

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias
Alimentarias**



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“VIDA ÚTIL DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila
Victory F1) COSECHADO EN DOS ESTADOS DE MADUREZ Y
ALMACENADOS EN DIFERENTES TIEMPOS Y
TEMPERATURAS”**

PRESENTADO POR

BACHILLER: **María Yovani Irigoín Lara**

ASESORES : **Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones**

Ing. Agr. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copaccondori

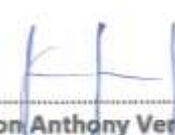
CAJAMARCA - PERÚ

-2024-

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- Investigador:
MARÍA YOVANI IRIGOÍN LARA
DNI: N° 46150049
Escuela Profesional/Unidad UNC:
DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
- Asesor:
Ing. Mg. Sc. JHON ANTHONY VERGARA COPACONDORI
Ing. Mtr. MAX EDWIN SAGAY TERRONES
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
- Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:
VIDA ÚTIL DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) COSECHADO
EN DOS ESTADOS DE MADUREZ Y ALMACENADOS EN DIFERENTES TIEMPOS Y TEMPERATURAS
- Fecha de evaluación: 15/04/2025
- Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud: 10%
- Código Documento: oid: 3117:44952056@
- Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 22/04/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ----- Ing. Agr. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacondori DNI: 40560663

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los siete días del mes de agosto del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 161-2024-FCA-UNC, de fecha 18 de marzo del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"VIDA ÚTIL DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) COSECHADO EN DOS ESTADOS DE MADUREZ Y ALMACENADOS EN DIFERENTES TIEMPOS Y TEMPERATURAS"**, realizada por la Bachiller **MARÍA YOVANI IRIGOÍN LARA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las doce horas y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de quince (15); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las trece horas y seis minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.



Dr. José Gerardo Salhuana Granados
PRESIDENTE



Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
SECRETARIO



Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas
VOCAL



Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR



Ing. Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacandori
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Leovigildo y Edelmira por su apoyo incondicional y su presencia en todo momento, enseñándome a ser fuerte y afrontar las dificultades de la vida.

A mi esposo Ever quien estuvo siempre a mi lado en los buenos y malos momentos apoyándome a lograr ser profesional.

A mis hijas Samy, Lucero y Luanna por ser mi motivación para seguir adelante porque todo lo que hago lo hago por ellas.

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso por la vida y la salud, por darme sabiduría y fortaleza para hacer posible alcanzar este logro.

A mis asesores, Max Edwin y Jhon Anthony mi más sincero agradecimiento por guiarme en el desarrollo de este proyecto, brindándome su apoyo incondicional desinteresadamente.

A los productores agropecuarios Vida Sana del distrito de Bambamarca por facilitarme la materia primara para poder hacer realidad mi proyecto de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes	4
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. <i>El tomate (Solanum lycopersicum L.)</i>	7
a. Origen e historia	7
b. Taxonomía	7
c. Características e importancia	8
d. Estado de madurez	8
d.1. <i>Madurez fisiológica</i>	8
d.2. <i>Madurez organoléptica</i>	9
2.2.2. <i>Vida útil de alimentos</i>	10
2.2.3. <i>Almacenamiento de productos vegetales</i>	11
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1. Ubicación	13
3.2. Materiales	14
3.2.1. <i>Material biológico</i>	14
3.2.2. <i>Material y equipo de laboratorio</i>	14
3.3. Metodología	15
3.3.1. <i>Trabajo de campo</i>	15
3.3.2. <i>Trabajo de laboratorio</i>	16
a. Evaluación técnica	17
a.1. <i>Recepción de materia prima</i>	17
a.2. <i>Selección y clasificación</i>	17

a.3.	<i>Almacenamiento</i>	17
b.	Evaluación fisicoquímica	18
b.1.	<i>Peso</i>	18
b.2.	<i>Variación del pH</i>	18
b.3.	<i>Grados Brix</i>	18
b.4.	<i>Textura</i>	19
b.5.	<i>Color</i>	19
3.3.3.	<i>Trabajo de gabinete</i>	19
	CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
4.1.	Peso	20
4.2.	Grados Brix	25
4.3.	pH	30
4.4.	Textura	34
4.5.	Color	38
4.5.1.	<i>Luminosidad (L*)</i>	38
4.5.2.	<i>Cromaticidad verde a rojo (a*)</i>	41
4.5.3.	<i>Cromaticidad azul a amarillo (b*)</i>	44
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1.	Conclusiones	47
5.2.	Recomendaciones	47
	CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
	ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	<i>Tratamientos en estudio</i>	16
2	<i>Análisis de varianza del peso de tomates</i>	22
3	<i>Prueba t de Student para el peso de tomates según el estado de madurez</i>	22
4	<i>Prueba de Tukey para el peso de tomates según el tiempo de almacenamiento</i>	23
5	<i>Prueba t de Student para el peso de tomates según la temperatura de almacenamiento</i>	24
6	<i>Prueba de Tukey para el peso de tomates según la temperatura de almacenamiento</i>	25
7	<i>Análisis de varianza de los grados Brix de tomates</i>	27
8	<i>Prueba t de Student para los grados Brix de tomates según el estado de madurez</i>	28
9	<i>Prueba t de Student para los grados Brix de tomates según la temperatura de almacenamiento</i>	28
10	<i>Prueba de Tukey para los grados Brix de tomates según el tiempo de almacenamiento</i>	29
11	<i>Prueba de Tukey para los grados Brix de tomates según la temperatura de almacenamiento</i>	30
12	<i>Análisis de varianza del pH de tomates</i>	32
13	<i>Prueba de Tukey para el pH de tomates según el tiempo de almacenamiento</i>	33
14	<i>Prueba t de Student para el pH de tomates según la temperatura de almacenamiento</i>	34
15	<i>Análisis de varianza de la textura de tomates</i>	37
16	<i>Prueba t de Student para la textura de tomates según el estado de madurez</i>	38
17	<i>Análisis de varianza de la luminosidad (L*) de tomates</i>	40
18	<i>Prueba de Tukey para la luminosidad (L*) de tomates según el tiempo de almacenamiento</i>	41
19	<i>Análisis de varianza de la cromaticidad verde a rojo (a*) de tomates</i>	43
20	<i>Prueba de Tukey para la cromaticidad verde a rojo (a*) de tomates según el tiempo de almacenamiento</i>	44
21	<i>Análisis de varianza de la cromaticidad azul a amarillo (b*) de tomates</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	<i>Ubicación del experimento</i>	13
2	<i>Recolección de frutos de tomate</i>	15
3	<i>Almacenamiento refrigerado de frutos de tomate</i>	17
4	<i>Almacenamiento a temperatura ambiente de frutos de tomate</i>	18
5	<i>Flujograma de operaciones para la evaluación de la vida útil de tomate variedad Sheila Victory F1</i>	19
6	<i>Peso de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento</i>	21
7	<i>Grados Brix de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento</i>	26
8	<i>pH de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento</i>	31
9	<i>Textura de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento</i>	35
10	<i>Luminosidad (L*) de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento</i>	39
11	<i>Cromaticidad (a*) de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento</i>	42
12	<i>Cromaticidad (b*) de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento</i>	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Título	Página
1	<i>Peso (g) de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica</i>	55
2	<i>Grados brix de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica</i>	55
3	<i>pH de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica</i>	56
4	<i>Textura de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica</i>	56
5	<i>Luminosidad (L*) de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica</i>	57
6	<i>Cromaticidad verde a rojo (a*) de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica</i>	57
7	<i>Cromaticidad azul a amarillo (b*) de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica</i>	58

RESUMEN

La investigación fue realizada en el Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, geográficamente localizado a 7° 10' 06" de latitud sur, 78° 29' 43" de longitud oeste y a una altitud de 2863 msnm., con los objetivos de determinar la vida útil de tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) cosechado en dos estados de madurez y almacenado en diferentes tiempos y temperaturas; y evaluar las características fisicoquímicas (peso, pH, grados Brix, color y textura) de tomate cosechado en dos estados de madurez a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento. La temperatura de almacenamiento de 8 °C prolongó la vida útil del tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) en estado de madurez fisiológica y organoléptica hasta en 30 y 25 días respectivamente. El almacenamiento de tomates en estado de madurez fisiológica y organoléptica a 8 °C durante 30 y 25 días, provocó una menor pérdida de peso (7,4 % y 9,7 %), un menor incremento de grados Brix (15,6 % y 17,91 %), un menor nivel de pH (15,74 % y 10,79 %), una mayor textura (47,82 % y 30,44 %), una menor luminosidad (L*) (17,56 % y 17,84 %), una menor cromaticidad verde a rojo (a*) (95,46 % y 61,08) y una menor cromaticidad azul a amarillo (b*) (2,97 % y 22,07 %).

Palabras clave: Almacenamiento, estados de madurez, *Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1, temperatura, tiempo y vida útil.

ABSTRACT

The research was carried out in the Fruit and Vegetable Technology Laboratory of the Professional School of Food Industry Engineering of the Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Cajamarca, geographically located at 7° 10' 06" south latitude, 78° 29' 43" west longitude and at an altitude of 2863 masl., with the objectives of determining the shelf life of tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) harvested at two stages of maturity and stored at different times and temperatures; and to evaluate the physicochemical characteristics (weight, pH, Brix degrees, color and texture) of tomato harvested at two stages of maturity at different storage times and temperatures. The storage temperature of 8 °C extended the shelf life of tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) in physiological and organoleptic maturity by up to 30 and 25 days respectively. Storage of tomatoes at physiological and organoleptic ripeness at 8 °C for 30 and 25 days resulted in lower weight loss (7,4 % and 9,7 %), lower Brix degree increase (15,6 % and 17,91 %), lower pH level (15,74 % and 10,79 %), higher texture (47,82 % and 30,44 %), lower luminosity (L*) (17,56 % and 17,84 %), lower green to red chromaticity (a*) (95,46 % and 61,08 %), and lower blue to yellow chromaticity (b*) (2,97 % and 22,07 %).

Key words: *Storage, ripening stages, Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1, temperature, time and shelf life.*

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, refieren que el Perú reporta las mayores pérdidas y mermas de productos agropecuarios en el mundo. Las pérdidas de tomate a nivel mundial, alcanzan un 8,4 % (Tejada, 2020). El reporte de pérdidas de tomate registradas a nivel nacional se presenta en el orden siguiente: la pudrición es una de las pérdidas que registra mayor porcentaje con 27 %, seguido de verdeamiento con el 22 %, pérdida de agua 14 % lo que genera una pérdida de peso, excesiva permanencia en el mercado 12 %, golpes 11 %, robo/mala clasificación/otros 11 % (Agencia Agraria de Noticias, 2011).

Aunque el tomate es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, enfrenta desafíos considerables en términos de pérdida de calidad y deterioro durante la postcosecha, pues la pérdida de comercialización inicia en la cosecha y se extiende hasta la poscosecha debido a las prácticas de almacenamiento inadecuadas. El almacenamiento de tomate a bajas y altas temperaturas puede ocasionar quemaduras y madurez excesiva respectivamente, por lo tanto, es fundamental determinar las condiciones de almacenamiento adecuadas que mantengan la estabilidad fisicoquímica y sensorial del fruto. La variabilidad en la madurez al momento de la cosecha y las diversas condiciones de almacenamiento pueden influir significativamente en la calidad del tomate, afectando aspectos cruciales como la firmeza, el color, el sabor y la composición nutricional. Estos factores, a su vez, tienen implicaciones directas en la comercialización, la satisfacción del consumidor y la sostenibilidad económica de los productores.

En Cajamarca el consumo de tomate es muy frecuente, pues forma parte de la dieta alimenticia diaria de las familias, lo que ha provocado el incremento de áreas agrícolas en invernaderos y a campo abierto, destinadas a la producción de esta

hortaliza bajo un enfoque de sustentabilidad. En el distrito de Bambamarca se viene impulsando la siembra de tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1), con la finalidad, de ofertar a la población consumidora un producto que cumpla con los diversos criterios de calidad establecidos, el tomate es un fruto altamente perecedero cuya vida máxima de almacenamiento depende de las condiciones y madurez a la hora de cosecharlo.

