estructural y sensorial de la guanábana (Annona muricata L. cv. Elita)*. Tesis Doctoral. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/3346/8740420.2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Meza, J. A. (2013). *Aplicación de hidrogenfriamiento y una cubierta de polímero al melón cantaloupe para disminuir su tasa de respiración y actividad enzimática*. Nuevo León:

Universidad Autónoma de Nuevo León.
<https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/16560/21067.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio del Ambiente – MINAM. (2014). *Informe final: Elaboración de mapas analíticos para la línea de base del tomate*. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/ldb_tomate_mapasanaliticos_14.pdf

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2021). Series Históricas de Producción Agrícola. Perú <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/2730325-compendio-anual-de-produccion-agricola>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2020). *Plan Nacional de Cultivos 2019-2020*. Lima: MIDAGRI.
https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf

Moloch, L. V.; Orbegoso, L. C. (2017). *Evaluación del efecto de un recubrimiento a base de sábila (Aloe vera) y aceite esencial de canela (Cinnamomum verum) en el tiempo de vida útil del tomate (Lycopersicum esculentum Mill) roma*. Tesis de Pregrado. Pimentel, Chiclayo: Universidad Señor de Sipán.
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3943/Informe%20de%20Tesis%20-%20Moloch%20L.%20y%20Orbegoso%20L..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Navarro, I. y Periago, M. J. (2016). El tomate, ¿alimento saludable y/o funcional?. *Nutrición Humana y Dietética*. 20(4): 323 – 335.
<https://scielo.isciii.es/pdf/renhyd/v20n4/revision.pdf>

Niño, F. A. (2020). *Elaboración de proyectos para la semi - industrialización del sector caficutor de Santander según la metodología PMI*. Tesis. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/40714/faninoh.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Odriozola, I. (2009). *Obtención de zumos y frutos cortados con alto potencial antioxidante mediante tratamientos no térmicos*. Tesis de Doctorado. España: Universidad de Lleida.

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8385/Tios1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). Base de datos FAOSTAT. Roma. Producción de Cultivos. Tomate. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

Ovilla, J. J. (2012). *Influencia del aporte nutricional sobre el rendimiento y calidad del fruto de tomate*. Tesis de Pregrado. Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

<http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/bitstream/handle/123456789/49342/K%2068790%20Ovilla%20Moreno%2c%20Jos%c3%a9%20Jaziel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Palma, J. (2013). *Plan de negocios: Empresa de jugos naturales (bar de jugos)*. Tesis Mendoza: Universidad Nacional del Cuyo.

https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/5615/tesis-cs-ec-palma.pdf

Pérez, F.; Arévalo, M. L.; Pérez, L. J.; Lobato, R.; Ramírez, M. E. (2020). Crecimiento y características postcosecha de frutos de genotipos nativos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Fitotec.* 43 (1): 89 – 99.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v43n1/0187-7380-rfm-43-01-89.pdf>

Picado, J. (2006). *Propuesta de un sistema de control de calidad para el recibo de tomate, papa, papaya y sandía que se comercializa en los supermercados de la Corporación CoopeAgri R.L.* Informe. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/573>

Ramírez, H; Encina, L. I.; Benavides, A.; Robledo, V.; Hernández, J. y Alonso, S. (2004). Influencia de la Temperatura sobre Procesos Fisiológicos en Postcosecha de Tomate

- (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Nueva Época*. Año I · Vol. I · No 3.
<https://www.revistaagraria.com/index.php/agraria/article/view/298/265>
- Rivero, L. (2019). *Selección de bacterias lácticas autóctonas para su potencial aplicación en la conservación de alimentos de origen vegetal mínimamente procesados*. Tesis doctoral. Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/79215#anchorAbstract>
- Rosenzweig, A. (2005). *El debate sobre el sector agropecuario mexicano en el tratado de libre comercio de América del Norte*. México: CEPAL.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/0f0f7123-080d-4e83-8ae7-a108fbdd08b4/content>
- Sánchez, M. A. (2018). *Efecto de los recubrimientos comestibles elaborados a partir de almidones extrudidos sobre las propiedades fisicoquímicas, microestructurales y enzimáticas de la pared celular de papaya (*Carica papaya* L.) mínimamente procesada*. Tesis de Maestría. México: Universidad Autónoma de Sinaloa.
https://mcta.uas.edu.mx/pdf/repositorio/2015-2017/11_Sanchez_Chilero_Marco_Antonio.pdf
- Salveit, M. E. y Morris, L. L. (1990). Overview on chilling injury of horticultural crops. In *Chilling Injury of Horticultural crops* Wang, C. Y. ed. CRC Press, Inc. BocaRaton Florida, U. S. A. pp. 3-15 p.
https://www.researchgate.net/publication/285438086_Chilling_injury_of_horticultural_crops_An_overview
- Sancho, J.; Bota, E.; de Castro, J. J. (1999). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Barcelona: Universitat de Barcelona. https://books.google.com.pe/books?id=cw1_dn02l8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Srivastava, L. M. (2002). *Crecimiento y desarrollo de plantas. Hormonas y medio ambiente*. Oxford: Prensa académica. £105.00. (tapa dura). 772 pp.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4243626/>

