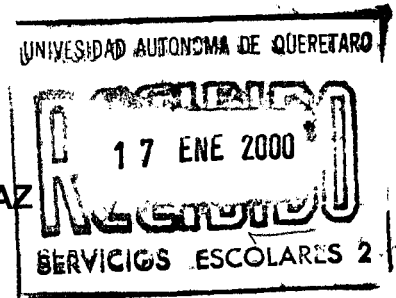


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
FACULTAD DE QUÍMICA**

**CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE VITAMINA C Y LA CALIDAD EN FRUTOS DE  
TOMATE TRATADOS TERMICAMENTE**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE QUÍMICO EN ALIMENTOS  
PRESENTA**

**VERÓNICA JUDITH PUGA MERAZ**



**SANTIAGO DE QUERÉTARO, QRO.**

**ENERO, 2000**

No. AD H61439

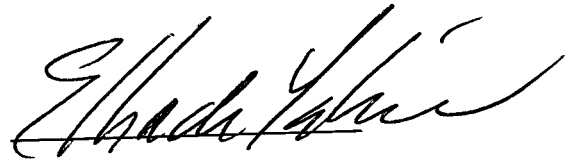
CLAS 664.028

P976C

**BIBLIOTECA CENTRAL UAQ**  
"ROBERTO RUIZ OREGON"

**COMITÉ EVALUADOR DEL TRABAJO**

**DR. ELHADI YAHIA KAZUZ**  
Director del trabajo

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Elhadi Yahia Kazuz', written in a cursive style over a horizontal line.

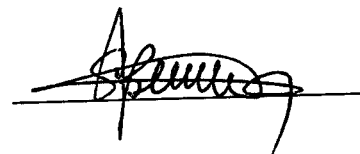
**QUÍMICO LETICIA MERCADO DÍAZ**  
Sinodal propietario

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Leticia Mercado Díaz', written in a cursive style over a horizontal line.

**M. en C. GLORIA SOTO ZAMORA**  
Sinodal propietario

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gloria Soto Zamora', written in a cursive style over a horizontal line.

**DR. MAMADOU MOUSTAPHA BAH**  
Sinodal suplente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Mamadou Moustapha Bah', written in a cursive style over a horizontal line.

## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco a Dios por darme el enorme regalo de la vida, por la oportunidad de terminar mi tesis, así como el tener una familia con la cual siempre conté y la cual nunca dudó de mi capacidad.*

*Papá: gracias por tu cariño, educación y apoyo, sin los cuales no hubiera podido terminar.*

*Mamá: gracias por tu amor, comprensión y sobre todo por ser la mejor de mis amigas.*

*Rosa: gracias por tu ayuda y apoyo en momentos difíciles.*

*Abuelita: gracias por su presencia.*

*Javier: gracias por tu amor y paciencia, para poder culminar esta tan preciada meta*

*Al Dr. Elhadi por la oportunidad que me brindó de aprender y trabajar con él.*

*A Gloria por su paciencia, dedicación y sobre todo por su amistad.*

*A mis maestros: Rafael Pérez, Ma. de los Angeles Muñoz, Jorge Álvarez, L. Antonio Acevedo, Magaly Aguilar, J. Merced Esparza, Raúl Fraga, Roberto Burgos quienes contribuyeron a mi formación no solo como profesionista sino como persona.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mis amigos y compañeros: Sandra, Triz, Nacho, Cris, Martha, María, Alicia, Noé, Juan, Jorge, Alejandro, Chepina, Eugenia, Myrian, Goga, Lupita, Laura, Claudia, Rhode, Araceli, Gabby, Armando, por estar siempre en los momentos difíciles brindándome apoyo.*

*A las familias: Ruiz Álvarez, Villarreal Azamar, Moctezuma Avilés, Villanueva Rodríguez, Guzmán Páez, Trejo Pérez, García Diosdado, por sus oraciones y buenos deseos.*

*A quienes colaboran dentro de las instalaciones de la Facultad de Química y el DIPA, porque al desempeñar su trabajo contribuían con mi mejor desempeño.*

*A AGROS por el material proporcionado para el desarrollo de este trabajo.*

*Y a todos los que de una u otra forma estuvieron conmigo y no mencioné así como los que no alcanzaron a verlo terminado.*

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vi
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Importancia del tomate	2
2.2 Nutrición	3
2.2.1 Vitamina C	8
2.2.2.1 Usos	10
2.2.2.2 Deficiencia de la vitamina C	10
2.3 Fisiología y bioquímica del tomate	11
2.3.1 Fisiología del tomate	11
2.3.2 Bioquímica del tomate	13
2.4 Morfología del tomate	14
2.5 Tratamientos térmicos	16
2.5.1 Importancia	18
2.5.2 Usos	19
2.5.3 Efectos de los tratamientos térmicos	19
2.5.3.1 Efectos positivos	19
2.5.3.2 Efectos negativos	19
2.5.4 Efectos sobre vitaminas	20
2.5.5 Tratamientos térmicos en tomates	21
2.5.5.1 Usos de los tratamientos térmicos en tomates	22
2.5.5.2 Efectos de los tratamientos térmicos en tomates	23
III. JUSTIFICACIÓN	24
IV. HIPÓTESIS	24
V. OBJETIVOS	25
5.1 Objetivo general	25

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
5.2 Objetivos particulares	25
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>26</b>
6.1 Materiales	26
6.1.1 Materia prima	26
6.2 Métodos	26
6.2.1 Preparación de la materia prima	26
6.2.2 Tratamientos térmicos	27
6.2.3 Evaluaciones	27
6.2.3.1 Evaluaciones de los daños causados por el tratamiento	27
6.2.3.2 Determinación de la pérdida de peso	27
6.2.3.3 Medición de color	28
6.2.3.4 Medición de textura	28
6.2.3.5 Medición de sólidos solubles totales	29
6.2.3.6 Determinación de ácido ascórbico	29
6.2.3.6.1 Curva de calibración	29
6.2.2.7 Determinación de materia seca	30
6.3 Análisis estadístico	30
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>32</b>
7.1.1 Cambios de temperatura durante el tratamiento	32
7.1.2 Daños causados por el tratamiento	32
7.1.3 Pérdida de peso	34
7.1.4 Cambios en color	36
7.1.5 Textura	52
7.1.6 Sólidos solubles totales	56
7.1.7 Ácido ascórbico	58
7.1.8 Cambios en la materia seca	60
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CITADA</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1. Distribución continental de la superficie cultivada con tomate.	5
Figura 2. Distribución continental de la producción del tomate.	7
Figura 3. Morfología de la planta de tomate.	15
Figura 4. Morfología del tomate.	17
Figura 5. Cambios en las temperaturas de entrada y salida de aire en la cámara, y temperatura de la pulpa y de la superficie del fruto.	33
Figura 6. Cambios en la pérdida de peso (%) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 10 mediciones (1 medición por fruto).	35
Figura 7. Cambios en el valor de $a^*$ en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	37
Figura 8. Cambios en el valor de $b^*$ en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	39
Figura 9. Cambios en el valor de $L^*$ en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	41
Figura 10. Cambios en el valor de $C^*$ en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 2°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	43



<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 11. Cambios en el ángulo de matiz ( $h^{\circ}$ ) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y $12^{\circ}\text{C}$ . Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	44
Figura 12. Cambios en la diferencia de $a^*$ en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y $12^{\circ}\text{C}$ . Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto)	46
Figura 13. Cambios en la diferencia de $b^*$ en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y $12^{\circ}\text{C}$ . Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	48
Figura 14. Cambios en la diferencia de $L^*$ en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y $12^{\circ}\text{C}$ . Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto)	50
Figura 15. Cambios en la diferencia de $C^*$ en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y $12^{\circ}\text{C}$ . Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	51
Figura 16. Cambios en la diferencia en el ángulo de matiz en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y $12^{\circ}\text{C}$ . Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	52
Figura 17. Cambios en de la diferencia total de color en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y $12^{\circ}\text{C}$ . Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	53

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 18. Cambios en la textura (N) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).	55
Figura 19. Cambios en los sólidos solubles totales (°Bx) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 8 mediciones (1 medición por fruto).	57
Figura 20. Cambios en el contenido de ácido ascórbico (mg/100 g de peso fresco) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 6 mediciones (3 mediciones por fruto).	59
Figura 21. Cambios en el contenido de la materia seca (%) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 4 mediciones (2 mediciones por fruto).	61

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Principales países productores de tomate en el mundo.	4
Cuadro 2. Producción de tomates en los Países de América Latina y el Caribe (LAC) en 1989.	6
Cuadro 3. Composición química de hortalizas crudas en 100 g de partes normalmente utilizadas para la alimentación.	9
Cuadro 4. Composición química del tomate en 100 g (Principales minerales).	9
Cuadro 5. Concentración del ácido L-ascórbico en diferentes frutas.	12
Cuadro 6. Pesos promedios y error estándar de los tomates utilizados.	26
Cuadro 7. El contenido de materia seca en tomates.	62

## RESUMEN

El cultivo de tomate ocupa un lugar importante en nuestro país así como en el resto del mundo ya que el fruto es ampliamente utilizado para el consumo en fresco y procesado. Se ha propuesto el empleo de tratamientos físicos para combatir infestaciones y evitar así el uso de los fungicidas químicos, pero los tratamientos térmicos son sólo una propuesta para retardar la maduración y la disminución del desorden ocurrido durante el almacenamiento. Los tomates empleados para este trabajo fueron cosechados en estado de madurez fisiológica de un invernadero, en donde el tomate se cultiva de manera hidropónica. Los frutos fueron clasificados y asignados a diferentes condiciones. Los frutos tratados se expusieron a una temperatura de 38°C por 24 horas a 50% de humedad relativa. Se realizaron evaluaciones iniciales, en el día cero, determinándose peso, color, textura, sólidos solubles, ácido ascórbico y humedad. Dos lotes identificados como tratado y control se almacenaron a 6°C y una humedad relativa de 73%, mientras que otros 2 lotes (tratados y control) fueron almacenados a 12°C y una humedad relativa de 78%. Cada tercer día se realizaron las evaluaciones similares al día cero a 10 frutos de cada uno de los 4 lotes los cuales se dejaron 24 horas a temperatura ambiente antes de la evaluación. El tratamiento térmico aplicado disminuyó el contenido de ácido ascórbico en los tomates tratados, sobre todo en los frutos almacenados a 6°C. En los tomates tratados y almacenados a 6°C se manifestó una marcada inhibición de la pigmentación durante los días de almacenamiento, éstos no mostraron un cambio de coloración normal respecto de su control. Los tomates tratados presentaron una mayor pérdida de peso, siendo los almacenados a 12°C los que registraron en los primeros 21 días los valores más elevados en la pérdida de peso (%), este comportamiento cambió al día 4 en donde los valores disminuyeron en los frutos almacenados a 6°C. En el contenido de materia seca no se observa gran diferencia entre los valores obtenidos por los frutos tratados y los control.