En la provincia de Hualgayoc Bambamarca el manejo poscosecha de tomate es deficiente, ya que en los mercados que se comercializa este producto se evidencia una gran cantidad de tomate que no cumplen los estándares de calidad y presentan avanzado estado de deterioro. Las causas son: deficiente manipulación de los frutos durante la cosecha ocasionando daños mecánicos, la falta de sistemas adecuados para la conservación del producto, los trastornos nutricionales y los cambios fisiológicos que experimentan los frutos durante el empacado, transporte y almacenamiento.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. *Objetivo general*

Determinar la vida útil de tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) cosechado en dos estados de madurez y almacenado en diferentes tiempos y temperaturas.

1.1.2. *Objetivos específicos*

Evaluar las características fisicoquímicas (peso, pH, grados Brix, color y textura) de tomate cosechado en dos estados de madurez a diferentes tiempos de almacenamiento.

Evaluar las características fisicoquímicas (peso, pH, grados Brix, color y textura) de tomate cosechado en dos estados de madurez a diferentes temperaturas de almacenamiento.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Huanatico et al. (2021) evaluaron el pH, °Brix, índice de color, textura y vitamina C de dos variedades de tomate de árbol (roja y anaranjada) almacenadas a temperatura ambiente, por un periodo de veinte días. El pH y los sólidos totales (°Brix), estuvieron dentro de los rangos de la madurez de cosecha, con tiempos de almacenamiento de 15 días, la deformación y la fuerza de punción, se mantiene hasta el día 15, posteriormente se reduce, en tanto, que el contenido de vitamina C disminuye a partir del día 5 luego de ser almacenado. Así mismo, el Índice de color IC* mostró un ligero cambio en las dos variedades, anaranjado pálido, amarillo y rojo pálido.

Tejada (2020) determinó, el efecto del recubrimiento de goma de zapote en tomate y goma de sapote más quitosano, en las características de tomate almacenado a temperatura ambiente (20 °C y 80 % de humedad relativa) y temperatura de refrigeración (15 °C y 90 % de humedad relativa). A los 20 días la pérdida de peso (6 a 8 %) en tomates refrigerados es menor comparado a los tomates almacenados a temperatura ambiente (17 a 20 %), así mismo, la variación de color fue significativa.

Herrera (2019) determinó el efecto del tratamiento químico y térmico; sobre las características fisicoquímicas y organolépticas (pérdida de peso, pH y grados brix) de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) almacenado a temperatura ambiente y a 4, 7 y 14 °C. El efecto del tratamiento químico y térmico en la conservación postcosecha de frutos de tomate, permite reducir la tasa respiratoria, mantener la textura y propiedades físicas, incidiendo positivamente sobre el proceso de maduración al retardar su avance. El tratamiento 4 (T₄ = 14 °C) es el que permite mantener la calidad postcosecha de frutos

de tomate, pues provoca menor pérdida de peso, retrasa el incremento de los grados brix, así como, del pH.

Mata et al. (2019), evaluaron el efecto del almacenamiento a baja temperatura sobre la maduración poscosecha de tomates verdes; específicamente, sobre la transducción de señales de etileno en relación con la ruta de biosíntesis de etileno. Se analizaron los primeros elementos de la transducción de señales de etileno, los receptores de etileno, CTR y EIN2 en tomates almacenados a tres temperaturas diferentes, tanto en términos de su nivel de expresión génica como proteica. Estos resultados se relacionaron con cambios de calidad y enzimas e intermedios de la ruta de biosíntesis de etileno para comprender mejor el control del etileno en la maduración a bajas temperaturas. Los primeros cambios observados durante el almacenamiento a baja temperatura tuvieron lugar a nivel de biosíntesis de etileno, lo que podría mejorar los cambios en la transducción de señales de etileno. Aunque la expresión de la mayoría de los genes de señalización de etileno disminuyó con el enfriamiento, ninguno de los niveles de proteína mostró una disminución significativa, lo que apunta a una regulación diferencial a nivel de gen y proteína.

Khairi et al. (2015) determinaron el efecto de las temperaturas de almacenamiento sobre el contenido de licopeno y los parámetros de calidad del color del tomate (tanto en tomate con estrés hídrico moderado como sin estrés hídrico). El contenido de licopeno del tomate con estrés hídrico aumentó con temperaturas superiores a 10 °C, mientras que el tomate sin estrés hídrico se mantuvo relativamente estable o aumentó ligeramente. El valor de luminosidad (L^*) del tomate con estrés hídrico y sin estrés hídrico disminuyó durante el almacenamiento a temperaturas de 10, 15, 25 y 30 °C. El enrojecimiento (a^*), el color amarillento (b^*), a^*/b^* , el tono (h) y el croma (C^*) permanecieron estables después de 4 días de almacenamiento a esas temperaturas. El almacenamiento con temperaturas superiores a 15 °C incrementó el valor de los parámetros de color del tomate tanto con estrés hídrico como sin estrés hídrico. El tratamiento de estrés hídrico moderado aumentó el color rojizo y la cosecha

de tomate en etapa de maduración solo mostrará cambios importantes en la luminosidad (L^*) durante el almacenamiento.

Hernández (2013) evaluó la vida útil de tomates de variedad “margariteño” en estado de madurez rojo-maduro sometidos a tres tratamientos de post cosecha (agua caliente, agua con cloro y cera) y almacenados a temperatura ambiente. Los tomates sin tratamiento post cosecha mostraron síntomas evidentes de deterioro (textura muy blanda, presencia de exudación y superficie arrugada) a los 13 días de almacenamiento, en los tomates tratados con agua caliente y con agua con cloro, dicha sintomatología fue observada a los 15 días posteriores al almacenamiento, en tanto, que en los tomates encerados a los 21 días luego de almacenamiento. El encerado es el tratamiento post cosecha que en mayor grado provocó la prolongación de la vida útil del tomate “margariteño” almacenado a temperatura ambiente (30 °C y 90 % de humedad relativa) en un rango de 11 a 19 días.

Casierra y Aguilar (2008) evaluaron los cambios en la calidad (firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, pH, índice de madurez y pérdida de peso) en frutos de tomate, variando los estados de madurez, para ello seleccionaron en función al porcentaje de coloración verde y roja. La pérdida de peso, la acidez titulable y la firmeza disminuyen cuando los frutos son cosechados en estados más tardíos de maduración, ocurriendo lo contrario para los sólidos solubles totales y el índice de madurez ya que se incrementan cuando los frutos son cosechados en estados más tardíos de maduración, encontraron poca variación del pH con relación al tiempo de cosecha de los frutos, así mismo, el comportamiento post cosecha de los híbridos fue muy diferente para todas las variables dependientes. El estado de madurez para cosechar los frutos es cuando alcanzan una coloración que varía entre 50 % y 75 % verde y 25 % y 50 % rojo, con el fin de mantener su calidad (características organolépticas).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

a. **Origen e historia.** La forma domesticada del tomate se habría originado probablemente en el sur de Ecuador a partir de *S. lycopersicum* variedad cerasiforme, evento que habría ocurrido por divergencia natural de *S. pimpinellifolium* hace unos 78000 años. Posteriormente, la variedad *lycopersicum*, habría sido desplazada al nororiente peruano y de allí a Mesoamérica donde, al parecer por acción humana, habrían llegado poblaciones silvestres con rasgos de domesticación hace aproximadamente 10000 años. En 1544, Matthioli brinda las primeras referencias sobre la producción y consumo de tomate en Italia, por lo que, se estima que el tomate debió haber sido introducido en Europa a mediados del siglo XV. El tomate se extendió a todo el mundo desde América y Europa y en la actualidad se han desarrollado numerosos cultivares con características mejoradas para precocidad, productividad, resistencia a enfermedades, así como, cultivares de tomates genéticamente modificados (Razifart, 2020).

b. **Taxonomía.** Linnaeus (1753), realizó la siguiente clasificación taxonómica del tomate:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Subclase	:	Asteridae
Orden	:	Solanales
Familia	:	Solanaceae
Género	:	<i>Solanum</i>

Nombre científico : *Solanum lycopersicum L.*

c. Características e importancia. El tomate es uno de los cultivos hortofrutícolas de mayor importancia económica en el mundo. Su demanda está en continuo aumento ya que el fruto del tomate y sus productos derivados son considerados alimentos saludables, gracias a sus propiedades nutricionales y, en concreto, a su elevado contenido en compuestos de actividad antioxidante (Tejada, 2020).

Según estimaciones de la FAO, el tomate es la hortaliza más cultivada e importante en el mundo, siendo el consumo fresco e industria los dos principales destinos de producción. A nivel nacional, presenta una alta rentabilidad, lo que ha permitido que, hace más de una década experimente un sostenido desarrollo, incorporando tecnologías importadas desde países donde el cultivo es tradicional. Hoy, no obstante, la estrechez de mercado sumada a los altos volúmenes de comercialización, especialmente con la introducción del cultivo en invernaderos para consumo fresco, colocan al rubro en un nivel altamente competitivo, forzando a los agricultores a manejar costos y a aumentar la búsqueda de mercados externos para mantener la rentabilidad (INIA, 2017).

d. Estado de madurez. El tomate es un fruto climatérico, por ello, es importante considerar el grado de madurez a la hora de la cosecha, por lo general, se acerca al estado verde maduro ya que facilita la manipulación en la cosecha, embalaje y transporte (Tejada, 2020). Benito et al. (2015) refirieron que las características fisicoquímicas del estado de madurez de tomate son el color, acidez y contenido de sólidos solubles.

d.1. Madurez fisiológica. La madurez fisiológica de los frutos se refiere a que el fruto durante el desarrollo ha alcanzado su máximo potencial de calidad y está listo para iniciar procesos naturales como la maduración, el ablandamiento y la senescencia,

es importante destacar que la madurez fisiológica no necesariamente coincide con la madurez de consumo o madurez organoléptica, ya que los productores y consumidores a menudo prefieren frutas que estén en un estado de maduración más avanzado, se caracteriza por cambios internos en el fruto, como la síntesis de azúcares, la degradación de almidón, el cambio en la composición de ácidos orgánicos, y la acumulación de compuestos responsables del color, aroma y sabor (Seymour et al., 2013).

La madurez fisiológica del tomate se evidencia cuando el fruto se ha desarrollado completamente, aunque el color es verde con piel brillante y en muchas variedades cuando el color verde cambia a verde más claro a blancuzco, este color principalmente se observa en la punta del fruto; en el interior del fruto, se observa la formación de material gelatinoso en sus lóbulos o celdas; y las semillas ya están lo suficientemente desarrolladas y no se cortan al rebanar la fruta con un cuchillo, el fruto está bien desarrollado, firme, bastante liso, muy bien formado, libre de daños (Fornaris, 2007).

d.2. Madurez organoléptica. Se define como el punto en el desarrollo de un fruto en el cual sus características sensoriales, como el color, aroma, sabor, textura y jugosidad, han alcanzado su nivel óptimo para el consumo. Es el momento en el cual el fruto tiene la mejor combinación de atributos sensoriales que lo hacen agradable al paladar y satisfactorio para el consumo humano, es un aspecto fundamental a considerar en la cosecha y comercialización de frutas, ya que determina cuándo el fruto estará en su mejor calidad para el consumo y cuándo es más probable que sea apreciado por los consumidores (Flores, 2011).

Casierra y Aguilar (2008) mencionaron que el tomate se consume con su máxima calidad organoléptica (madurez organoléptica), esta se da cuando el fruto ha alcanzado el color completamente, pero antes de un ablandamiento excesivo. Siendo el color la característica externa más importante en la determinación del punto de maduración y de la vida poscosecha y un factor determinante en la decisión de compra de tomate por

parte de los consumidores. El color rojo resulta de la degradación de la clorofila, y de la síntesis de cromoplastos.

2.2.2. Vida útil de alimentos

La vida de anaquel de los alimentos envasados la regulan las propiedades de los alimentos como la actividad de agua, pH, susceptibilidad al deterioro enzimático y microbiológico, así como, las propiedades de barrera del envase al oxígeno, la luz, la humedad y el bióxido de carbono. La pérdida o la ganancia de humedad es uno de los factores más importantes que controlan la vida en anaquel de los alimentos. Los cambios en el contenido de humedad dependen de la velocidad de transmisión de vapor de agua del envase. Para controlar el contenido de humedad del alimento dentro de un envase, deben seleccionarse la permeabilidad al vapor de agua del material de empaque, así como, el área superficial y el espesor de este, tomando en cuenta el almacenamiento que se requieren o la duración de la vida de anaquel. La mayoría de los alimentos se deterioran más rápidamente a temperaturas altas (Knap et al., 2014).