- Taiz, L. y Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. 5111 Edición. Sinauer, Sunderland, MA, USA. 782 pp. <https://rif.emnuvens.com.br/revista/article/view/21>
- Tarancón, P.; Giménez, A.; Aleza, P. & Besada, C. (2020). Selección de nuevas variedades de mandarina tardía en base a la calidad organoléptica y aceptación del consumidor tras la conservación frigorífica. *Internacional de Cítricos*, 454, 227-238. <http://hdl.handle.net/20.500.11939/7109>
- Tejada, O.; Briceño, L. y Vidaurre, J. (2022). Almacenamiento del tomate (*Solanum lycopersicum*) recubierto con goma de sapote (*Capparis scabrida*). *Agroindustrial Science*. 12(3): 313-321. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/4953/5164>
- Varvarande, V. G. (2013). *Mercadería e Insumos Gastronómicos*. Tesis de pregrado. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/297100/MERCADER%C3%8DA%20E%20INSUMOS%20GASTRON%C3%93MICOS%20HO%2005.pdf?sequence=1>

ANEXOS

Tabla 15

Datos obtenidos para pH del tomate a los 15 días.

Repetición	7°C		10°C		14 °C (T. Ambiente)	
	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
I	4.28	4.30	4.26	4.32	4.58	4.58
II	4.12	4.19	4.10	4.14	4.56	4.40
III	4.00	4.18	4.10	4.10	4.38	4.38
IV	4.14	4.23	4.15	4.21	4.51	4.46

Tabla 16

Datos obtenidos para grados Brix del tomate a los 15 días.

Repetición	7°C		10°C		14 °C (T. Ambiente)	
	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
I	4.07	4.02	4.00	4.03	4.39	4.06
II	4.00	4.00	4.03	4.00	4.38	4.05
III	4.03	4.03	4.01	4.01	4.37	4.07
IV	4.00	4.05	4.00	4.00	4.33	4.08

Tabla 17

Datos obtenidos para peso del tomate a los 15 días.

Repetición	T7°C		T10°C		14 °C (T. Ambiente)	
	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
I	135.68	142.29	138.48	143.39	140.32	135.20
II	133.84	142.28	137.46	142.38	139.32	135.20
III	133.86	143.28	138.43	142.36	138.29	134.21
IV	131.99	141.26	135.48	141.39	139.35	136.20

Tabla 18

Datos obtenidos para firmeza del tomate a los 15 días.

Repetición	7°C		10°C		14 °C (T. Ambiente)	
	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
I	480.67	640.00	547.98	632.98	473.33	428.00
II	482.73	641.41	547.99	633.98	474.34	28.36
III	484.58	639.38	546.98	632.99	472.32	427.38
IV	482.68	639.21	548.96	631.95	4.72.21	428.25

Tabla 19

Datos obtenidos para color del tomate a los 15 días a 7 °C de temperatura.

Repetición	L*		a*		b*	
	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
I	30.99	33.59	13.78	10.38	10.91	10.65
II	28.99	34.59	12.77	10.42	11.26	10.12
III	32.98	32.58	14.78	10.34	10.55	11.18

Tabla 20

Datos obtenidos para color del tomate a los 15 días a 10 °C de temperatura.

Repetición	L*		a*		b*	
	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
I	30.88	31.27	16.17	15.92	10.78	10.74
II	32.21	28.88	15.12	14.98	11.38	10.14
III	29.54	33.66	17.22	16.86	10.18	11.34

Tabla 21

Datos obtenidos para color del tomate a los 15 días a 14 °C de temperatura.

Repetición	L*		a*		b*	
	Rojo	Verde	Rojo	Verde	Rojo	Verde
I	30.28	31.27	15.97	15.92	10.78	10.74
II	28.44	29.43	14.46	17.18	10.19	11.35
III	32.11	33.10	17.48	14.66	11.38	10.12

Figura 15

Tomates (madurez organoléptica).



Figura 16

Tomates (madurez fisiológica).



Figura 17

Evaluación de grados brix.



Figura 18

Pesado del tomate.



Figura 19

Análisis del color.



Figura 20

Instrumento de análisis de pH.



Figura 21

Instrumento de medición de temperatura.

**Figura 22**

Tomates a temperatura controlada.