## I. INTRODUCCIÓN

El tomate, también conocido como jitomate, es un producto muy apetecido. La planta es originaria de Perú y México, países en donde se encuentran varias formas silvestres. La fruta fue introducida a Europa en el siglo XVI, al principio cultivada como planta de adorno y a partir de 1900 se extendió como alimento humano. El tomate se cultiva en las zonas templadas y cálidas. Según la finalidad del producto, se puede diferenciar el cultivo de tomates para fines de consumo fresco y el cultivo de tomate industrial para la elaboración de otros alimentos. Los más importantes parámetros de calidad del tomate son la firmeza y el color, los cuales son índices de la madurez y la vida óptima (Berlijn y col., 1998).

Las frutas y hortalizas contribuyen con alrededor del 90% de ácido ascórbico (AcA) de la dieta humana, de ahí radica su importancia en obtener de ellos el mayor contenido del mismo y evitar en mayor parte su pérdida. El valor nutritivo de éstas se ve influido por varios factores tales como las condiciones de desarrollo, la madurez, el manejo postcosecha, etc. (Kadame y Salunkhe, 1995). El ácido ascórbico es un producto muy versátil, el cual puede ser utilizado ya sea por sus propiedades nutritivas o por su condición antioxidante en muchos procesos y productos (Van Scott, 1997). Algunas teorías suponen que debido a la oxidación reversible del ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico, desempeña un papel importante en las reacciones metabólicas de oxido reducción (Badui Dergal, 1997).

La función de los tratamientos por tiempos cortos es controlar a patógenos e insectos, previniendo la introducción de éstos a los frutos a través de heridas localizadas en la superficie llamados sitios de invasión. El tomate es considerado como un fruto sensible al calor, el cual afectan su metabolismo principalmente la inhibición de la síntesis de pigmentos carotenoides (Kays, 1991)

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Importancia del tomate

El cultivo de tomate ocupa un lugar importante entre las hortalizas en el mundo, pues es ampliamente utilizado para el consumo en fresco y procesado. En 1991, 1570.236 hectáreas de tomates para el mercado en fresco fueron cosechadas en California y Baja California, con un total de producción de 12,000,000 y 30,000,000 cajas de verde-maduro de 11.35 kilos (Yoder, 1993).

El tomate para la industria muestra un incremento del 30 % en la producción de tomate Roma, por arriba de los niveles de 1990, los cuales provienen en su mayor parte de Baja California. Las semillas para la cosecha de tomates de California destinados para la industria se establecen desde la cosecha anterior. El tomate es de gran importancia debido a que tiene gran variedad de usos como ingrediente principal de jugos, pastas, bebidas y otros concentrados, por su sabor, por su alto valor nutritivo, por su alto contenido de vitamina A y C y además por su alto valor comercial por unidad de superficie cultivada (Yoder, 1993).

Los parámetros más importantes del tomate son la firmeza y el color, los cuales son índices de la madurez y de la vida óptima. La firmeza entre otras cosas indica madurez, frescura, la presencia de daño externo como interno; el color de la fruta tiene gran efecto en la percepción del consumidor respecto a la calidad además de ser un índice de madurez. Muchos intentos se han realizado para determinar de forma automática la firmeza de la amplia gama de vegetales a diferencia de la medición de color, la cual es más sensible y establece una relación entre la firmeza y la estimación de la vida óptima. En muchas partes del mundo se realiza la selección de tomates en estado verde-maduro cuando éste ya se encuentra firme y por lo tanto puede sufrir daño durante su manipulación, en resumen los costos son reducidos un poco menos, cuando es necesario, durante la cosecha. Es difícil determinar si el tomate si es verde-maduro, el cosechar tomate inmaduro por una mala apreciación tiene como resultado frutos pequeños y una baja calidad. Fuentes de estudios han examinado la relación entre madurez y la apreciación óptica; tamaño, forma, color y defectos en la superficie son analizados

usando técnicas de imagen digital. La madurez ha sido clasificada dentro de dos rangos: rojo brillante y rojo, esto para tomates maduros, otros estados fueron considerados verdes. El procedimiento de análisis de la imagen del color ha desarrollado la clasificación del tomate fresco en seis grados de madurez basados en el ángulo de matiz (Yael y col., 1997).

El tomate es la hortaliza de mayor importancia en América Latina y el Caribe. La superficie regional cultivada en 1989 fue de 312,000 (Cuadro 1) hectáreas que representa cerca del 11% del área mundial de producción (Figura 1). Sobre esta área se produjeron cerca de 7 millones de toneladas de tomate (Cuadro 2) equivalentes al 10% de la producción mundial (Figura 2) (FAO, 1992).

## **2.2 Nutrición**

El tomate es una de las hortalizas más populares. Su consumo per cápita en el continente Americano es de aproximadamente 20 kg por año. El tomate es fuente de nutrientes y vitaminas, principalmente A y C. Las principales formas de consumo son las ensaladas naturales o en productos procesados concentrados y puré. Estos productos son muy utilizados en la preparación de salsas y consumidos con pastas, carnes y pollo. Las salsas picantes apimentadas, salsas con chile o "ketchup" son muy utilizadas como condimentos en hoteles y restaurantes, en la preparación de emparedados y pizzas. Recientemente, el consumo de jugo de tomate se está volviendo también muy popular. Durante la producción de tomate para la industria, se debe tener en consideración un conjunto de características importantes, antes, durante y después de el procesamiento. Dentro de ellas, es importante mantener el color rojo intenso natural típico ya que este es uno de los principales atributos. La firmeza del fruto es un factor importante, de modo que se evita el deterioro del producto después de la cosecha y durante el transporte. El pH, en general, no debe exceder a 4 para no alterar el tiempo de esterilización del producto durante el procesamiento. Durante el procesamiento el rendimiento industrial, el aroma, el sabor, el contenido de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix), contenido de sólidos totales, acidez titulable y viscosidad del concentrado, se ven afectados. El

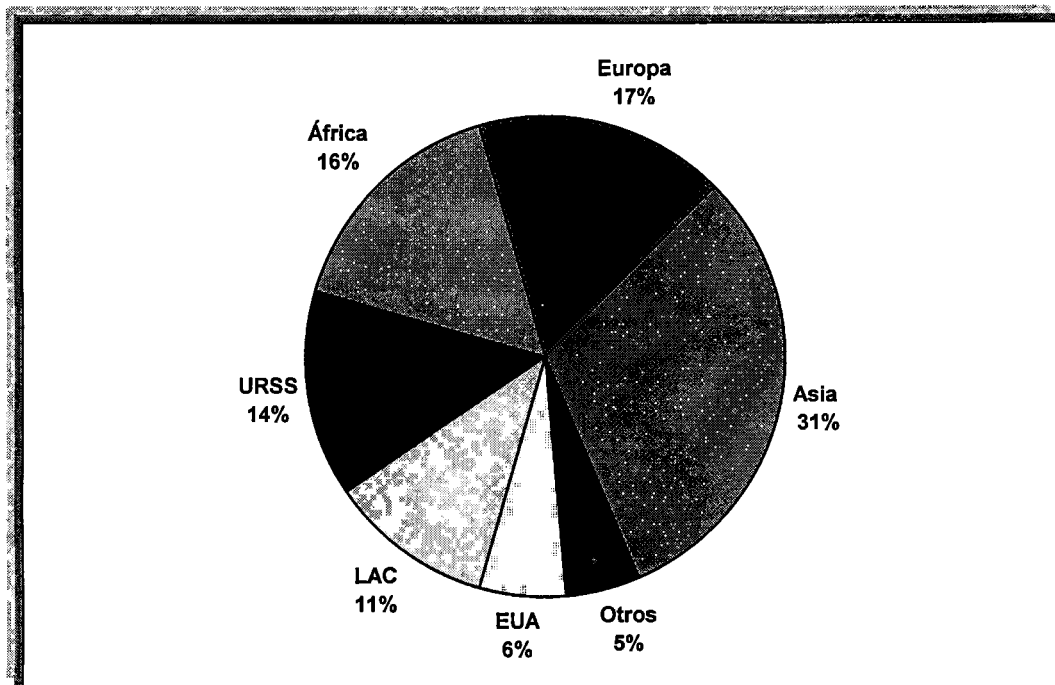
Cuadro 1. Principales países productores de tomate en el mundo.

<b>País</b>	<b>Producción (1000 ton)</b>	<b>Área (1000ha)</b>	<b>Productividad (ton/ha)</b>
EUA	10.2	187	55
URSS	7.1	400	18
Italia	5.8	132	44
Turquía	5.6	150	38
China	5.4	343	16
Egipto	4.8	172	28
España	2.9	65	44
Brasil	2.4	65	37
Rumania	2.2	75	29
México	1.7	78	21
LAC*	6.9	312	17
Mundial	68.3	2,723	25

LAC\* = América Latina y el Caribe

Fuente: FAO, 1992



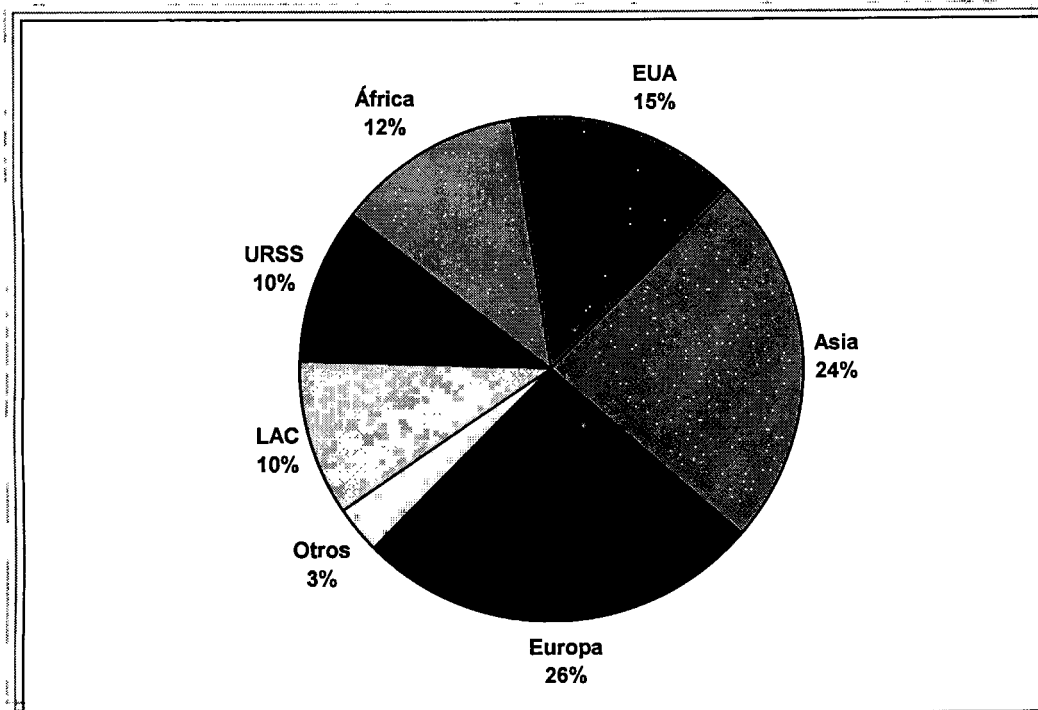


Fuente: FAO, 1992.

Figura 1. Distribución continental de la superficie cultivada con tomate.

Cuadro 2. Producción de tomates en los países de América Latina y el Caribe (LAC) en 1989 (FAO, 1992).