La vida útil del tomate se refiere al tiempo de almacenamiento, durante este periodo de tiempo el alimento conserva sus propiedades tanto nutricionales como organolépticas, de manera que son aceptadas por el consumidor. El tomate al ser un cultivo climatérico después de su cosecha sigue su proceso de maduración; durante este proceso el etileno sumado a las altas temperaturas acelera el ablandamiento en el fruto y cambios en el color de la piel de verde hacia rojo, estos cambios provocan reducción en la vida de anaquel del producto (Carballo et al., 2003). Por otro lado, el contenido de agua en el tomate le hace un alimento altamente perecedero, tornándolo susceptible a la descomposición microbiológica y al deterioro físico (INIA, 2017).

2.2.3. Almacenamiento de productos vegetales

El tiempo de almacenamiento es el periodo máximo alcanzado de vida útil de un alimento sin perder sus propiedades nutricionales y organolépticas, este período puede variar considerablemente según el tipo de fruta u hortaliza, las condiciones de almacenamiento (temperatura, humedad relativa, atmósfera controlada, etc.), y el grado de madurez en el momento de la cosecha, la definición de tiempo de almacenamiento incluye la duración desde la cosecha hasta que el producto comienza a mostrar síntomas y signos de deterioro, como cambios en el color, la textura, la firmeza, el sabor, la aparición de enfermedades, la pérdida de peso y la disminución de nutrientes (Tejada, 2020).

La temperatura de almacenamiento es un parámetro fundamental ya que de esta depende la conservación de la calidad de los alimentos, pueden ser temperaturas de congelación, temperatura de refrigeración y temperatura ambiente, esta temperatura varía según el tipo de producto y puede determinar la velocidad de maduración, el desarrollo de enfermedades, la pérdida de agua, la textura y el color de las frutas y hortalizas. Las bajas temperaturas retardan los procesos metabólicos y limitan la actividad de microorganismos responsables del deterioro de los productos perecederos, la refrigeración prolonga la vida útil de los alimentos mantiene la calidad nutricional, preserva las características sensoriales y reduce las pérdidas poscosecha, siendo esencial para la distribución y comercialización de productos frescos (Muñoz, 2012).

El almacenamiento en frío consiste en conservar los alimentos a bajas temperaturas, pero por encima de su temperatura de congelación, de manera general la refrigeración varía entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $8\text{ }^{\circ}\text{C}$; de esta manera se consigue que en los productos refrigerados no se diferencien sus características nutricionales y organolépticas al inicio de su almacenaje, las frutas y hortalizas como vegetales vivos las temperatura hace que varíe su velocidad de respiración, ósea mientras mayor es la

temperatura mayor será la velocidad de respiración por tanto el tiempo de vida útil se acorta (Umaña, 2011).

Es fundamental almacenar los productos en condiciones óptimas para evitar interrupciones en la cadena de frío; la exposición de alimentos a temperaturas inadecuadas puede afectar su apariencia o provocar su deterioro volviéndolos no seguros para su consumo, por lo que, resulta ser importante llevar un control adecuado de la temperatura durante su almacenamiento (Depetris, 2014).

Con la finalidad de alargar la vida útil de los vegetales en algunos casos los productos deben ser preenfriados antes de almacenarlos en frío por periodos largos y medianos, debido a que si los productos se enfrían directamente desde temperatura ambiente, es crucial considerar factores como la ventilación, el flujo de aire y la estiba para lograr un enfriamiento eficiente y eliminar gases metabólicos, cabe destacar que los almacenes están diseñados para mantener la temperatura, no para enfriar rápidamente grandes volúmenes de productos (Barreiro y Sandoval, 2006).

Para garantizar la conservación de los productos durante su almacenamiento, es importante considerar diversos factores como: mantener la calidad de los productos, garantizar bajas temperaturas, controlar una humedad adecuada, asegurar una buena circulación de aire, evitar daños por enfriamiento y congelación, entre otros (Pérez, 2001).

CAPÍTULO III

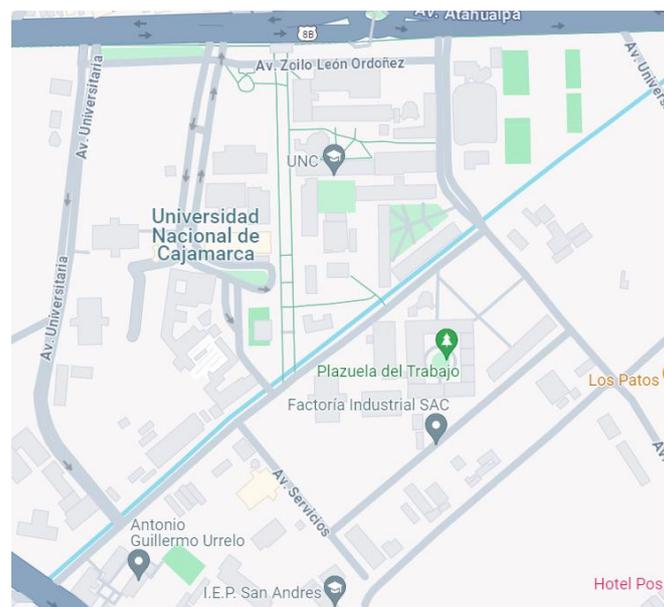
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

La investigación fue realizada en el Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, geográficamente localizado a $7^{\circ} 10' 06''$ de latitud sur, $78^{\circ} 29' 43''$ de longitud oeste y a una altitud de 2863 msnm.

Figura 1

Ubicación del experimento.



3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

Frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

3.2.2. Material y equipo de laboratorio

Alcohol de 96°.

Balanza analítica digital PRECISA®.

Cámara de refrigeración.

Colorímetro de esfera (modelo SP60, X RITE Inc, MI, USA), con iluminante D65 y un observador de 10° como referencia.

Computadora.

Cuchara de plástico.

Cuchillos de acero inoxidable.

Gorro.

Guantes.

Mandil.

Mascarilla.

Mesa de trabajo de acero inoxidable.

Mortero.

Papel toalla.

Potenciómetro de electrodo HI98128 pHep®.

Refractómetro.

Termómetro WT-1®.

Texturómetro CT3Texture Analyzer®.

Tijera.

Vasos de precipitación.

3.3. Metodología

3.3.1. Trabajo de campo

En los invernaderos de la Asociación de Productores Agropecuarios “VIDA SANA”, se recolectaron frutos de tomate en estado de madurez fisiológica y madurez organoléptica, para luego ser desplazados al laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Figura 2

Recolección de frutos de tomate.



3.3.2. Trabajo de laboratorio

En el Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, los frutos de tomate fueron evaluados tomando en consideración los siguientes tratamientos:

Tabla 1

Tratamientos en estudio

Tratamiento	Temperatura de almacenamiento (°C)	Estado de madurez	Tiempo de almacenamiento (días)
T ₁	Ambiente	Organoléptica	10
T ₂	Ambiente	Fisiológica	0
T ₃	Ambiente	Organoléptica	5
T ₄	Ambiente	Fisiológica	5
T ₅	8	Organoléptica	15
T ₆	8	Organoléptica	0
T ₇	Ambiente	Organoléptica	20
T ₈	8	Fisiológica	20
T ₉	8	Fisiológica	10
T ₁₀	Ambiente	Fisiológica	15
T ₁₁	8	Fisiológica	5
T ₁₂	8	Fisiológica	15
T ₁₃	8	Fisiológica	0
T ₁₄	8	Organoléptica	20
T ₁₅	Ambiente	Fisiológica	20
T ₁₆	Ambiente	Fisiológica	10
T ₁₇	8	Organoléptica	10
T ₁₈	Ambiente	Organoléptica	15
T ₁₉	Ambiente	Organoléptica	0
T ₂₀	8	Organoléptica	5

a. Evaluación técnica.

a.1. Recepción de materia prima. Cada uno de los frutos de tomate fueron pesados utilizando una balanza electrónica.

a.2. Selección y clasificación. Fue realizada tomando en consideración la forma, tamaño, color y peso, así como, el estado de madurez (fisiológica y organoléptica) de los frutos de tomate.

a.3. Almacenamiento. Los frutos tomate fueron almacenados tomando en consideración los tratamientos establecidos.

Figura 3

Almacenamiento refrigerado de frutos de tomate.



Figura 4

Almacenamiento a temperatura ambiente de frutos de tomate.



b. Evaluación fisicoquímica. Fue realizada cada cinco (05) días, después de almacenados los frutos de tomate.

b.1. Peso. Se determinó utilizando una balanza electrónica con capacidad para 1000 g y una precisión de 0,01 g por lectura directa.

b.2. Variación del pH. Fue determinado por lectura directa utilizando un potenciómetro de electrodo, previamente calibrado, a temperatura ambiente.

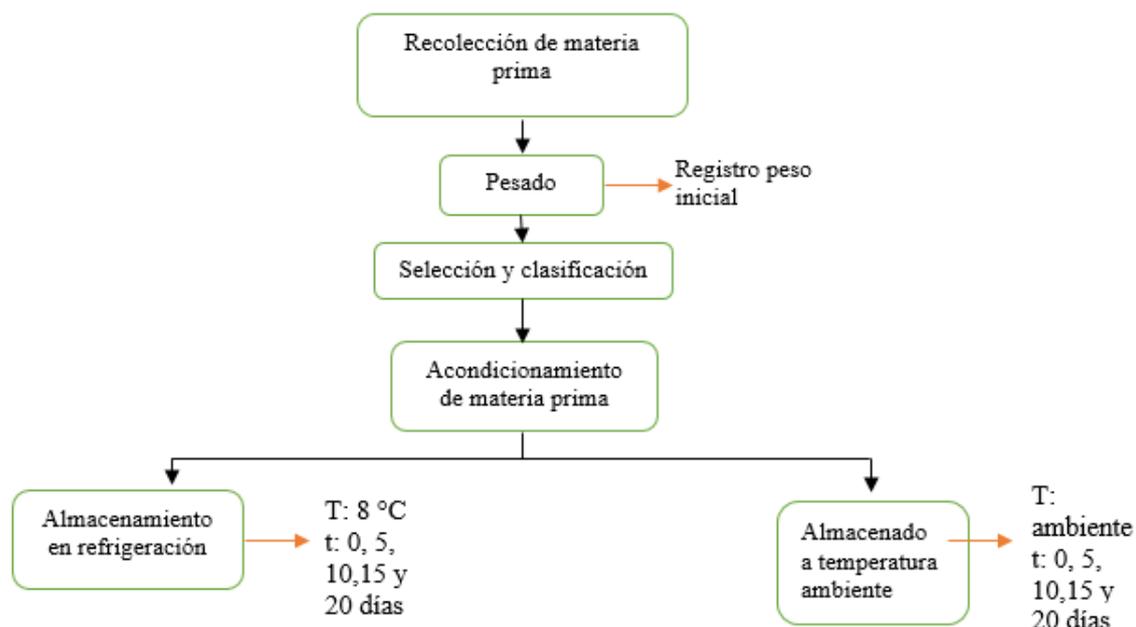
b.3. Grados Brix. Se determinaron en forma directa utilizando un refractómetro con una escala entre 0 y 30 grados Brix.

b.4. Textura. Fue determinada en forma directa mediante el uso de un texturómetro.

b.5. Color. Se determinó directamente por reflectancia mediante el método CIE L*A*B*, empleando un colorímetro.

Figura 5

Flujograma de operaciones para la evaluación de la vida útil de tomate variedad Sheila Victory F1.



3.3.3. Trabajo de gabinete

La información obtenida en las evaluaciones fue sistematizada, para luego realizar la redacción del trabajo de investigación, haciendo uso de la estadística descriptiva e inferencial. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) factorial multinivel, utilizando la prueba de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey ($p < 0,05$) para comparar los resultados mediante la formación de subgrupos y determinar el mejor tratamiento, con un nivel de confianza del 95 % mediante el software Minitab 18.