<b>País</b>	<b>Área (1000 ha)</b>	<b>Productividad (ton/ha)</b>	<b>Producción (1000 ton)</b>
Antigua Barbuda	-	8	-
Bahamas	1	13	8
Barbados	-	6	1
Bermuda	-	55	-
Costa Rica	3	7	23
Cuba	33	10	330
República Dominicana	8	20	170
El Salvador	2	14	28
Granada	-	11	-
Guadalupe	-	19	4
Guatemala	20	6	126
Haití	-	16	5
Honduras	4	9	34
Jamaica	1	13	15
Martinica	-	8	3
México	78	21	1.665
Montserrat	-	7	-
Nicaragua	1	42	30
Panamá	2	17	28
Puerto Rico	1	14	15
Trinidad y Tobago	-	11	3
Argentina	32	23	750
Bolivia	4	9	40
Brasil	65	37	2.387
Chile	12	35	410
Colombia	16	23	360
Ecuador	7	18	120
Guyana	1	7	4
Paraguay	3	27	83
Perú	5	17	77
Surinam	-	6	1
Uruguay	14	15	66
Venezuela	11	16	175
<b>LAC*</b>	<b>312</b>	<b>17</b>	<b>6.960</b>
<b>Mundial</b>	<b>2.723</b>	<b>25</b>	<b>68.328</b>



Fuente: FAO, 1992.

Figura 2. Distribución continental de la producción del tomate.

tomate procesado no debe contener microorganismos fermentativos, para no deteriorar el producto durante su almacenamiento. Los tomates se enlatan enteros o en forma de pulpa, pasta o jugo; en el Cuadro 3 se muestra la composición química de algunas hortalizas y en el Cuadro 4 se muestra el contenido de los principales minerales del tomate (FAO, 1992).

### 2.2.1 Vitamina C

El ácido ascórbico, ácido L-ascórbico, ácido L-xilo-ascórbico, ácido L-treo-hexa-2-enónico  $\gamma$ -lactona, son algunos de los nombres con los que es conocida la vitamina C; el nombre implica propiedades escorbúicas. El ácido L-ascórbico está ampliamente distribuido en plantas y animales. Los humanos, otros primates, los cobayos y algunos murciélagos, pájaros y peces carecen de una enzima en el hígado, la L-gulono- $\gamma$ -lactona oxidasa, por lo que no pueden sintetizar el ácido ascórbico y requieren de la vitamina procedente de fuentes exógenas para poder vivir (Othmer, 1998).

Como las células están expuestas de manera continua a la agresión de los radicales libres, existen mecanismos que las protegen del daño. Uno de ellos es la actividad de los diversos tipos de antioxidantes. Dentro de este grupo existen numerosas enzimas que detienen o inactivan los radicales libres como el sistema de la glutatión peroxidasa; también existen metabolitos como la urea y la bilirrubina, y nutrimentos como las vitaminas A, C y E que tienen actividad antioxidante. El ácido ascórbico es el antioxidante más abundante en los líquidos extracelulares; es necesario considerar tanto al ascorbato como al deshidroascorbato, como una forma oxidada que puede ser reducida en algunos tejidos para transformarse nuevamente en su forma activa. Se ha observado que esta sustancia es un eficiente antioxidante del radical superóxido, del peróxido de hidrógeno, del hipoclorito, del radical hidroxilo y del oxígeno singulete, también se ha demostrado que el ascorbato es el antioxidante que evita con mayor eficiencia la peroxidación de lípidos promovida por los radicales del peróxido. La actividad antioxidante de la vitamina C tiene un efecto asociado al de la vitamina E, que también es un

Cuadro 3. Composición química de hortalizas crudas en 100 g de partes normalmente utilizadas para la alimentación.

Hortaliza	Carbohidratos (g)	Proteínas (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)	Ácido ascórbico (mg)	Niacina (mg)	Riboflavina (µg)	Tiamina (µg)	Vit. A (UI)
Lechuga	2.5	1.2	0.2	0.5	8	0.3	60	60	970
Papa	17.1	2.1	0.1	0.5	20	1.5	40	100	-
Camote	26.3	1.7	0.4	0.7	21	0.6	60	100	8,800
Cebolla	8.7	1.5	0.1	0.6	10	0.2	40	30	40
Zanahoria	9.7	1.1	0.2	1.0	8	0.6	50	60	11,000
Espinaca	4.3	3.2	0.3	0.6	51	0.6	200	100	8,100
Frijol	7.1	1.9	0.2	1.0	19	0.5	110	80	600
Sandía	6.4	0.5	0.2	0.3	7	0.2	30	30	590
Melón	7.5	0.7	0.1	0.3	33	0.6	30	40	3,400
Pepino	3.4	1.0	0.2	0.6	12	0.2	40	30	250
Pimentón	4.8	1.2	0.2	1.4	128	0.5	80	80	420
Rabanito	3.6	1.0	0.1	0.7	26	0.3	30	30	10
Repollo	5.4	1.3	0.2	0.8	51	0.3	50	50	130
Coliflor	8.5	3.6	0.6	1.5	172	1.2	260	120	8500
Tomate	4.7	1.1	0.2	0.5	23	0.7	40	60	900

Fuente: Cobbe, 1983.

Cuadro 4. Composición química del tomate en 100 g (Principales minerales).

Producto (100 g)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Sodio (mg)	Potasio (mg)
Verde	6	20	0.6	19	98
Maduro	9	43	1.7	42	209
Extracto	56	132	2.8	117	200
Jugo	2	44	0.7	131	210

Fuente: Fennema, 1976; Franco, 1982.

antioxidante, ya que una vez que se ha inactivado a un radical libre, la vitamina E queda en forma de un radical poco activo, y la vitamina C le dona un átomo de hidrógeno para transformarla nuevamente en vitamina E activa (Tejero, 1994).

### **2.2.1.1 Usos**

La vitamina C es un nutriente esencial para mantener la salud. Los primeros usos que se dieron a esta vitamina fueron para prevenir y tratar el escorbuto. Además, se le relaciona con la prevención de la anemia megaloblástica en infantes alimentados bajo prescripción médica y de otras anemias macrocíticas. Se considera que la dosis diaria es de 60 a 100 mg de ácido L-ascórbico, según el peso corporal y el metabolismo. Los requerimientos para la recuperación de heridas para los procesos curativos normales y traumas se deben a la función que desempeña el ácido ascórbico en la síntesis del colágeno y en el entrecruzamiento de las fibras (Othmer, 1998).

Además de utilizarse en la industria farmacéutica como vitamina debido a que actúa en la prevención y tratamiento de infecciones, también se emplea para mejorar y acelerar la recuperación del resfriado común pues estimula el sistema inmunológico. En la actualidad se estudia la posible intervención de la vitamina C en la prevención, la terapia y el control de cáncer. Recientemente se revisó su intervención en el metabolismo de lípidos y su posible utilidad en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares (Othmer, 1998).

El ácido ascórbico se utiliza ampliamente en la industria como conservador de productos procesados. Por su capacidad oxidante, por sus propiedades reductoras, su capacidad para bloquear nitrosaminas, así como su capacidad para quelar metales del ascorbato, resulta ser de gran uso en carnes curadas, productos fermentados, estabilización de aceites vegetales, grasa animal y margarina, entre otros productos (Boreinstein, 1987).

### **2.2.1.2 Deficiencia de vitamina C**

Durante miles de años la carencia de vitamina C provocó una enfermedad conocida como escorbuto, asolando las poblaciones donde ocurría. Por ser las

frutas y las verduras la fuente más importante de la vitamina, la incidencia del escorbuto aumentaba cuando se carecía de ellas. Los primeros experimentos controlados sobre el escorbuto fueron obra de James Lind, un médico naval inglés, a mediados de la década de 1700, quien demostró de manera contundente que con los cítricos se curaba y prevenía la enfermedad. En la actualidad el escorbuto es poco frecuente en el mundo y suele deberse a la pobreza, alcoholismo, hambre e ignorancia en materia de nutrición (Scheider, 1985).

Entre los primeros síntomas se encuentra la inapetencia, debilidad, dolor de articulaciones y músculos. Pequeñas hemorragias aparecen alrededor de los folículos pilosos. Las encías se inflaman y sangran; a veces se presentan hemorragias en los músculos, alrededor de las articulaciones, en el tubo digestivo, en los ojos o en otros sitios. El paciente no puede realizar trabajo físico, pudiendo ocurrir cambios emocionales. Si no se trata este puede resultar mortal. En lactantes, a los síntomas anteriores se añade la falta de crecimiento, irritabilidad, su cuerpo es hipersensible al contacto físico (Scheider, 1985).

La vitamina C o ácido ascórbico (AcA), es soluble en agua, además de que requiere de algunas hormonas para sintetizarse, neurotransmisores, colágeno y carnitina. La forma natural del AcA en frutas es el L-ácido ascórbico y su concentración varía en diferentes frutas (Cuadro 5) (Hulme, 1970).

## **2.3 Fisiología y bioquímica del tomate**

### **2.3.1 Fisiología del tomate**

Los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo del tomate dependen de las condiciones del clima, del suelo y de las características genéticas de la variedad (Berlijn y col., 1998).

Desde el momento de la siembra hasta la emergencia transcurren entre 6 y 12 días. La temperatura óptima del suelo, para una rápida germinación, es de 20 a 25°C. Desde la emergencia hasta el momento de transplante ocurren entre 30 y 70 días, el tiempo que las plantas permanecen en el semillero depende de la variedad de tomate, de las técnicas de cultivo y de los requisitos de crecimiento. A los 70

Cuadro 5. Concentración del ácido L-ascórbico en diferentes frutas.

Fruta	Ácido ascórbico mg/100 g
Manzana	10-12
Chabacano	7-10
Aguacate	15-20
Plátano	10-30
Cereza	5-8
Granadilla (fruta de la pasión)	25
Uva	40
Guayaba	300
Limón	50
Lima	25
Melón	25-35
Naranja	50
Tangerina	30
Durazno	7
Pera	4
Piña	25
Granada	6
Membrillo	15
Calabaza	10-20
Fresa	60
Tomate	25



días después del trasplante se obtiene la primera cosecha de una variedad precoz. De una variedad tardía, bajo condiciones de crecimiento lento, se obtiene la primera cosecha a los 100 días después del trasplante (Berlijn y col., 1998).

Durante el desarrollo se guía la planta y se efectúan diferentes podas para asegurar una producción de alto volumen y de buena calidad. El tomate es neutro en cuanto a la duración de luz por día. Por lo tanto, florece a su debido tiempo de acuerdo con la edad y desarrollo que tiene. Las temperaturas bajas y un crecimiento exuberante retardan la floración y provocan flores de difícil fecundación (Berlijn y col., 1998).

La coloración del fruto se debe a la acumulación de pigmentos. La temperatura óptima durante la maduración del fruto es de 18 a 24°C. La exposición del fruto al sol puede provocar un blanqueo o quemazón de la piel, por esta razón, se requiere suficiente follaje para la protección de los frutos lo cual favorece una coloración pareja (Berlijn y col., 1998).

### **2.3.2 Bioquímica del tomate**

Botánicamente se clasifica el tomate como *Lycopersicon esculentum*. El género *Lycopersicon* pertenece a la familia de las solanáceas.

Debido a la hibridación y selección entre las especies de *Lycopersicon*, existen varios tipos. Del tomate *Lycopersicon esculentum* se reconocen, por ejemplo, los siguientes tipos botánicos:

- *Comune*: tomate común.
- *Grandifolium*: tomate hoja de papa.
- *Validum*: tomate erecto, arbustivo
- *Cerasiforme*: tomate cereza.
- *Pyriforme*: tomate pera.

## 2.4 Morfología del tomate

El tomate es de estructura herbácea como todas las hortalizas. Morfológicamente, pueden distinguirse las siguientes partes y detalles de la planta (Figura 3):

1. Una planta de tomate del tipo indeterminado con flores y frutos al mismo tiempo.
2. La raíz principal se desarrolla rápidamente a profundidades mayores de un metro. Sin embargo, con el sistema de transplante, el sistema radicular tiende a ser fibroso con muchas raíces laterales hasta 40 cm de profundidad.
3. El tallo es herbáceo, pero algo lignificado en las plantas viejas. La base del tallo principal tiende a formar raíces adventicias.
4. La hoja está formada por varios pares de hojuelas. La superficie es pubescente. Los pelos glandulares se rompen en la poda, manchando la mano del operario.
5. En las axilas de las hojas están las yemas que producen chupones o tallos laterales.
6. En el cogollo nace el racimo que contiene hasta 40 flores. Las flores son bisexuales y se polinizan, principalmente por medio del viento.
7. El pedúnculo de la flor tiene un nudo de abscisión que facilita la recolección cuando el fruto está maduro.
8. El receptáculo de la flor. Entre el pedúnculo y el receptáculo existe otra sección de abscisión que facilita la recolección del fruto.
9. De 3 a 10 sépalos rodean la parte interna de la flor.
10. Los 6 pétalos forman la corola.
11. Las anteras producen polen.
12. El estigma recibe el polen.
13. El estilo sirve de conexión con el ovario.
14. En el ovario se produce la fecundación.
15. Tomate del tipo determinado, a las 3 semanas de transplante.
16. La misma planta a las 7 semanas del trasplante. Los tallos laterales terminan en una floración apical.

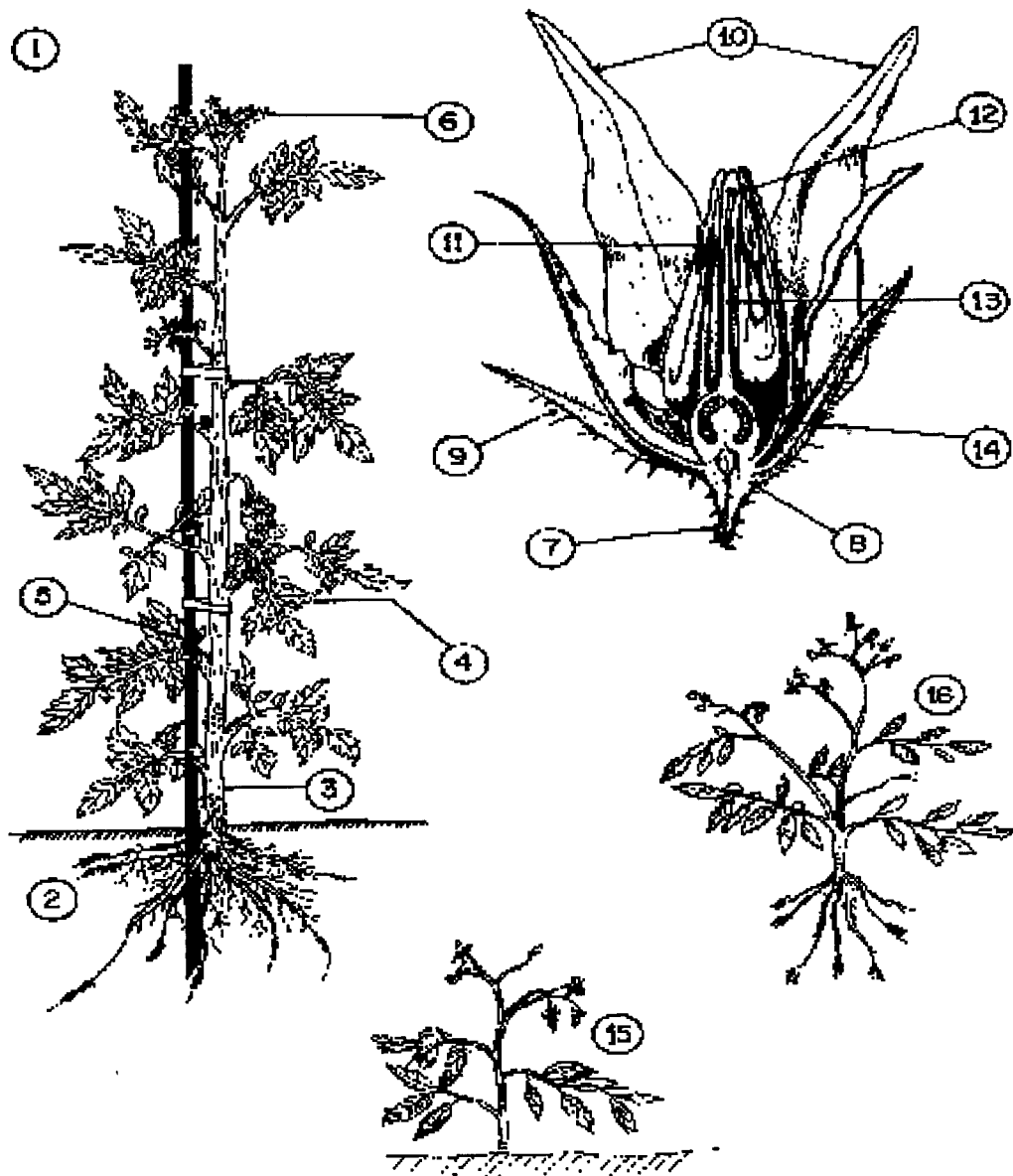


Figura 3. Morfología de la planta de tomate (Berlinj, 1998).

El fruto del tomate puede clasificarse botánicamente según el color de la piel, forma del fruto y la cantidad de celdas o carpelos. Algunos detalles del racimo, de las características de la forma del fruto y de la estructura interna de los mismos son los siguientes (figura 4):

1. Desarrollo sucesivo de las flores y frutos. En un solo racimo pueden haber, al mismo tiempo, flores en floración y frutos en pleno desarrollo. Las flores finales ya no se desarrollan más cuando el racimo está suficientemente cargado de acuerdo al vigor del crecimiento.
2. Fruto de tipo redondo.
3. Fruto de tipo elongado.
4. Fruto de tipo acorazonado.
5. Fruto de tipo pera.
6. Óvulo o pared donde se desarrollan las semillas.
7. Pericarpio. Éste consiste en una carnosidad externa cubierta con la piel o cáscara. La cáscara o piel puede ser rosada, roja o amarilla. El color cambia de acuerdo con el estado de madurez.
8. La placenta. Ésta es la parte central del fruto. Entre el pericarpio y la placenta se encuentran las paredes del ovario y las semillas.
9. Los lóculos o celdas. Estos son los compartimentos que contienen la semilla. La cantidad de celdas tienden a tener mejor consistencia. Por esto, son más apreciados y más adecuados para el consumo fresco.
10. La semilla. La forma de la semilla es plana ovalada, mide entre 1 y 5 mm según la variedad y grado de desecado y está rodeada por una capa mucilaginosa.

## **2.5. Tratamientos térmicos**

El país produce una gran variedad de productos hortícolas de origen tropical, subtropical y templado. En 1987 México aportó 11 millones de toneladas de frutas y 14 millones de toneladas de hortalizas. El manejo en fresco de frutas y hortalizas presenta considerables pérdidas del producto debido al carácter perecedero de éste. Las Naciones Unidas en 1977 y la Academia Nacional de Ciencias en Estados Unidos en 1978, estimaron pérdidas postcosecha de frutas y hortalizas del

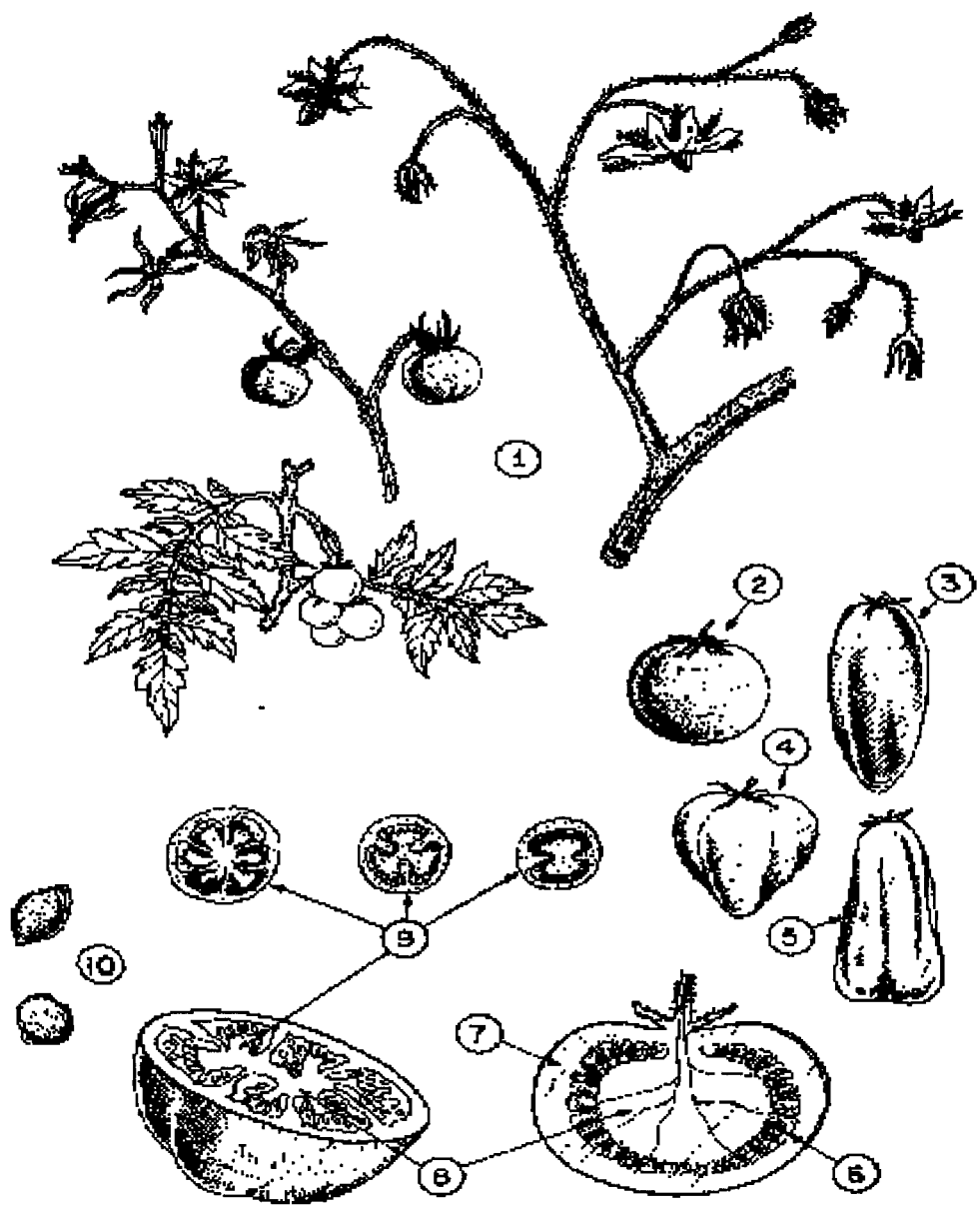


Figura 4. Morfología del tomate (Berlinj, 1998).

orden de 5 a 25% en países desarrollados y de 20 a 60% en países en vías de desarrollo (Yahia e Higuera, 1991).