CAPÍTULO IV

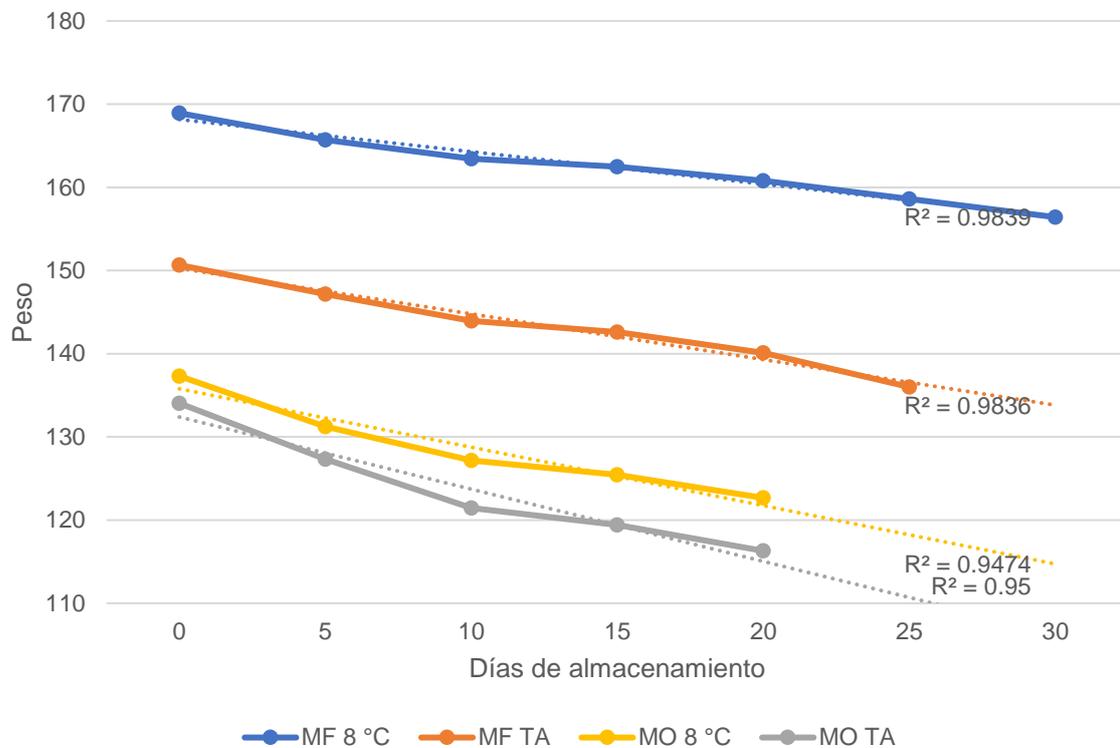
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Peso

En la Figura 6 se observa que el peso de los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados 30 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se redujo en promedio 12,50 g (7,4 %) y 17,7 g (13,2 %) respectivamente, en tanto, que los tomates en estado de madurez organoléptica almacenados 25 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se redujo en promedio 14,66 g (9,73 %) y 14,64 g (10,66 %) respectivamente. Al respecto, Márquez et al. (2007) mencionaron que la pérdida de peso del tomate está relacionada con el proceso fisiológico de respiración. Del mismo modo, Pereira et al. (2008) refirieron que la disminución de peso en el almacenamiento de frutas y verduras se produce por el intercambio del aire circundante con el medio, este intercambio induce la pérdida de agua, disminuye la apariencia y elasticidad del producto perdiendo su turgencia, se vuelve blando y marchito, generando así una pérdida de densidad.

Figura 6

Peso de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento.



En la Tabla 2 se observa que el peso del tomate es afectado de manera significativa ($p < 0,05$) por los factores en estudio (temperatura de almacenamiento, tiempo de almacenamiento y estado de madurez), así mismo, la interacción de los factores temperatura y estado de madurez es significativa ($p < 0,05$), pues la pérdida de agua se suscita debido a que los procesos fisiológicos se mantienen activos en los frutos de tomate después de ser cosechados. Al respecto, Tejada (2020) refirió que la disminución del peso de tomates almacenados a diferentes temperaturas y evaluados en diferentes tiempos de almacenamiento, sin recubrimiento, fue mayor a una temperatura de 20 °C en el día 28, evidenciándose a partir del día 19 una pérdida de peso del 20 % en comparación con los tomates con recubrimiento, los cuales redujeron su peso hasta en 9 %.

Tabla 2*Análisis de varianza del peso de tomates*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Temperatura de almacenamiento	1	4376.36	4376.36	321.91	0.000
B: Estado de madurez	1	177.67	177.67	13.07	0.022
C: Tiempo de almacenamiento	4	604.05	151.01	11.11	0.019
AB	1	601.81	601.81	44.27	0.003
AC	4	8.68	2.17	0.16	0.948
BC	4	25.15	6.29	0.46	0.763
ABC	1	3.8219	3.82	4.40	0.0579
Error	3	54.38	13.60		
Total	19	5848.10			

En la Tabla 3 se observa que numéricamente el tomate en estado de madurez organoléptica presenta una mayor pérdida de peso en comparación al tomate en estado de madurez fisiológica. A medida que el fruto de tomate madura la epidermis se torna más delgada, siendo más permeable y facilitando una mayor pérdida de agua durante el almacenamiento (Khairi et al., 2015). Sin embargo, no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, pues el valor de p es mayor a 0,05.

Tabla 3*Prueba t de Student para el peso de tomates según el estado de madurez*

Estado de madurez	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Valor de t	GL	Valor de p
Organoléptica	10	5.23	4.54	1.4	0.11	17	0.913
Fisiológica	10	5.03	3.55	1.1			

En la Tabla 4 se observa que al día 20 el fruto de tomate almacenado a temperatura ambiente pierde mayor peso. Navarro et al. (2012) reportaron que la temperatura de almacenamiento ejerció efectos en los frutos de tomate hidropónico, siendo mayor la pérdida de peso en frutos no refrigerados (24 °C con 60 % de HR) alcanzando un máximo de 4,16 %, en general, a menor temperatura o a mayor humedad relativa el déficit de presión de vapor entre la del aire de los espacios intercelulares del fruto y la del aire del entorno es menor, lo que reduce la transpiración y la pérdida de peso del fruto, lo cual es linealmente proporcional al tiempo de almacenamiento. Es importante almacenar los tomates en condiciones adecuadas para mantener su frescura y calidad, y así evitar pérdidas significativas de peso y nutrientes. Un adecuado control de la temperatura y tiempo de almacenamiento puede contribuir a prolongar la vida útil de los tomates y mantenerlos en óptimas condiciones para su consumo.

Tabla 4

Prueba de Tukey para el peso de tomates según el tiempo de almacenamiento

Tiempo de almacenamiento (días)	N	Media	Agrupación	
20	4	8.93117	A	
15	4	7.18082	A	
10	4	6.11746	A	B
5	4	3.40785	B	
0	4	0.00000	C	

En la Tabla 5 se observa que numéricamente el tomate almacenado a temperatura ambiente presenta una mayor pérdida de peso en comparación al tomate almacenado a 8 °C. A medida que el fruto de tomate madura la epidermis se torna más delgada, siendo más permeable y facilitando una mayor pérdida de agua durante el almacenamiento. Al respecto, Khairi et al. (2015) mencionaron que la tasa de respiración se acelera cuando la temperatura de almacenamiento aumenta, ocasionando mayor pérdida de agua. La maduración en tomate se acelera cuando la temperatura es mayor, generando pérdida de solutos como azúcares y nutrientes influyendo en la pérdida de peso del tomate.

Tabla 5

Prueba t de Student para el peso de tomates según la temperatura de almacenamiento

Temperatura de almacenamiento	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Valor de t	GL	Valor de p
8 °C	10	3.29	2.28	0.72	-2.29	13	0.039
Ambiente	10	6.97	4.53	1.4			

En la Tabla 6 se distingue que los tomates en estado de madurez organoléptica almacenados a 8 °C y a temperatura ambiente redujeron en menor grado su peso. Navarro et al. (2012) mencionaron que el porcentaje de pérdida de peso del fruto de tomate para su comercialización, no debe exceder de 7 g con respecto a su peso inicial. Al respecto, Khairi et al. (2015) refirieron que mientras más maduros están los frutos de tomate en almacenamiento a altas temperaturas, la epidermis se torna permeable, ocasionando mayor pérdida de peso.

Tabla 6

Prueba de Tukey para el peso de tomates según la temperatura de almacenamiento

Estado de madurez	Temperatura de Almacenamiento (°C)	N	Media	Agrupación	
Fisiológica	8	5	3.82616	B	C
	Ambiente	5	6.22656	A	B
Organoléptica	8	5	2.75308		C
	Ambiente	5	7.70404	A	

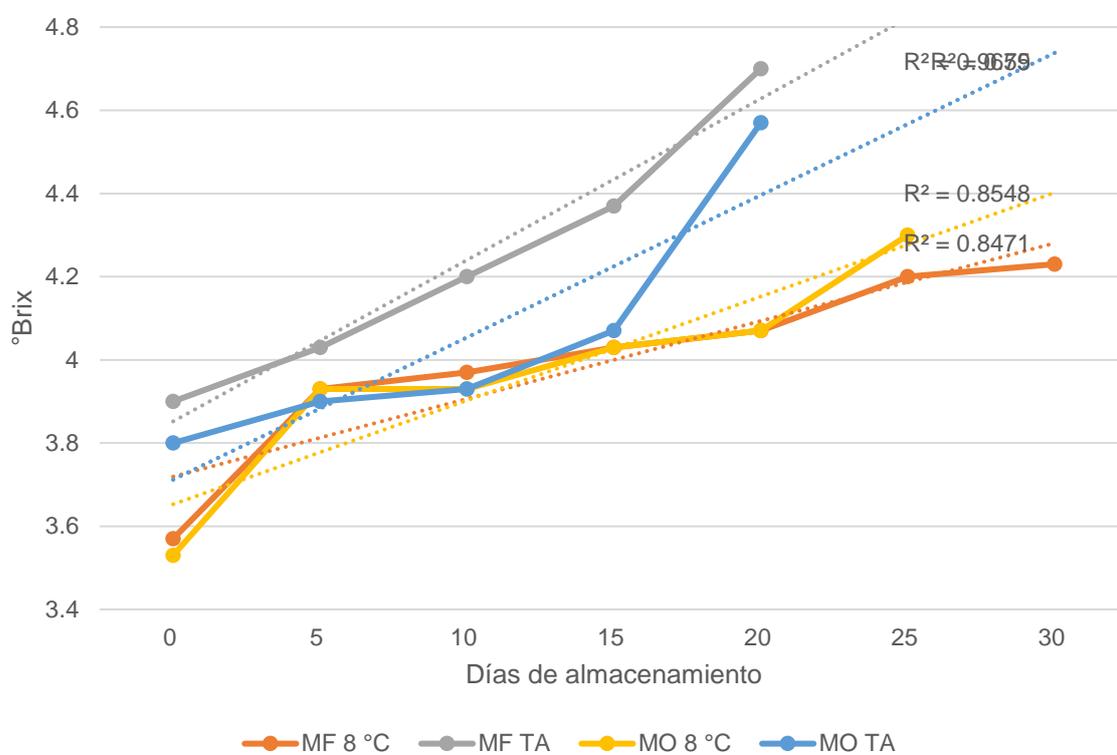
4.2. Grados Brix

En la Figura 7 se observa que los grados Brix de los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados 30 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se incrementó en promedio 0,66 (15,6 %) y 0,8 (17,02 %) respectivamente, en tanto, que los tomates en estado de madurez organoléptica almacenados 25 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se incrementó en promedio 0,77 (17,91 %) y 0,77 (16,85 %) respectivamente. Esto se debe a que el proceso de maduración implica la conversión del almidón en azúcares más simples como la glucosa y la fructosa, por lo tanto, los grados Brix generalmente se incrementan luego de la cosecha. Andrade et al. (2015) mencionaron que los grados Brix o sólidos solubles se incrementan cuando las frutas maduran, debido a que cuando la fruta es retirada de la planta, los ácidos orgánicos disminuyen al ser usados como sustratos en el proceso respiratorio. Tejada (2020) refirió que el aumento de sólidos solubles en el tomate se produce cuando es almacenado sin cobertura a temperatura ambiente. Así mismo, Benito et al. (2015) reportaron una ligera pérdida de sólidos solubles en tomate de cáscara, a partir de la cosecha hasta la quinta semana de almacenamiento, con valores que van desde 5,9 a 4,8, relacionada con la

baja oxidación de azúcares y ácidos orgánicos consumidos, debido a la baja tasa respiratoria.