Por lo tanto, es muy importante el tratar de reducir las pérdidas postcosecha para beneficio de la economía de los países y de la nutrición adecuada de la sociedad (Carrillo y Félix, 1996).

Durante los pasados años se ha incrementado el uso de los tratamientos postcosecha para el control de insectos, prevenir la putrefacción por hongos y daño durante el almacenamiento o temperaturas extremas, por su comodidad, además de ser una respuesta a la demanda para sustituir los tratamientos químicos por los físicos (Lurie, 1998).

Los tratamientos con calor que matan a los insectos son más severos que los tratamientos de calor usados para el control de enfermedades postcosecha. El efecto de cada tratamiento térmico está en función de las características de transferencia de calor del fruto, tamaño, forma, tipo de contenedor del fruto y la densidad del tejido del fruto. La inmersión en agua a temperatura controlada o los tratamientos con aire forzado húmedo pueden ser alternativas para aquellos frutos sensibles al calor (Armstrong, 1992).

### **2.5.1. Importancia**

Actualmente la Agencia para la Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), ha impuesto la realización de estudios de seguridad los cuales han hecho difícil el registro para muchos agentes químicos agrícolas. Algunos fumigantes actualmente están prohibidos, entre ellos el dibromuro de etileno, el cual fue desarrollado y usado para el control de insectos durante los pasados 20 a 50 años. Estas restricciones de regulación también incrementan el costo de desarrollo de nuevos fumigantes químicos como consecuencia, de nuevo ha surgido el interés en la desinfestación con calor como una respuesta a ese problema (Carrillo y Félix, 1996).

## **2.5.2. Usos**

Los tratamientos con calor han sido usados para controlar enfermedades fúngicas e infestaciones por insectos en frutas desde hace muchos años. Sin embargo, por el éxito de los compuestos químicos al aplicarse como insecticidas, fungicidas o fumigantes, por su fácil y económica aplicación, el interés en los tratamientos térmicos disminuyó (Carrillo y Félix, 1996).

El calor puede ser aplicado a las frutas y hortalizas en diferentes formas: por exposición con agua caliente, vapor saturado (caliente), por aire seco caliente, por irradiación infrarroja y radiación por microondas. Todos ellos han sido sugeridos y usados experimentalmente, pero los sistemas utilizados comercialmente son el vapor caliente o agua caliente (Couey, 1989).

## **2.5.3 Efectos de los tratamientos térmicos**

### **2.5.3.1 Efectos positivos**

El empleo de fungicidas químicos para la desinfestación de insectos cada vez es menor, en la actualidad el uso de tratamientos físicos se abre paso para combatir estas infestaciones utilizando especialmente tratamientos con frío y calor. Klein y Lurie (1991) y Paull (1990) realizaron estudios que demostraron que el uso de tratamientos térmicos disminuye el desorden ocurrido durante el almacenamiento y aceleran la maduración (McDonald y McCollum, 1998).

Los tratamientos térmicos tienen la ventaja de proporcionar una acción insecticida y fúngica efectiva. Presentan una facilidad de aplicación y ausencia de residuo químico (Carrillo y Félix, 1996).

### **2.5.3.2 Efectos negativos**

El principal efecto negativo es el daño potencial a la fruta, por otra parte el costo inicial de aplicación relativamente alto son las principales desventajas que presentan los tratamientos térmicos (Carrillo y Félix, 1996).

Los tratamientos con calor se parecen en mucho a los aplicados con frío pues ambos pueden causar severo estrés en los productos frescos (McDonald y McCollum, 1998).

Aunque el calor es considerado como un tratamiento físico no contaminante que retrasa la maduración, reduciendo la sensibilidad a bajas temperaturas y que además controla la actividad de algunos agentes parásitos, las elevadas temperaturas pueden disminuir la calidad de algunos frutos causando la destrucción del tejido y provocando alteraciones fisiológicas (Sozzi y col., 1996).

#### **2.5.4 Efectos sobre vitaminas**

Puesto que el ácido ascórbico es soluble en agua, se pierde fácilmente por lixiviación de las superficies cortadas o trituradas de los alimentos (Fennema, 1985).

La mayoría de los vegetales son cocinados antes de ser consumidos, en esta etapa pueden ocurrir pérdidas de ácido ascórbico. Los vegetales con alto contenido de almidón, por ejemplo, pueden perder entre el 40 y el 80% de su ácido ascórbico durante la cocción y otros vegetales generalmente sufren pérdidas alrededor de este mismo rango. Dos factores que influyen en las pérdidas durante la cocción son: solubilización de la vitamina en el agua de cocción, proceso que puede ser grandemente eliminado por usar vapor y la destrucción oxidativa, la cual puede ser catalizada por enzimas durante el periodo de calentamiento, la enzima puede ser inactivada previamente. Se recomienda la introducción del vegetal en agua ya hervida como un medio para reducir las pérdidas de vitamina C durante el proceso de cocción (Duckworth, 1996).

La pérdida de la vitamina C ocurre en el congelado de los alimentos durante el almacenamiento, el rango de la pérdida de esta vitamina es comúnmente más rápido en alimentos congelados que en alimentos enlatados. Desde el punto de vista nutricional la pérdida de vitamina C en alimentos procesados es más lenta que en los alimentos frescos (Labuza y Erdman, 1984).

En general la disminución en el contenido de ácido ascórbico es más rápida a temperaturas de almacenamiento más elevadas. Esta tendencia se encontró en



los tomates y espárragos (Scott y Kramer, 1949a y 1949b). Sin embargo, Craft y Heinzen (1954) demostraron que no se registraba un cambio pronunciado en el nivel de ácido ascórbico en frutos de tomate con las temperaturas de almacenamiento de 8 a 10°C (Pantástico, 1979).

### **2.5.5 Tratamientos térmicos en tomates**

Los tomates sufren disfunciones fisiológicas cuando son expuestos a temperaturas cercanas a 30°C. El daño puede deberse a la exposición continua por algunos días en un rango de temperatura de 30-40°C o por exposición aguda por corto tiempo de 4-8 hrs a temperaturas de 40-50°C. Cabe hacer mención que existen más trabajos de investigación para entender el daño por frío que el daño causado por el empleo de altas temperaturas, debido, probablemente a que el daño por altas temperaturas puede evitarse utilizando adecuadas prácticas de manejo. El síntoma anormal de madurez más aparente al exponer el fruto a elevadas temperaturas es la inhibición de la síntesis de licopeno y la drástica disminución de etileno. Salveit y Cabrera en 1987 mostraron que la exposición de tomate por cortos periodos tiene efecto negativo sobre el fruto al madurar a 20°C después de 4-8 días (Sozzi y col., 1996).

Los tratamientos con calor muestran un incremento en la tolerancia al daño severo observándose esto en el tejido sensible; en tratamientos en condiciones de elevadas temperaturas para reducir el daño por frío se han encontrado dos categorías: largo tiempo de 12 horas a 4 días entre 38 y 40°C utilizando aire y corto tiempo el cual va por encima de 1 hora entre 45 y 60°C en agua. Se ha encontrado que en tomates verde-maduro sujetos a temperaturas de 36-40°C por tres días y después almacenados a 2°C, no se desarrolla daño por frío, mientras que en tomates que presentan poco daño según reporta McDonald en 1996 expuestos a cualquiera de las condiciones especificadas en las dos categorías y almacenadas a 2°C para posteriormente ser transferidas a condiciones de 20°C, observaron una maduración normal sin que se vea afectada su calidad y alcanzándose el color rojo característico. Whitaker en 1994 encontró una madurez parcial en tomates

verde-maduro almacenados a bajas temperaturas, es muy posible que se reduzca el daño por frío más que en tratamientos térmicos puesto que en ellos se ve afectada su tolerancia y habilidad para madurar normalmente (McDonald y McCollum, 1998)

Durante el almacenamiento, los cambios en acidez pueden variar de acuerdo con la madurez y la temperatura de almacenamiento. En los tomates por lo regular los frutos inmaduros tienen un contenido de ácido mayor que los relativamente maduros. El almacenamiento a 21.1°C produjo un ligero incremento en la acidez de frutos inmaduros muy pequeños después de dos semanas. Frutos almacenados a 10°C mostraron la misma tendencia, pero el aumento de acidez se produjo después de 3 semanas. Los frutos verde-maduros y los que estaban cambiando de color también aumentaron su acidez durante el almacenamiento, coincidiendo el incremento con el patrón climatérico. Winsor (1962) encontró que la acidez titulable disminuyó en los tomates rojo-naranja mantenidos a temperatura ambiente durante 6 días. Por lo tanto los tomates madurados en almacén no alcanzan el contenido de ácido ascórbico de los frutos que se maduran en la planta (Pantástico, 1979).

#### **2.5.5.1 Usos de los tratamientos térmicos en tomates**

Los tratamientos cortos con calor han dado muy buenos resultados en la erradicación de infecciones latentes o incipientes en varios frutos. El principio que interviene es que las células huéspedes tienen mayor tolerancia al calor que los microorganismos patógenos. Como sólo se calientan los tejidos superficiales del hospedante, no es necesario un aumento considerable en los requerimientos de refrigeración del producto. El agua es el mejor medio para la transferencia de calor, debido a su disponibilidad, capacidad calórica y a que no deja residuos en los frutos. El vapor a baja presión puede resultar ventajoso si no es conveniente remover el producto de las cajas de recolección para tratarlo (Kushman y Cooley, 1949).

El vapor es un medio muy eficaz de transferencia de calor, debido al calor latente transferido al producto cuando el agua se condensa en la superficie, pero el problema de regular en forma precisa la temperatura resulta difícil. El aire caliente

no es útil en la mayoría de los productos frescos debido a las pérdidas excesivas de agua que provoca en ellos (Pantástico, 1979).

En 1920, se demostró que las infecciones incipientes de *Phytophthora spp.* en tomates verde-maduros, podían ser inactivadas sumergiendo el fruto en agua caliente a 60°C durante 1.58 min siempre que la infección no hubiera penetrado mucho en los tejidos del fruto. La mayoría de las recomendaciones para el control de enfermedades han incluido la inmersión de los frutos en agua caliente a una temperatura de 48.9 a 55.0°C durante 2 a 5 min. Sin embargo, es necesario consultar con exactitud temperaturas y tiempo de exposición, ya que para un control efectivo de la enfermedad, con frecuencia se acercan mucho al límite que puede dañar el producto (Pantástico, 1979).

#### **2.5.5.2 Efectos**

Las altas temperaturas representan quizá el factor más crítico en el mantenimiento de la calidad. El tomate es resistente a temperaturas de hasta 45°C. Se pueden observar efectos primarios indirectos por altas temperaturas, tales como la inhibición de la síntesis de algunos pigmentos durante el almacenamiento, escaldado, lesiones, y degradación de proteína. A 32-38°C, sólo se desarrolla la pigmentación amarilla, esto debido a la inhibición de la síntesis del licopeno, algunos tomates también ven disminuida su actividad pectinolítica enzimática. Los daños secundarios son la desecación común debida a la transpiración, por la difusión constante de agua y el incremento de la presión de vapor entre el producto y el medio circundante (Kays, 1991).

### **III. JUSTIFICACIÓN**

Las frutas y hortalizas en fresco tienen un lugar importante dentro del mercado no sólo nacional sino internacional ya que contribuyen en gran medida a la nutrición de millones de personas; el valor nutritivo está afectado por varios factores tales como las condiciones de desarrollo, la madurez, el manejo postcosecha, etc. Las frutas y hortalizas contribuyen con alrededor del 90% de ácido ascórbico pero éste es muy susceptible a pérdida.

Las pérdidas anuales de las frutas y hortalizas se deben en gran medida a las infestaciones de las cuales son objeto. Para dar solución a este problema se ha propuesto el empleo de tratamientos térmicos dada su efectividad para combatir dichas infestaciones. Por su acción fúngica así como insecticida el tratamiento térmico ha permitido abandonar los fungicidas químicos dadas las desventajas que conlleva el empleo de los mismos.

Se ha reportado que cuando los tratamientos térmicos son aplicados correctamente los frutos responden de diferentes formas al tratamiento, en tomates extienden la vida de almacenamiento y disminuyen las pérdidas económicas.

Por lo mencionado con anterioridad los tratamientos térmicos han llegado a ser fuente de investigación para la aplicación en beneficio de la humanidad.

### **IV. HIPÓTESIS**

Los tratamientos térmicos disminuyen el contenido de vitamina C en los frutos de tomates.

## V. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General

Determinar el efecto de los tratamientos térmicos y el tiempo de almacenamiento a 6 y 12°C sobre el contenido de vitamina C.

### 5.2 Objetivos Particulares

- Determinar los cambios en la calidad de los tomates tratados térmicamente y almacenados a 6 y 12°C.
- Determinar el contenido de vitamina C en los tomates tratados térmicamente y almacenados a 6 y 12°C.
- Determinar el efecto de los tratamientos térmicos sobre la incidencia del daño por frío.

## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 MATERIALES

#### 6.1.1 Materia prima

Se utilizaron tomates (*Lycopersicon esculentum* variedad Trust) cosechados en los invernaderos de AGROS los cuales se encuentran ubicados en Colón, Querétaro. Los tomates fueron cosechados en estado de madurez fisiológica y trasladados al laboratorio.

En el Cuadro 6 se presentan los pesos promedios y error estándar de los tomates utilizados. Como se puede ver, se trabajó con tomates que pesaban entre 170 y 177 g en promedio.

Cuadro 6. Pesos promedios y error estándar de los tomates utilizados.

TRATAMIENTOS	INICIALES	C6*	T6*	C12*	T12*
PESO PROMEDIO (g)	173.045	176.210	170.542	174.950	177.078
ERROR ESTÁNDAR	0.392	0.316	0.413	0.266	0.419

\*C6 = No tratado y almacenado a 6°C, T6 = Tratado y almacenado a 6°C, C12 = No tratado y almacenado a 12°C, T12 = Tratado y almacenado a 12°C

### 6.2 MÉTODOS

#### 6.2.1 Preparación de la materia prima

Los tomates fueron lavados, secados y posteriormente seleccionados para asignarlos a cuatro diferentes lotes. Una vez integrados, se procedió a clasificarlos, asignándoseles una letra, Control (C), o Tratado (T), y un número del 1 al 95 de acuerdo al lote, además se les asignó otro número de acuerdo a la temperatura de almacenamiento (6 y 12°C).

## 6.2.2 Tratamientos térmicos

Para el tratamiento se utilizó una cámara controlada. Los frutos por tratar se expusieron a una temperatura de 38°C por 24 horas y 50% de humedad relativa. Una vez transcurrido el tiempo de tratamiento los frutos fueron sacados de la cámara. Posteriormente, los frutos tratados y los frutos control se almacenaron a 6 y 12°C.

## 6.2.3 Evaluaciones

Se realizaron evaluaciones iniciales identificadas como día cero, en las que se midieron, daño causado por el tratamiento térmico, peso, color, textura, sólidos solubles, ácido ascórbico y humedad. Dos lotes (uno tratado y otro control) se almacenaron a 6°C y una humedad relativa de 73%, mientras que otros 2 lotes (tratados y control) fueron almacenados a 12°C y una humedad relativa de 78%. Cada tres días se sacaron 10 frutos de cada uno de los 4 lotes y se dejaron 48 horas a temperatura ambiente para posteriormente realizar las mismas evaluaciones que el día cero.

### 6.3.3.1 Evaluación de los daños causados por el tratamiento

La evaluación del daño en los frutos se realizó de forma visual, después de recibir el tratamiento térmico y posteriormente en cada una de las fechas de muestreo, en frutos almacenados a 6 y 12°C.

### 6.2.3.2 Determinación de la pérdida de peso

Los tomates fueron pesados en balanza analítica antes de someterlos a tratamiento y posteriormente fueron evaluados 10 frutos por lote cada tres días. Los cálculos fueron realizados por diferencia de peso. Para determinar la pérdida de peso, se empleó la siguiente fórmula:

$$\left( \frac{P_f - P_i}{P_f} \right) (100)$$

En donde:  $P_f$  es el peso final y  
 $P_i$  es el peso inicial

### 6.2.3.3 Medición de color

Se midieron los parámetros correspondientes al color con el colorímetro marca Minolta, modelo CM-2002. El valor  $a^*$  nos indica el cambio de verde (valores negativos) a rojo (valores positivos),  $b^*$  indica el cambio de color de azul a amarillo,  $L^*$  es la luminosidad la cual va en una escala de 0-100 e indica si el producto es claro u oscuro. Con los valores anteriores se calculó el ángulo de matiz ( $h^\circ$ ) el cual indica el color que adquiere el fruto y Croma ( $C^*$ ) que indica la intensidad del color del fruto y la diferencia total de color ( $\Delta E$ ). Los cálculos se realizaron mediante las siguientes fórmulas (Minolta, 1993):

$$h^\circ = \arctang(b^* / a^*)$$

$$\text{Croma} = (a^2 + b^2)^{1/2}$$

$$\Delta E = (\Delta a^* + \Delta b^* + \Delta L^*)^{1/2}$$

En donde las diferencias ( $\Delta$ ) de  $a^*$ ,  $b^*$  y  $L^*$  están dadas por la lectura final de cada parámetro menos la lectura inicial respectiva.

Para realizar la medición de color, se utilizó el fruto entero y se evaluaron tres posiciones, una en la parte superior junto al pedúnculo, otra en el extremo opuesto y la tercera en el centro del fruto.

### 6.2.3.4 Medición de la textura

Para esta medición se empleó un texturómetro modelo TA-XT2 el cual opera con un micro sistema XTRAD versión 5.15. Las condiciones utilizadas fueron: velocidad de prueba 1 mm/seg, distancia de ruptura de 8 mm, punta de 2 mm, área de contacto de 1 mm<sup>2</sup>, punto de adquisición de 200 pps y fuerza de contacto de 0.049 N, de igual forma que en la medición de color se consideraron las 3 posiciones citadas. Previo a la lectura de la textura se retiró la cutícula en el área



de medición. La fuerza de penetración se reportó en Newtons (N).

#### **6.2.3.5 Medición de los Sólidos Solubles Totales**

Para la realización de esta medición se utilizó un refractómetro manual, marca ATAGO, ATC-1. Los tomates se partieron por la mitad, se tomó una de las mitades y se exprimió para obtener el jugo y así realizar la lectura, reportada como °Bx.

#### **6.2.3.6 Determinación de ácido ascórbico**

Se determinó por el método descrito por Augustin y col. (1981), complementado con el método descrito por Zapata y Dufour (1992).

##### **6.2.3.6.1 Curva de calibración**

Se prepararon muestras estándar de ácido ascórbico y diluidas a 20 mg por 100 mL en HPO<sub>3</sub> al 6 % (200 µg/mL). Se prepararon diluciones a concentraciones de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 µg/mL. Para construir la curva estándar, se graficó la concentración de ácido ascórbico contra el área del pico.

Para la preparación de la muestra, se pesaron 2 g de tejido fresco, los cuales fueron macerados en 10 mL de citrato (0.1 M), 0.05% de EDTA y 5% de metanol con pH de 2.35-2.4. Se utilizó un homogeneizador marca Kia. El producto de esta homogeneización se centrifugó a 15700g por 20 min, el sobrenadante se filtró a través de un papel Whatman No. 2 y posteriormente con una membrana 0.45 µm tipo HVLP y finalmente a través de un cartucho Sep-Pak C<sub>18</sub> de 3 cc (Waters Corporation, Milford, Massachusetts, USA). Antes de utilizar dichos cartuchos, los mismos se activaron inicialmente con 2 mL de metanol grado HPLC e inmediatamente fueron lavados con agua grado HPLC. La muestra filtrada fue recolectada en un vial ámbar para finalmente ser analizada por HPLC. Las muestras se inyectaban de manera manual (20 µL) usando una jeringa de punta roma y los resultados obtenidos se registraban e integraban sobre la curva estándar a una longitud de onda de 254 nm.

Como fase móvil, se utilizó formiato de tridecilamonio en 40/60 v/v agua/metanol, con un pH = 3.5, preparado de la siguiente forma: 220 mg de tridecilamina se disolvieron en 600 mL de metanol y posteriormente 400 mL de agua grado HPLC, para regular finalmente el pH con ácido fórmico. Una vez preparada la solución, se filtraba en un matraz Kitazato usando una membrana de acetato de celulosa Sartorius de 0.45  $\mu$ m de porosidad.

Las lecturas de las muestras y la fase móvil se realizaron en un equipo HPLC Waters 510, equipado con un detector de arreglo de diodos y columna empacada  $\mu$ Bonda-Pak C<sub>18</sub> (3.9 x 150 mm) marca Waters. Se utilizó el modo isocrático de elución, una longitud de onda de 254 nm, una velocidad de flujo de 0.5mL/min, un tiempo de corrida de 10 minutos, un volumen de inyección de 20  $\mu$ L.

#### **6.2.3.7 Determinación de materia seca**

Se pesaron aproximadamente 10 g de tomate en cápsulas a peso constante, para posteriormente dejarse secar a 65-70°C hasta obtener peso constante. Para los cálculos de humedad se determinaron las diferencias de peso y se multiplicó por cien.