Figura 7

Grados Brix de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento.



En la Tabla 7 se distingue una alta significancia ($p < 0,05$) entre los factores en estudio, excepto en la interacción estado de madurez y tiempo de almacenamiento ($p > 0,05$) sobre los grados Brix de los frutos de tomate.

Tabla 7*Análisis de varianza de los grados Brix de tomates*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Temperatura de almacenamiento	1	0.29041	0.290405	129.79	0.000
B: Estado de madurez	1	0.05101	0.051005	22.80	0.009
C: Tiempo de almacenamiento	4	0.91673	0.229183	102.43	0.000
AB	1	0.03613	0.036125	16.15	0.016
AC	4	0.16937	0.042343	18.92	0.007
BC	4	0.00887	0.002217	0.99	0.503
ABC	1	0.00240	0.006000	0.16	0.6919
Error	3	0.00895	0.002237		
Total	19	1.48146			

En la Tabla 8 se observa que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos, puesto que el valor de $p > 0,05$. El incremento de los grados brix se evidencia en mayor grado en tomates en estado de madurez organoléptica. Abdullateef et al. (2020) refirieron que el contenido de grados Brix se encuentra relacionado directamente con el estado de madurez de los frutos. Algunas frutas alcanzan su máximo nivel de dulzura en una etapa específica de maduración, mientras que otras pueden seguir madurando y aumentando los grado Brix incluso después de ser cosechadas. Así mismo, Andrade et al. (2015) mencionaron que, luego de cosechada, la fruta sigue respirando y metabolizando, aunque a un ritmo más lento que cuando estaba en la planta. Durante este período, también continua la producción de azúcares y, al mismo tiempo, la pérdida de agua debido a la respiración y la transpiración. Esta pérdida de agua puede provocar un incremento de la concentración de azúcares en la fruta, lo que se traduce en un aumento de los grados Brix.

Tabla 8

Prueba t de Student para los grados Brix de tomates según el estado de madurez

Estado de madurez	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Valor de t	GL	Valor de p
Organoléptica	10	4.077	0.301	0.095	0.80	17	0.434
Fisiológica	10	3.976	0.261	0.083			

En la Tabla 9 se observa que numéricamente el tomate almacenado a temperatura ambiente presenta mayor grados Brix en comparación al tomate almacenado a 8 °C, así mismo, se distingue que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos, puesto que el valor de $p > 0,05$. Al respecto, Torres et al. (2013) mencionaron que el aumento de grados brix en las frutas climatéricas se suscita aún después de ser cosechadas, debido a la hidrólisis de diversos polisacáridos estructurales (almidón y pectinas de la pared celular), hasta sus componentes monoméricos básicos, por lo cual, se acumulan azúcares, principalmente glucosa, fructosa y sacarosa que son los constituyentes principales de los sólidos solubles.

Tabla 9

Prueba t de Student para los grados Brix de tomates según la temperatura de almacenamiento

Temperatura de almacenamiento (°C)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Valor de t	GL	Valor de p
8	10	3.906	0.196	0.062	-2.09	15	0.054
Ambiente	10	4.147	0.307	0.097			

En la Tabla 10 se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que los grados brix se incrementan cuando el tiempo de almacenamiento se prolonga, esto se encuentra relacionado con el proceso de maduración de los frutos de tomate, suscitándose en todos los tratamientos a partir del quinto día y mostrando diferencias al décimo quinto día, esto se debe a la hidrólisis de los almidones que se desdoblán en disacáridos y monosacáridos más simples como sacarosa, fructuosa y glucosa (Márquez et al., 2007).

Tabla 10

Prueba de Tukey para los grados Brix de tomates según el tiempo de almacenamiento

Tiempo de almacenamiento (días)	N	Media	Agrupación	
20	4	4.3525	A	
15	4	4.1250	B	
10	4	4.0075	B	C
5	4	3.9475	C	
0	4	3.7000	D	

En la Tabla 11 se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que los grados brix disminuyen cuando la temperatura de almacenamiento se reduce. Al respecto, Navarro et al. (2012) refirieron que el incremento de los grados brix en frutos de tomate es lento cuando son almacenados en refrigeración, debido a que el proceso de maduración es lento.

Tabla 11

Prueba de Tukey para los grados Brix de tomates según la temperatura de almacenamiento

Estado de madurez	Temperatura de Almacenamiento (°C)	N	Media	Agrupación
Fisiológica	8	5	3.898	C
	Ambiente	5	4.054	B
Organoléptica	8	5	3.914	C
	Ambiente	5	4.240	A

4.3. pH

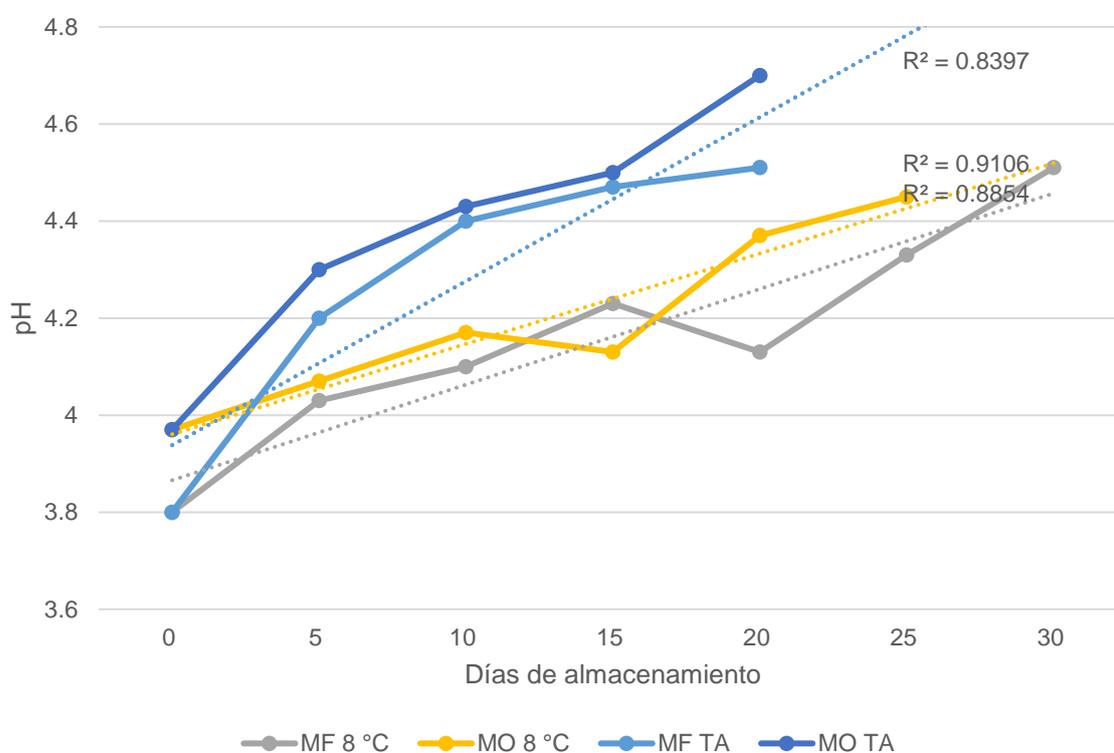
En la Figura 8, se evidencia que el pH de los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados 30 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se incrementó en promedio 0,71 (15,74 %) y 0,71 (15,74 %) respectivamente, en tanto, que los tomates en estado de madurez organoléptica almacenados 25 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se incrementó en promedio 0,48 (10,79 %) y 0,73 (15,53 %) respectivamente. Esto posiblemente estuvo relacionado con la disminución de hidrogeniones libres presentes en la pulpa del fruto, debido a que los ácidos orgánicos participan en la formación de compuestos volátiles (Fernández et al., 2017). Así mismo, Capristán et al. (2017) mencionaron que el incremento del pH durante el proceso fisiológico de maduración es atribuido, en parte, a la disminución de la acidez, siendo, por lo general, inversamente proporcional.

La variación del pH se debe principalmente a la actividad metabólica y cambios químicos que ocurren en el interior de los frutos durante su maduración y posterior almacenamiento, en el metabolismo algunos ácidos orgánicos, como el ácido málico se

convierte en azúcar, el cual es un ácido dicarboxílico que se encuentra en muchas frutas no maduras y contribuye al sabor ácido característico de los tomates verdes, a medida que los tomates maduran, las enzimas presentes en la fruta comienzan a descomponer el ácido málico, convirtiéndolo en azúcares, como la glucosa y la fructosa, esto produce un cambio en el perfil de sabor de los tomates, variando de un sabor predominantemente ácido a uno más dulce a medida que maduran (Huanatico et al., 2021). Así mismo, Tejada (2020) refirió que en tomates sin recubrimiento y almacenados en temperatura ambiente y refrigeración, se registraron valores de pH que fluctuaron entre 4,5 y 5,95, siendo la curva de pH irregular debido a la falta de homogeneidad de los frutos.

Figura 8

pH de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento.



En la Tabla 12 se evidencia una alta significancia ($p < 0,05$) para los factores temperatura y tiempo de almacenamiento, más no así, para las interacciones. Al

respecto Capistrán et al. (2017), registraron un ligero incremento de 3,31 a 3,51 en el pH de frutos de tomate almacenados en atmósfera modificada a una temperatura de 5 °C. Así mismo, Benito et al. (2016) reportaron un incremento gradual de pH desde 3,60 hasta 4,46 en la quinta semana de almacenamiento, asociado a la síntesis y acumulación de ácidos orgánicos hacia la cosecha y su reducción debido a la respiración, durante el proceso fisiológico de maduración. Del mismo modo, Huanatico et al. (2021) determinaron que el pH de frutos de tomate de árbol descendió de 5,2 a 4,6 (variedad roja) y de 5,2 a 4,5 (variedad anaranjada) durante el almacenamiento; siendo el pH promedio 3,7.

Tabla 12

Análisis de varianza del pH de tomates

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Temperatura de almacenamiento	1	0.190125	0.190125	19.51	0.012
B: Estado de madurez	1	0.018605	0.018605	1.91	0.239
C: Tiempo de almacenamiento	4	0.583600	0.145900	14.97	0.011
AB	1	0.002645	0.002645	0.27	0.630
AC	4	0.057400	0.014350	1.47	0.358
BC	4	0.021420	0.005355	0.55	0.712
ABC	1	0.001823	0.000456	0.27	0.614
Error	3	0.038980	0.009745		
Total	19	0.912775			

En la Tabla 13 se visualiza que, a partir del quinto hasta el vigésimo día, el pH de los tomates se mantiene constante, es decir, los tratamientos son estadísticamente iguales. El máximo nivel de pH fue registrado al vigésimo día. Bautista et al. (2016), mencionaron que dicho incremento se encuentra relacionado con las reacciones químicas y metabólicas que ocurren durante el proceso de maduración, el fruto de

tomate después de su cosecha sigue madurando debido al proceso fisiológico de respiración, en el cual elimina agua y convierte a los ácidos orgánicos en azúcares.

Tabla 13

Prueba de Tukey para el pH de tomates según el tiempo de almacenamiento

Tiempo de almacenamiento (días)	N	Media	Agrupación	
20	4	4.3450	A	
15	4	4.3325	A	
10	4	4.2750	A	
5	4	4.1500	A	B
0	4	3.8850	B	

En la Tabla 14 se observa una alta significancia ($p < 0,05$) entre los tratamientos en estudio, esto se debe a que el proceso fisiológico de maduración del fruto de tomate se acelera cuando es almacenado a temperatura ambiente, ya que todas las reacciones metabólicas también se aceleran, por lo tanto, el pH aumenta. Pereira et al. (2008) mencionaron que la acidez en los frutos de tomate se incrementa en los primeros cuatro días después de la cosecha.

El pH es un parámetro determinante de la calidad en función a la vida útil, el cual es afectado por la temperatura de almacenamiento, generalmente el pH del fruto de tomate varía entre 4,2 y 4,4 (Romero, 2020). La enzima poligalacturonasa cataliza la degradación de la pectina, liberando iones de hidrógeno e incrementando el pH, así mismo, la pérdida de agua concentra iones de hidrógeno en el fruto y, por lo tanto, disminuye su acidez e incrementa su pH. De manera general el aumento de la actividad

metabólica, la fermentación, la actividad enzimática y la pérdida de agua pueden contribuir al incremento del pH de frutos de tomate almacenados, mientras mayor sea la temperatura mayor será el pH (Márquez et al., 2007).