### **6.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se seleccionaron frutos en estado de madurez fisiológica de manera aleatoria y se clasificaron en cuatro lotes (Control y Tratados), posteriormente se marcaron. En dos lotes se efectuó un tratamiento térmico, en el cual los frutos se expusieron a una temperatura de 38°C por 24 horas a 50% de humedad relativa. Posteriormente los frutos tratados y los frutos control, se almacenaron en dos condiciones diferentes (6 y 12°C).

Se realizaron muestreos y análisis en diferentes tiempos (cada tres días desde 0 hasta 27 días). En cada fecha se hicieron un muestreo de 40 frutos (10 frutos de cada lote).

Durante las evaluaciones, se realizaron 30 mediciones de color por lote, así como también en textura (3 mediciones por fruto). La pérdida de peso se determinó

en los 10 frutos de cada lote. La determinación de humedad se realizó por duplicado en dos frutos de cada lote. El ácido ascórbico se cuantificó por triplicado en dos de los frutos seleccionados al azar de cada uno de los lotes.

El análisis de resultados se llevó a cabo mediante estadística descriptiva.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1.1 Cambios de temperatura durante el tratamiento.

En la Figura 5 se muestran los cambios de temperatura durante el tratamiento. En ella se observa que las temperaturas de entrada y salida del aire en la cámara, superficie y pulpa del fruto se comportan de manera homogénea. Los valores aproximados registrados al inicio para cada una son 35, 28, 22 y 20°C respectivamente. En general se puede observar que en las primeras 4 horas, el comportamiento es ascendente y se alcanza la máxima lectura alrededor de 40°C por la temperatura de entrada; en los siguientes minutos se registra un descenso en las temperaturas de entrada y salida, registrándose valores aproximados a 38 y 39°C. Las temperaturas de la superficie y de la pulpa descienden a valores de entre 36 y 38°C. Posteriormente las cuatro temperaturas se mantienen constantes; la temperatura de entrada, salida y superficie oscilan entre 38 y 39°C, mientras que la temperatura de la pulpa oscila entre 37 y 38°C.

### 7.1.2 Daños causados por el tratamiento

Los tomates al salir de la cámara, se observaron blandos. Durante los primeros días del experimento los tomates tratados y almacenados a 6°C se observaron más verdes respecto a los controles, en cuanto a la textura era aun blanda. Los tomates tratados y almacenados a 12°C evolucionaron más homogéneamente en el color respecto de su control. El retardo o inhibición de la coloración normal en los tomates tratados se debe al tratamiento térmico ya que los frutos son sensibles al calor, el cual afecta su metabolismo (Kays, 1991).

En fechas intermedias (de los 11 a los 21 días), los tomates tratados y almacenados a 6°C presentan una coloración de amarilla a anaranjada. Los tomates tratados y almacenados a 12°C con respecto a su control muestran un retraso en el desarrollo de color durante los días de almacenamiento.

La textura de los tomates almacenados a 6°C resultó ser la más blanda de los cuatro lotes. Los tomates control almacenados a 12°C se mantuvieron más firmes. Los tomates más afectados juzgando por su apariencia resultaron ser los

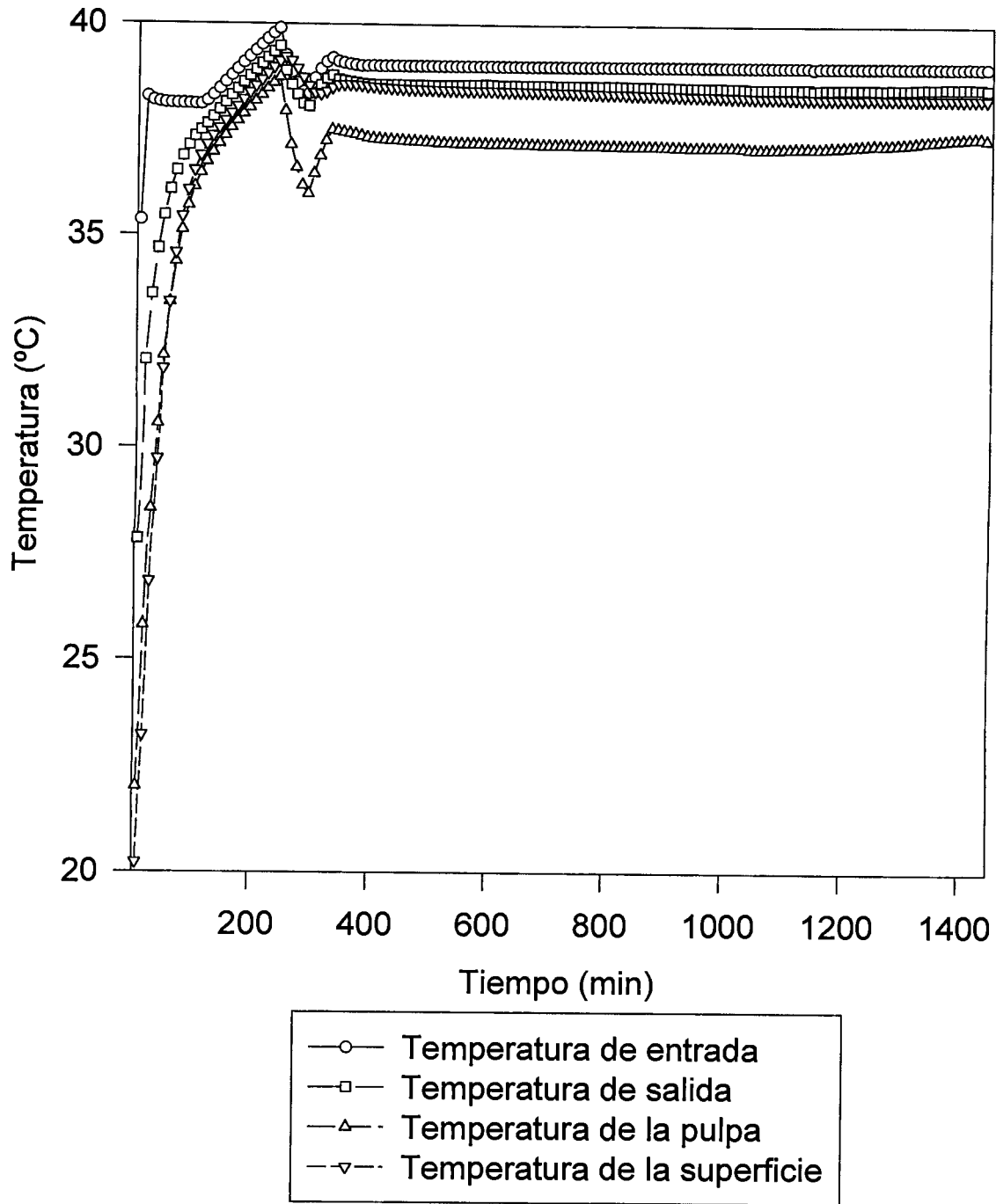


Figura 5. Cambios en las temperaturas de entrada y salida del aire en la cámara, y temperatura de la pulpa y de la superficie del fruto.

tratados y almacenados a 6°C. Paull y Armstrong reportaron en 1994 que el exponer diferentes productos a tratamientos térmicos les causa daño, y que algunos de estos daños se desarrollan cuando se almacenan a bajas temperaturas después del tratamiento.

No se observó daño por frío, lo cual concuerda con Lurie y Klein (1991) y Salveit (1991) quienes reportaron que los tratamientos con calor reducen el daño por frío. Sin embargo tampoco se presentó daño por frío en los frutos control en el presente trabajo, aunque Lurie y Klein (1991) trataron los tomates verde-maduro por 3 días a temperatura de entre 36 y 40°C y almacenaron a 2°C, mientras que en este trabajo se almacenó a 6 y 12°C.

### **7.1.3 Pérdida de Peso**

La Figura 6 muestra los cambios en la pérdida de peso (%) en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. Los tomates control y almacenados a 6°C muestran una tendencia a incrementar la pérdida de peso, obteniéndose valores desde 0 hasta 4.5% aproximadamente. En los tomates tratados y almacenados a 6°C se observa la misma tendencia a incrementar la pérdida de peso alcanzando valores aproximados al 6%. Los tomates control y tratados almacenados a 12°C presentaron un comportamiento ascendente obteniéndose valores finales aproximados al 5% en la pérdida de peso.

Cabe hacer mención que los tomates sujetos a tratamiento registraron los valores más altos en la pérdida de peso, respecto a los frutos control, además se puede observar que la mayor pérdida de peso se obtuvo en los primeros 3 días de almacenamiento, teniéndose valores aproximados al 3.2% para los frutos control y del 5% para los frutos tratados.

El comportamiento de la pérdida de peso, observado en el presente trabajo es similar al ocurrido en el estudio de Auserwald y col. en 1999, quienes emplearon tomates variedad "Mill." los cuales fueron seleccionados considerando uniformidad

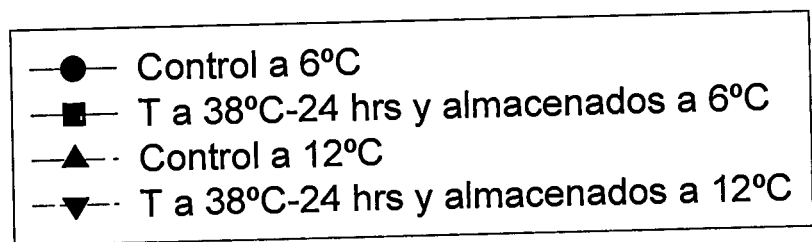
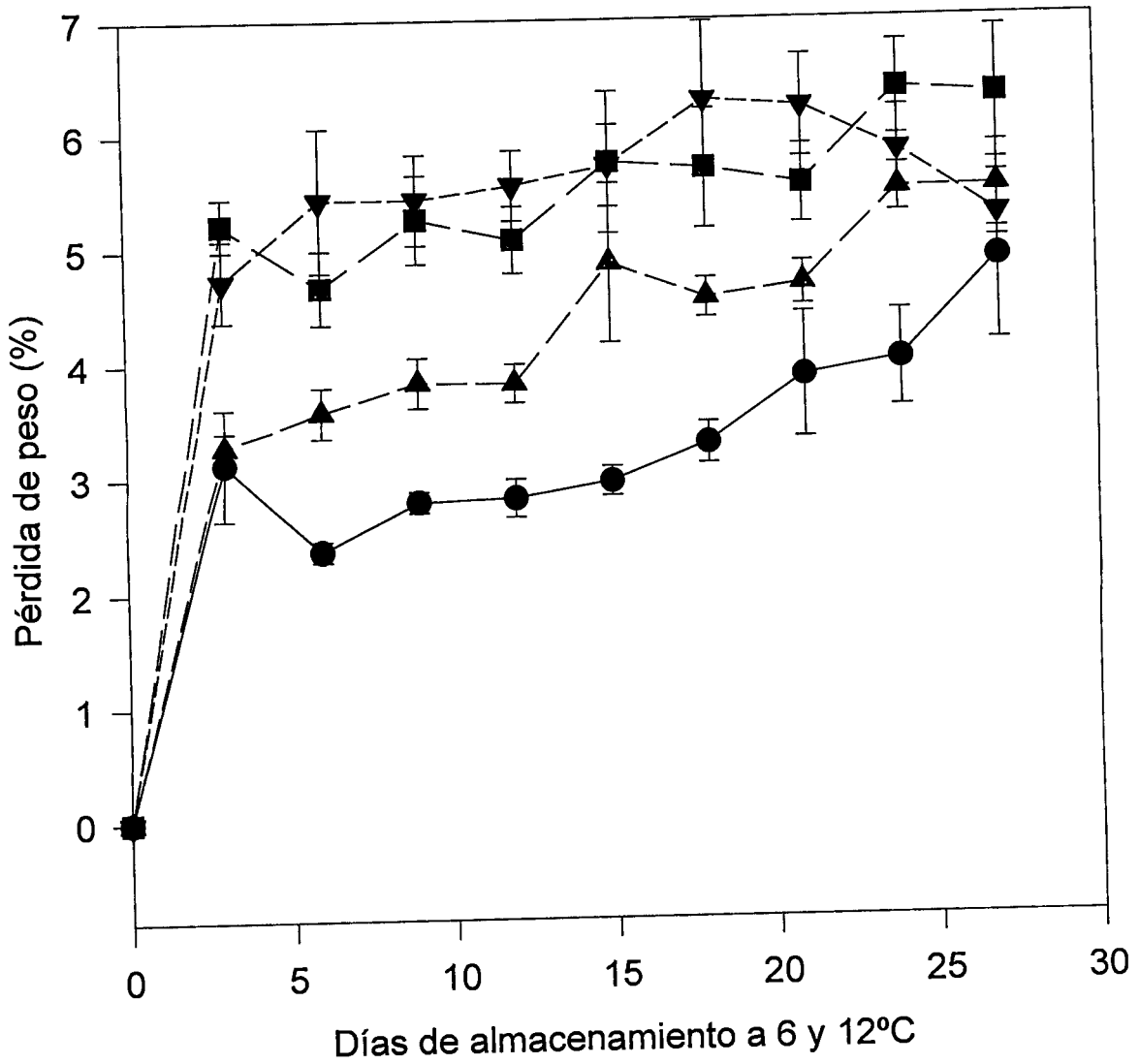