Tabla 14

Prueba t de Student para el pH de tomates según la temperatura de almacenamiento

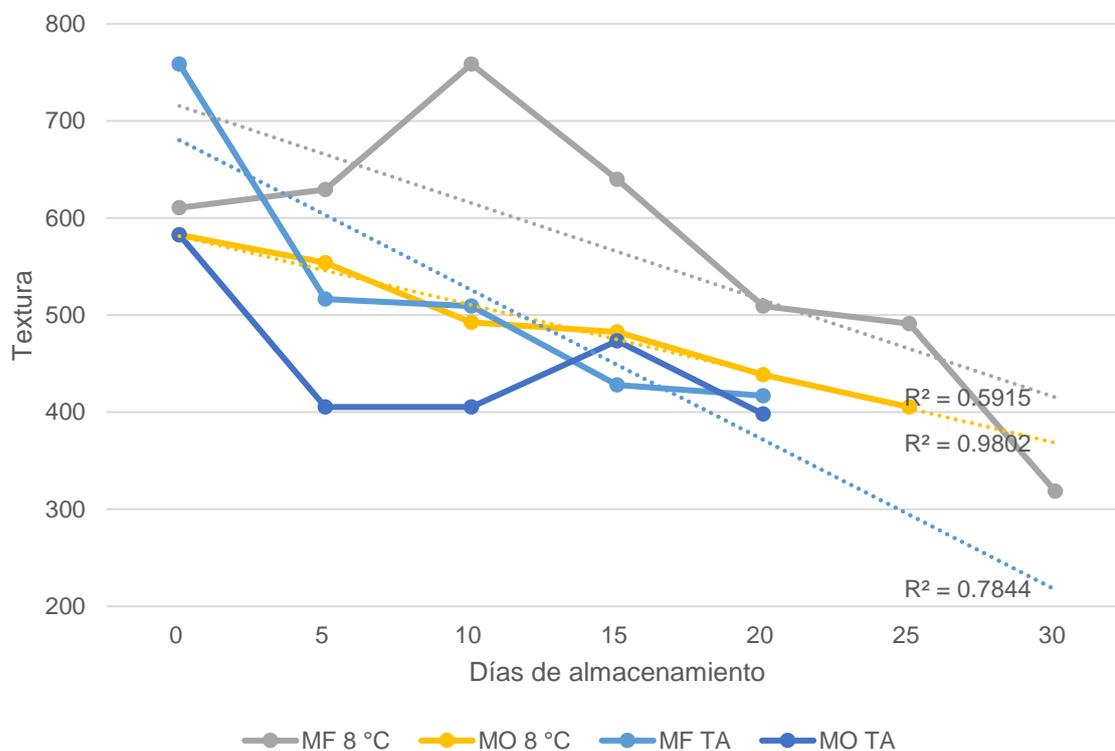
Temperatura de almacenamiento (°C)	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Valor de t	GL	Valor de p
8	10	4.100	0.152	0.048	-2.18	15	0.046
Ambiente	10	4.259	0.239	0.076			

4.4. Textura

En la Figura 9 se observa que la textura de los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados 30 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se redujo en promedio 292 N (47,82 %) y 341,67 N (45,04 %) respectivamente, en tanto, que los tomates en estado de madurez organoléptica almacenados 25 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se redujo en promedio 177,34 N (30,44 %) y 184,67 N (31,69 %) respectivamente. La disminución de la textura está relacionada con la composición química de los tomates, tales como sólidos insolubles y totales, pectinas solubles, tamaño de polímeros insolubles, grado de polimerización y esterificación de polímeros insolubles, además de la actividad de enzimas, tales como pectin metilesterasa, poligalacturonasa y celulasas (Huanatico et al., 2021). Similarmente Navarro et al. (2012) afirmaron que la firmeza del tomate se ve afectado por el estado de madurez y el tiempo de almacenamiento, un incremento en estos factores produce una disminución en la firmeza del fruto.

Figura 9

Textura de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento.



En la Tabla 15 se observa una alta significancia para el estado de madurez de los frutos de tomate ($p < 0,05$), así como, la no significancia de las interacciones entre los factores en estudio. Al respecto Tejada (2020) evidenció una disminución en la firmeza de frutos de tomate en función al incremento del tiempo de almacenamiento, siendo ligeramente menor en almacenamiento refrigerado. De igual manera, Romero (2020) reportó que la disminución de la firmeza de los frutos de tomate es proporcional al tiempo de almacenamiento, así mismo, mencionó que, durante el proceso de maduración, ocurren cambios en la pared celular, debido a procesos enzimáticos, los cuales provocan que los componentes de la pared celular sean degradados, contribuyendo a la pérdida de firmeza o ablandamiento.

Yahia (2011) refirió que la firmeza de los frutos de tomate está influenciada por la integridad de las paredes celulares, las temperaturas altas aceleran el proceso de maduración y, por consiguiente, la actividad de la enzima poligalacturonasa sobre las pectinas de la pared celular, lo que ocasiona cambios en los tejidos que provocan el ablandamiento del fruto. Cuando la temperatura es menor la actividad de la mayoría de las enzimas disminuye. Así mismo, Mata et al. (2019) mencionaron que la disminución de la fuerza de punción puede atribuirse a los cambios propios que se da en las paredes celulares de la pulpa durante el proceso de maduración, producto de la degradación por hidrólisis del componente péptico, que a la vez desagregan otros compuestos, como celulosa y hemicelulosa dando paso al ablandamiento.

Ochoa y Guerrero (2012) determinaron que las bajas temperaturas evitan el ablandamiento, debido a la relación directamente proporcional que existe entre la temperatura y la actividad metabólica del fruto, que implica una descomposición de la pared celular, siendo los componentes principales que se degradan durante la maduración; las pectinas, hemicelulosas y celulosas.

Navarro et al. (2012) reportaron mayor firmeza en frutos de tomate de cáscara almacenados a temperatura de 4 °C. Márquez et al. (2007) indicaron que además de la actividad metabólica, factores externos como la humedad y la temperatura durante el almacenamiento también pueden influir en la elasticidad de la cáscara de tomate, una alta humedad relativa puede afectar la cáscara y favorecer un aumento en la elasticidad.

Tabla 15*Análisis de varianza de la textura de tomates*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Temperatura de almacenamiento	1	32349	32349	6.28	0.066
B: Estado de madurez	1	46304	46304	8.99	0.040
C: Tiempo de almacenamiento	4	77736	19434	3.77	0.113
AB	1	2698	2698	0.52	0.509
AC	4	35209	8802	1.71	0.308
BC	4	12182	3046	0.59	0.688
ABC	1	10175.8	2543.95	2.02	0.1807
Error	3	20598	5149		
Total	19	227077			

En la Tabla 16 se observan diferencias significativas ($p = 0,05$) entre el estado de madurez y la textura. Los frutos de tomate en estado de madurez fisiológica fueron los que mostraron mayor firmeza, posiblemente debido a que su epidermis se tornó más elástica y, por consiguiente, fue difícil de romperla. La elasticidad de la cáscara de tomate está relacionada con la actividad metabólica y los cambios que ocurren en la pared celular durante la maduración y el envejecimiento del fruto, pues durante la maduración y el almacenamiento, el tomate sigue llevando a cabo procesos metabólicos a un ritmo más lento. Parte de estos procesos incluyen la acción de enzimas que degradan algunos componentes de la pared celular, como las pectinas y las hemicelulosas, que son polisacáridos que proporcionan rigidez y firmeza a la cáscara del tomate, a medida que estas enzimas continúan actuando durante el almacenamiento, las pectinas y las hemicelulosas se degradan, lo que conduce a la disminución de las uniones entre las células de la cáscara y a una relajación de la estructura de la pared celular (Barona, 2018).

Tabla 16

Prueba t de Student para la textura de tomates según el estado de madurez

Estado de madurez	N	Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Valor de t	GL	Valor de p
Organoléptica	10	481.5	71.7	23	-2.15	14	0.050
Fisiológica	10	577.8	122	39			

4.5. Color

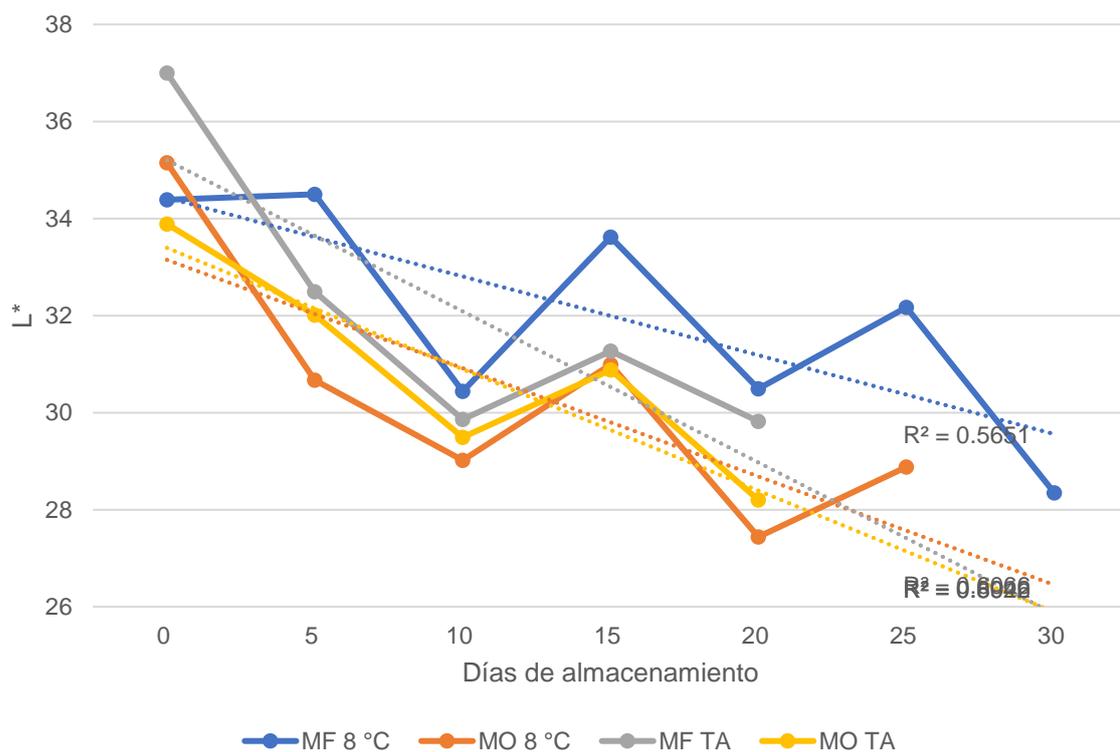
4.5.1. Luminosidad (L*)

En la Figura 10 se observa que la luminosidad (L*) de los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados 30 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se redujo en promedio 6,04 (17,56 %) y 7,18 (19,41 %) respectivamente, en tanto, que los tomates en estado de madurez organoléptica almacenados 25 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se redujo en promedio 6,27 (17,84 %) y 5,78 (17,01 %) respectivamente. Al respecto Urfalino y Werlock (2015), mencionaron que la luminosidad está relacionada con la brillantez y frescura de las frutas. Así mismo, Pinzón et al. (2015) refirieron que el metabolismo y la actividad enzimática continua, principalmente cambios en la concentración de pigmentos. La variación del color en las frutas, se atribuye en gran parte a la degradación de clorofilas y degradación o síntesis de pigmentos como carotenoides principalmente β -carotenos que se encuentran en tomate, así como, al contenido de agua del fruto y la presencia de ceras naturales, las cuales se van perdiendo durante el proceso de maduración, si el tiempo de almacenamiento es mayor los frutos alcanzan la sobre maduración perdiendo mayor cantidad de agua y ceras naturales.

Los tomates contienen diferentes pigmentos, como los carotenoides (licopeno y caroteno) y los flavonoides, que son responsables de su coloración. Durante la maduración, la concentración de licopeno aumenta, mientras que la de clorofila (responsable del color verde) disminuye, como resultado el tomate cambia su color verde característico a un rojo más intenso, los pigmentos rojos absorben ciertas longitudes de onda de la luz visible, lo que da lugar a una menor reflexión de la luz y, por lo tanto, a una disminución de la luminosidad (Khairi et al., 2015).

Figura 10

Luminosidad (L^) de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento.*



La Tabla 17 muestra que la temperatura de almacenamiento no es significativa sobre la luminosidad ($p > 0,05$), esta característica está asociada al contenido de agua en el fruto y a la presencia de ceras naturales, las que disminuyen durante el proceso

de maduración (Pinzón et al., 2015). Cruz et al. (2012) mencionaron que la clorofila se encuentra expuesta a la degradación por factores como la luz y la temperatura, dando paso a los compuestos que generan colores amarillentos y rojizos. Así mismo, se observan efectos altamente significativos ($p < 0,05$) para el factor tiempo de almacenamiento, más no así, para los factores temperatura de almacenamiento y estado de madurez y sus interacciones ($p > 0,05$). Márquez et al. (2007) encontraron diferencias significativas para la variable luminosidad en muestras de tomate en función al tiempo de almacenamiento, evidenciando oscurecimiento y pérdida de tonalidad a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento. Del mismo modo, Tejada (2020) reportó disminución en la luminosidad de tomate almacenado a temperatura ambiente, el valor registrado inicialmente fue de 46,56 hasta el sexto día, manteniéndose constante hasta el último día de almacenamiento.

Tabla 17

Análisis de varianza de la luminosidad (L^) de tomates*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Temperatura de almacenamiento	1	0.162	0.1620	0.08	0.786
B: Estado de madurez	1	13.025	13.0250	6.76	0.060
C: Tiempo de almacenamiento	4	93.611	23.4028	12.14	0.016
AB	1	0.882	0.8820	0.46	0.536
AC	4	1.924	0.4810	0.25	0.896
BC	4	1.533	0.3833	0.20	0.927
ABC	1	2.2515	0.5629	0.78	0.394
Error	3	7.709	1.9273		
Total	19	118.846			

En la Tabla 18 se muestra que en el día 0 se registró el mayor valor promedio (35,11) de luminosidad, disminuyendo paulatinamente hacia el día 20, en un porcentaje promedio de 2,50 %. A medida que el tiempo de almacenamiento aumenta, el valor de

luminosidad disminuye debido a la degradación de algunos pigmentos como los carotenos, luteína y zeaxantina que son los responsables de los colores amarillo, anaranjado y rojo.

Tabla 18

Prueba de Tukey para la luminosidad (L^) de tomates según el tiempo de almacenamiento*

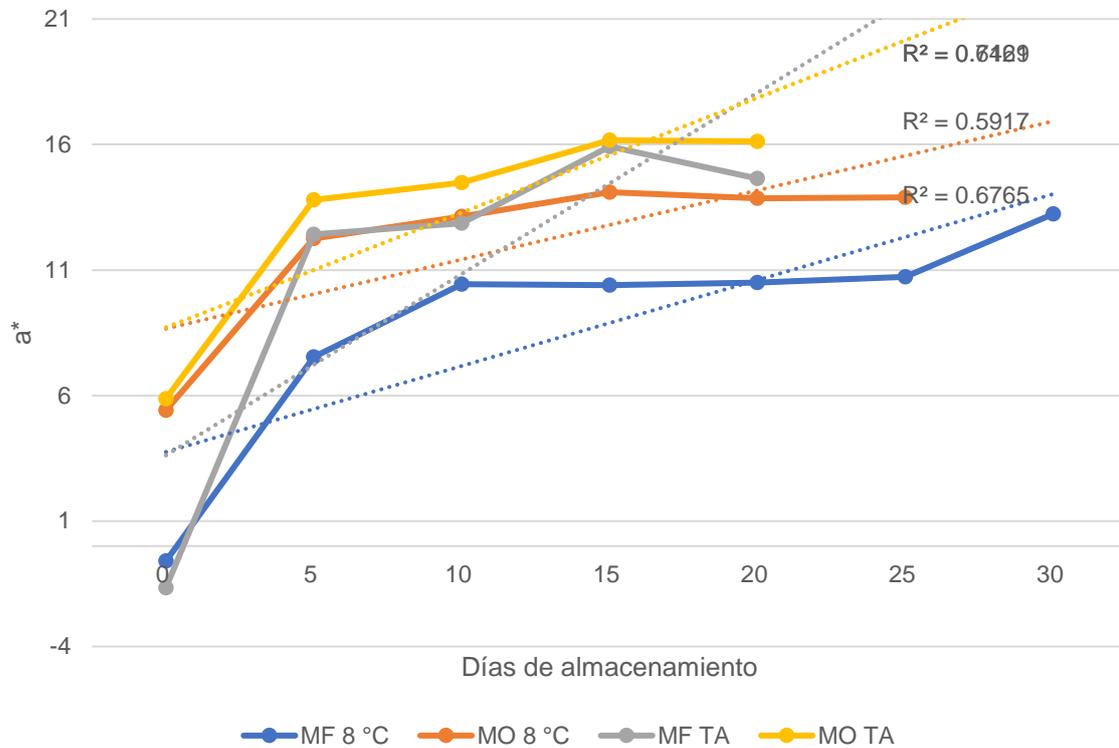
Tiempo de almacenamiento (días)	N	Media	Agrupación	
0	4	35.1075	A	
5	4	32.4175	A	B
10	4	31.6900	A	B
15	4	29.7025	B	
20	4	28.9875	B	

4.5.2. Cromaticidad verde a rojo (a^*)

En la Figura 11 se observa que el valor de cromaticidad verde a rojo (a^*) de los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados 30 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se incrementó en promedio 12,63 (95,46 %) y 12,99 (88,67 %) respectivamente, en tanto, que los tomates en estado de madurez organoléptica almacenados 25 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se incrementó en promedio 8,49 (61,07 %) y 10,25 (63,59 %) respectivamente. El color es uno de los parámetros de calidad de relevante importancia en frutos de tomate, el cual está relacionado con la presencia de antioxidantes en el pericarpio (Barona, 2018).

Figura 11

Cromaticidad (a^) de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento.*



En la Tabla 19 no se observa significancia estadística ($p > 0,05$) para el factor temperatura de almacenamiento, esto se debe a que su variación puede afectar la velocidad de maduración de los tomates, lo que a su vez puede influir en su composición química y en el color, estos cambios en la composición química pueden alterar la reflectancia de la luz y, por lo tanto, influir en la percepción del color. Durante el proceso de maduración, enzimas degradan la clorofila reduciendo el color verde, así mismo, el licopeno es uno de los pigmentos más afectados por las condiciones de almacenamiento (Huanatico et al., 2021). A su vez, se observa efectos altamente significativos ($p < 0,05$) para el factor tiempo de almacenamiento, más no así, para los factores temperatura de almacenamiento y estado de madurez. En tanto que, las interacciones de estos factores no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$). En su totalidad, los frutos de tomate

mostraron variación de color a mayor tiempo de almacenamiento, esto pudo deberse al incremento en la concentración de pigmentos carotenoides y antocianinas, durante el proceso fisiológico de maduración. Al respecto Capistrán et al. (2017) evidenciaron un incremento de a^* al día 28 y una reducción al día 42.

Tabla 19

Análisis de varianza de la cromaticidad verde a rojo (a^) de tomates*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Temperatura de almacenamiento	1	46.360	46.360	7.64	0.051
B: Estado de madurez	1	38.893	38.893	6.41	0.065
C: Tiempo de almacenamiento	4	476.865	119.216	19.66	0.007
AB	1	0.102	0.102	0.02	0.903
AC	4	1.964	0.491	0.08	0.984
BC	4	3.740	0.935	0.15	0.951
ABC	1	10.558	2.6394	0.71	0.415
Error	3	24.260	6.065		
Total	19	592.184			

En la Tabla 20 se observa que en el décimo quinto día de almacenamiento se registró el máximo valor promedio (14,15) de a^* , los frutos de tomate en estado de madurez organoléptica almacenados en refrigeración mantuvieron sus características fisicoquímicas hasta el vigésimo día de almacenamiento, posterior a ello mostraron síntomas de deshidratación (arrugamiento) e infección de mohos. Barona (2018) determinó en tomate Cherry almacenado a 15 °C durante veinte días, que el valor de a^* varió de 22,27 hasta 27,00, conservando sus propiedades fisicoquímicas.

Tabla 20

Prueba de Tukey para la cromaticidad verde a rojo (a) de tomates según el tiempo de almacenamiento*

Tiempo de almacenamiento (días)	N	Media	Agrupación
20	4	13.7800	A
15	4	14.1450	A
10	4	12.7300	A
5	4	11.4975	A
0	4	1.0500	B

4.5.3. Cromaticidad azul a amarillo (b*)

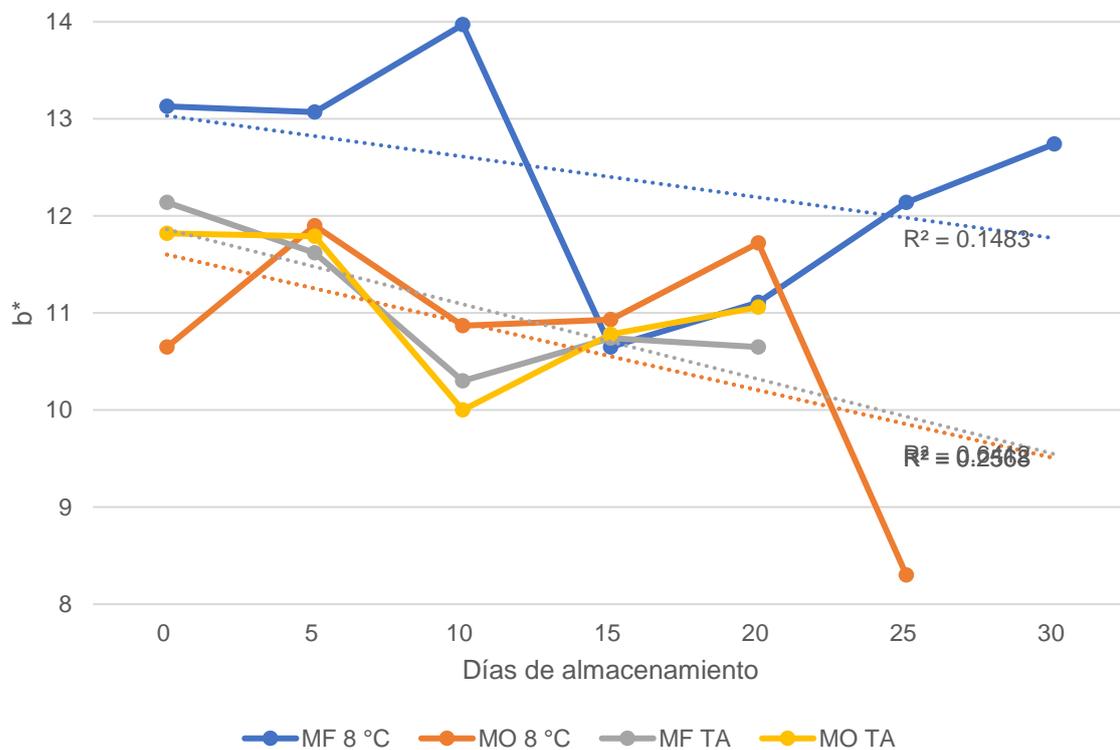
En la Figura 12 se observa que el valor de cromaticidad azul a amarillo (b*) de los tomates en estado de madurez fisiológica almacenados 30 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se redujo en promedio 0,39 (2,97 %) y 1,49 (12,27 %) respectivamente, en tanto, que los tomates en estado de madurez organoléptica almacenados 25 y 20 días a 8 °C y a temperatura ambiente, se redujo en promedio 2,35 (22,07 %) y 0,76 (6,43 %) respectivamente. Flores (2016) registró valores entre 23,80 y 24,36 en tomate Cherry almacenado a 12 °C durante 14 días. Así mismo, Barona (2018) determinó una disminución en el valor de b* en tomate Cherry, de 9 a -0,52 a los 20 días de almacenamiento.

El color difiere en función a la variedad del vegetal, las enzimas sintetizan los carotenos en especial el licopeno (color rojo) y el beta-caroteno (color naranja), al transcurrir el tiempo de almacenamiento, éstos pueden alcanzar su mayor concentración, por lo que, disminuye la coloración verde, se incrementa gradualmente

el color amarillo y finalmente el color rojo, característico en los tomates (Barona, 2018). La temperatura puede acelerar la degradación de los pigmentos, la exposición de frutos de tomate a altas temperaturas durante el almacenamiento, degrada al licopeno, lo que puede resultar en una pérdida de color rojo intenso y una apariencia más amarillenta o anaranjada (Torres et al., 2013).

Figura 12

Cromaticidad (b^) de tomates en dos estados de madurez y a dos temperaturas de almacenamiento.*



En la Tabla 21 se distingue que no existen efectos significativos ($p > 0,05$) para los factores en estudio y sus interacciones. Márquez et al. (2007) encontraron diferencias altamente significativas en el valor de b^* en frutos de tomate de árbol almacenados a temperatura ambiente, que se acentúa con los procesos fisiológicos de maduración y sobre maduración. Durante la maduración, las enzimas que degradan la

clorofila provocan la disminución del color verde, facilitando la acumulación de carotenoides. A medida que se suscita el proceso de maduración en los frutos de tomate, las enzimas sintetizan y acumulan licopeno, lo que contribuye al cambio de color verde a amarillo, naranja y, finalmente, al característico color rojo intenso (Jurado, 2012).

Tabla 21

Análisis de varianza de la cromaticidad azul a amarillo (b^) de tomates*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Temperatura de almacenamiento	1	1.670	1.6704	4.23	0.109
B: Estado de madurez	1	1.031	1.0306	2.61	0.181
C: Tiempo de almacenamiento	4	6.741	1.6851	4.27	0.094
AB	1	1.031	1.0306	2.61	0.181
AC	4	3.177	0.7942	2.01	0.257
BC	4	1.368	0.3419	0.87	0.554
ABC	1	0.032	0.008	0.04	0.852
Error	3	1.579	0.3947		
Total	19	16.595			

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La temperatura de almacenamiento de 8 °C prolongó la vida útil del tomate (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) en estado de madurez fisiológica y organoléptica hasta en 30 y 25 días respectivamente.

El almacenamiento de tomates en estado de madurez fisiológica y organoléptica a 8 °C durante 30 y 25 días, provocó una menor pérdida de peso (7,4 % y 9,7 %), un menor incremento de grados Brix (15,6 % y 17,91 %), un menor nivel de pH (15,74 % y 10,79 %), una mayor textura (47,82 % y 30,44 %), una menor luminosidad (L*) (17,56 % y 17,84 %), una menor cromaticidad verde a rojo (a*) (95,46 % y 61,08) y una menor cromaticidad azul a amarillo (b*) (2,97 % y 22,07 %).

5.2. Recomendaciones

Realizar investigaciones utilizando recubrimientos comestibles (quitosano, cera de abeja, etc.) en diversas especies de hortalizas de fruto.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullateef, M., Zhou, C., Amanor, R., Ali, A., Wahia, H., Ma, H., y Sun, Y. (2020). Efficacy of dual-frequency ultrasound and sanitizers washing treatments on quality retention of cherry tomato. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 62(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102348>
- Andrade, M., Moreno, C., Guijarro, M., y Concellón, A. (2015). Redalyc. Caracterización de la Naranjilla (*Solanum quitoense*) Común en Tres Estados de Madurez. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 16(2).
- Barona, A. (2018). Evaluación de estrés abiótico sobre las características de calidad durante el almacenamiento del jitomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) variedad cerasiforme. *Tesis de Pregrado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México*.
- Benito, P., Arellanes, N., y Pérez, M. (2016). Color y estado de madurez del fruto de tomate de cáscara. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 115. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21891>
- Capistrán, A., Aquino, E., Chávez, J., Velásquez, V., Vera, A., Viveros, R., y Verdalet I. (2017). Cambios en los parámetros fisicoquímicos en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) durante su almacenamiento poscosecha a 5 °C. *Avances de la Ciencia En México*, 2017, 1020-1027. <https://www.researchgate.net/publication/322508736>
- Casierra, F., y Aguilar, Ó. (2008). Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum*

L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal.*, 26(2), 300-307.

Cruz, O., Martínez, T., Rodríguez, J., Colinas, T., y Moreno, E. (2012). Conservación poscosecha de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) con y sin cáliz. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 18(3), 333-44.
<https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.11.105>

Fernández, N., Montenegro, S., Yamul, D., y Navarro, A. (2017). Efecto del almacenamiento congelado sobre los parámetros de calidad y textura de moras (*Rubus* sp.). *I Congreso Argentino de Biología y Tecnología Poscosecha. Argentina*, 1, 173-181.

Flores, Z. (2016). Desarrollo de emulsiones de quitosano-carvacrol mediante homogenización por altas presiones y aplicación mediante aspersión electrostática sobre tomate cherry (*Lycopersicon esculentum* L.) para mantener su calidad postcosecha. *Tesis de Maestría, Universidad del Bío Bío. Chile*, 107.
<http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/1663>

Flores, J. (2011). Determinación de los índices de madurez para la comercialización de durazno (*Prunus persicae*) variedad conservero amarillo en dos tipos de ambientes para mercados de la zona central del país. *Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato. Ecuador*, 95 p.

Fornaris, G. (2007). Cosecha y manejo postcosecha. *Universidad de Puerto Rico*, 1-16.
<http://136.145.11.14/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/03/TOMATE-Cosecha-y-Manejo-Postcosecha-v2007.pdf>

- Hernández, J. (2013). Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (*Lycopersicum esculentum* var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-envasado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. *Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Argentina*, 199 p.
- Herrera, C. (2019). Efecto de Tratamiento Químico y Térmico en la Conservación Post Cosecha del Tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca. Perú*, 18-88. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3359>
- Huanatico, E., Qque, R., Pacheco, J., Charca, J., Ayayca, M., Chiara, L., y Calapuja, C. (2021). Propiedades físicas y químicas del Tomate de Árbol (*Solanum betaceum*) durante el almacenamiento. *ÑAWPARISUM-Revista de Investigación Científica*, 3(2), 45-51.
- Jurado, L. (2012). Estudio del Grado de Madurez y/o Connservación de tomates Empleando Técnicas Espectroscópicas Moleculares. *Tesis de Maestría, Universidad de Oviedo. México*.
- Khairi, A., Falah, M., Suyantohadi, A., Takahashi, N., y Nishina, H. (2015a). Effect of Storage Temperatures on Color of Tomato Fruit (*Solanum lycopersicum* Mill.) Cultivated under Moderate Water Stress Treatment. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3(December), 178-183. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.035>
- Khairi, A., Falah, M., Suyantohadi, A., Takahashi, N., y Nishina, H. (2015b). Effect of Storage Temperatures on Color of Tomato Fruit (*Solanum lycopersicum* Mill.) Cultivated under Moderate Water Stress Treatment. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, 178-183. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.035>

- Knap, M., Nečemer, M., Kump, P., Potočnik, K., y Vidrih, R. (2014). The content of minerals in Slovenian organic and conventional produced fruits, herbs and vegetables. *Acta Agriculturae Slovenica*, 103(2), 271-279. <https://doi.org/10.14720/aas.2014.103.2.11>
- Márquez, C., Otero, C., y Cortés, M. (2007). Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol en poscosecha. *Vitae*, 14(2), 07-08. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042007000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Mata, C., Hertog, M., Van Raemdonck, G., Baggerman, G., Tran, D., y Nicolai, B. (2019). Omics analysis of the ethylene signal transduction in tomato as a function of storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 155(April), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.04.016>
- Muñoz de la Poza, Á. (2012). *Elaboración de conservas y cocinados cárnicos*. (I. Editorial (ed.)).
- Navarro, E., Nieto, R., Corrales, J., Del García, M., y Ramírez, A. (2012). Calidad poscosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 18(3), 263-277. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.11.097>
- Ochoa, C., y Guerrero, J. (2012). Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). *Información Tecnológica*, 23(1), 117-128. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100013>
- Pereira, A., Gómez, A., y Taín, Y. (2008). *Establecimiento del período óptimo de*

almacenamiento para guayaba, mandarina y tomate guardados a temperatura ambiente. 17(3), 77-81.

Pinzón, E., Reyes, A., Álvarez, J., Leguizamo, M., y Joya, J. (2015). Comportamiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* L., bajo diferentes temperaturas de almacenamiento. *Revista de Ciencias Agrícolas, 32(2), 26-35.*
<https://doi.org/10.22267/rcia.153202.10>

Romero, E. (2020). Conservación de Tomate (*Solanum lycopersicum*), Pimentón (*Capsicum annuum*) Mediante Cámaras de Refrigeración con y sin Energía. *Tesis de Pregrado, Universidad Mayor de San Simón. Bolivia.*

Seymour, G., Ostergaard, L., Chapman, N., Knapp, S., y Martin, C. (2013). Fruit development and ripening. *Annual Review of Plant Biology, 64, 219-241.*
<https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120057>

Tejada, O. (2020). Efectos del Recubrimiento de Goma de Sapote (*Capparis scabrida*) en las Características del Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Durante su Almacenamiento. *Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.*

Torres, R., Montes, E., Pérez, O., y Andrade, R. (2013). Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. *Información Tecnológica, 24(3), 51-56.* <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007>

Urfalino, D., y Werlock, J. (2015). Evaluación del color en pulpa de tomates deshidratados dulces para la elaboración de confituras. *Agronomía Mesoamericana, 27(1), 131.* <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21892>

Yahia, E. (2011). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Fundamental Issues*. Woodhead Publishing.

ANEXOS

Anexo 1. *Peso (g) de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica*

Tiempo de almacenamiento (días)	8 °C		Temperatura ambiente	
	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica
0	168.92	150.66	134.04	137.31
5	165.7	147.18	127.34	131.25
10	163.46	143.96	121.46	127.16
15	162.48	142.59	119.44	125.43
20	160.8	140.09	116.3	122.67
25	158.59	136		
30	156.42			

Anexo 2. *Grados brix de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica*

Tiempo de almacenamiento (días)	8 °C		Temperatura ambiente	
	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica
0	3.57	3.53	3.9	3.8
5	3.93	3.93	4.03	3.9
10	3.97	3.93	4.2	3.93
15	4.03	4.03	4.37	4.07
20	4.07	4.07	4.7	4.57
25	4.2	4.3		
30	4.23			

Anexo 3. *pH de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica*

Tiempo de almacenamiento (días)	8 °C		Temperatura ambiente	
	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica
0	3.8	3.97	3.8	3.97
5	4.03	4.07	4.2	4.3
10	4.1	4.17	4.4	4.43
15	4.23	4.13	4.47	4.5
20	4.13	4.37	4.51	4.7
25	4.33	4.45		
30	4.51			

Anexo 4. *Textura de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica*

Tiempo de almacenamiento (días)	8 °C		Temperatura ambiente	
	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica
0	610.67	582.67	758.67	582.67
5	629.33	554	516.67	405.33
10	758.67	492.67	509.33	405.33
15	640	482.67	428	473.33
20	509.33	438.67	417	398
25	491.33	405.33		
30	318.67			

Anexo 5. *Luminosidad (L*) de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica*

Tiempo de almacenamiento (días)	8 °C		Temperatura ambiente	
	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica
0	34.39	35.15	37	33.89
5	34.5	30.67	32.49	32.01
10	30.44	29.02	29.86	29.49
15	33.62	30.99	31.27	30.88
20	30.49	27.44	29.82	28.2
25	32.17	28.88		
30	28.35			

Anexo 6. *Cromaticidad verde a rojo (a*) de tomates (Solanum lycopersicum L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica*

Tiempo de almacenamiento (días)	8 °C		Temperatura ambiente	
	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica
0	-0.6	5.41	-1.66	5.87
5	7.53	12.25	12.42	13.79
10	10.44	13.13	12.87	14.48
15	10.39	14.1	15.92	16.17
20	10.5	13.85	14.65	16.12
25	10.73	13.9		
30	13.23			

Anexo 7. Cromaticidad azul a amarillo (b^*) de tomates (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheila Victory F1) en madurez fisiológica y organoléptica

Tiempo de almacenamiento (días)	8 °C		Temperatura ambiente	
	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica	Madurez fisiológica	Madurez organoléptica
0	13.13	10.65	12.14	11.82
5	13.07	11.9	11.62	11.79
10	13.97	10.87	10.3	10
15	10.65	10.93	10.74	10.78
20	11.11	11.72	10.65	11.06
25	12.14	8.3		
30	12.74			