Figura 6. Cambios en la pérdida de peso (%) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 10 mediciones (1 medición por fruto).

en el estado de madurez, color, forma y tamaño; el peso de los frutos fue  $72.8 \pm 8.2$  g. Éstos frutos se mantuvieron por 7 días en un cuarto a  $20^{\circ}\text{C}$ , 55% de humedad relativa y una velocidad de aire menor a  $0.1 \text{ ms}^{-1}$ . Las condiciones fueron considerando el manejo durante la venta y situaciones en el hogar. Las evaluaciones se realizaron a los 4 y 7 días después de ser cosechados. En los dos trabajos se observa un incremento en la pérdida de peso a medida que transcurren los días de almacenamiento, pero la pérdida de peso reportada por Auserwald y col. que fue de 1.27% en el día 4 y 1.87% en el día 12, es menor dado que las condiciones no son las mismas, pues no se aplicó un tratamiento térmico previo.

#### **7.1.4 Cambios en color**

En la Figura 7 se muestran los cambios en el valor de  $a^*$  en tomates control y tratados térmicamente a  $38^{\circ}\text{C}$  por 24 hrs, almacenados a 6 y  $12^{\circ}\text{C}$ . Los frutos control almacenados a  $6^{\circ}\text{C}$  presentaron valores aproximados de  $a^*$  de -6 hasta 9. Los valores registrados por los tomates tratados y almacenados a  $6^{\circ}\text{C}$  resultaron ser los más bajos, alcanzando en el día 27 el valor máximo de -1. Los tomates control almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$  muestran un comportamiento ascendente registrándose valores en  $a^*$  que van desde -6 hasta 18.5. El comportamiento del lote de tomates tratados y almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$ , presentó un incremento paulatino en los valores de  $a^*$  encontrándose valores desde -6 hasta 17.5. El incremento en el valor de  $a^*$  indica cómo el fruto va cambiando de un color verde para valores negativos a rojo para valores positivos.

Lurie y col. (1996) utilizaron tomates variedad "Daniela". Formaron cuatro lotes: el primero fue almacenado a  $2^{\circ}\text{C}$ , el segundo se almacenó a  $20^{\circ}\text{C}$ , el tercero y el cuarto fueron tratados con calor por 3 días a  $38^{\circ}\text{C}$ , después uno de los lotes se trasladó a  $2^{\circ}\text{C}$  y el otro a  $20^{\circ}\text{C}$ . Se observó un incremento en el valor de  $a^*$ , siendo para los tomates no tratados y almacenados a  $20^{\circ}\text{C}$  desde -11 hasta 7, mientras que los tratados registran valores de -10 a 0. La temperatura más baja de almacenamiento ( $2^{\circ}\text{C}$ ) presentó un incremento en  $a^*$  pero de forma más lenta reportando valores de alrededor de -10 para tomates tratados, concluyendo que en los tomates verde-maduro el tratamiento térmico afectó el desarrollo de color, así



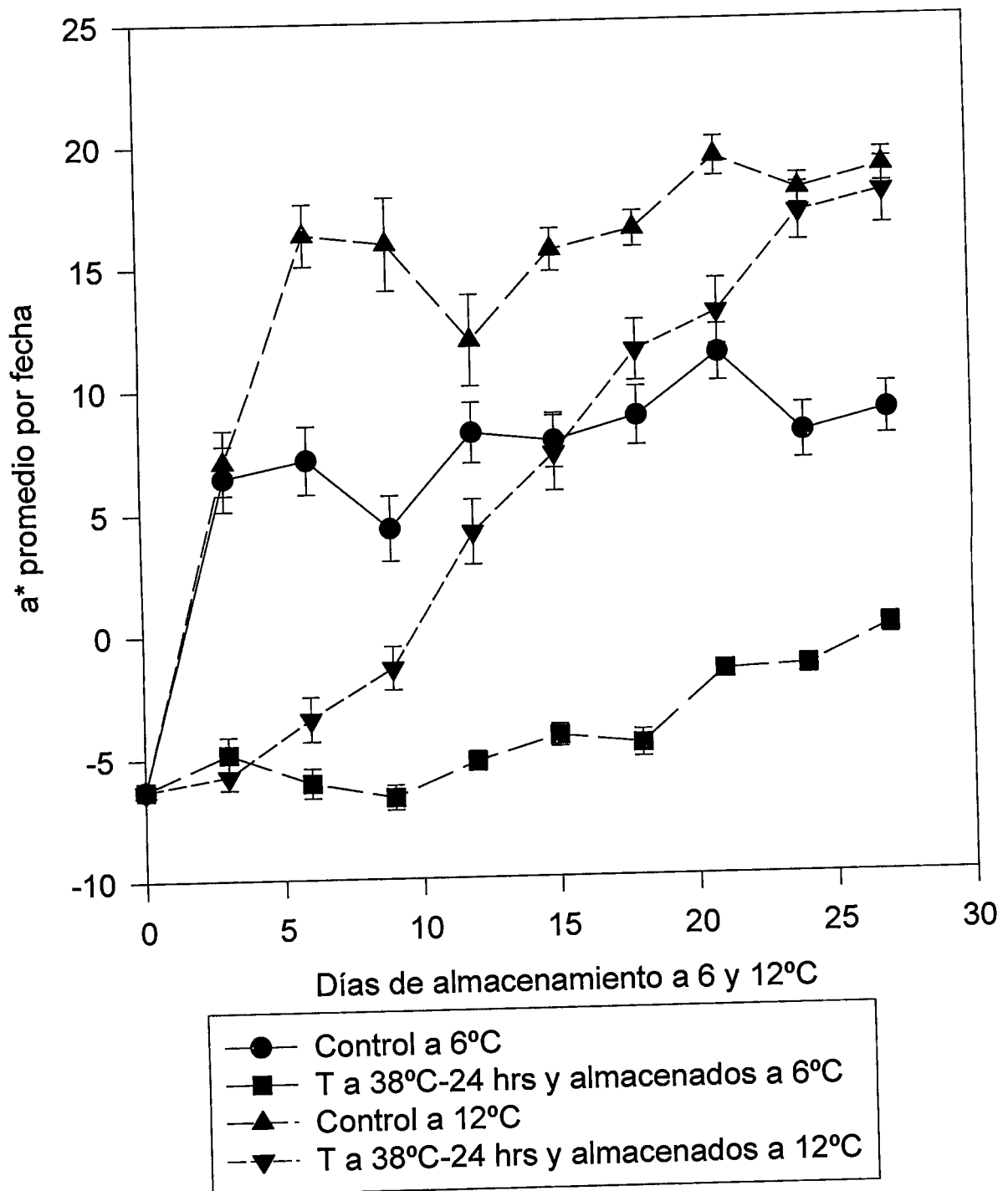


Figura 7. Cambios en el valor de  $a^*$  en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

como el proceso de maduración y la producción de etileno. Con las condiciones de este trabajo el cambio en los valores de  $a^*$  es más paulatino. Estudio realizado por Auserwald y col. (1999) muestra incremento en el valor de  $a^*$  en tomates sin tratamiento previo, observándose valores desde 7.9 en el día cero hasta 15.5 en el día 7. Por su parte Soto en 1999 empleó tomates variedad Trust madurados de manera natural, los cuales fueron analizados inmediatamente, también empleo frutos madurados con etileno (100 a 200 ppm) y almacenados a 11°C hasta su análisis. En ambos casos se observó un incremento en los valores de  $a^*$ .

En la Figura 8 se muestran los valores promedio de  $b^*$  en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. Los tomates control almacenados a 6°C presentaron un comportamiento ascendente en los primeros 12 días de almacenamiento, teniéndose valores en  $b^*$  aproximadamente de 32. A partir de esta fecha y hasta el día 21, se observó un descenso en los valores de  $b^*$ , registrando el valor de 28.5 y finalmente vuelve a incrementar alcanzando el día 27 un valor de  $b^*$  cercano a 31. Los frutos tratados y almacenados a 6°C presentaron un descenso en los valores de  $b^*$  hasta el día 24. En este periodo de almacenamiento, los valores van desde 28 hasta 22.5, en el día 27 se observó un incremento obteniendo una lectura de  $b^*$  de aproximadamente 25. Los tomates control almacenados a 12°C muestran un descenso en los valores de  $b^*$ , obteniéndose valores desde 29 hasta 22 aproximadamente. El lote tratado y almacenado a 12°C presentó variaciones en su comportamiento: en el día 3 se registró un descenso de  $b^*$  que fue de 28 a 27 aproximadamente, en el día 6 se observó un incremento de  $b^*$  alcanzando el máximo valor de 31.5, en los días 9 y 12 se reportó un descenso e incremento para  $b^*$  obteniéndose valores de 30 a 31 respectivamente, en los días restantes el comportamiento es descendente, obteniéndose para el día 27 un valor de  $b^*$  de 22.

El comportamiento de  $b^*$  encontrado es similar al reportado por Auserwald y col. (1999) quienes emplearon tomates variedad "Mill." los cuales fueron seleccionados considerando uniformidad en el estado de madurez, color, forma y tamaño; el peso de los frutos fue de  $72.8 \pm 8.2$  g. Estos frutos se mantuvieron por 7

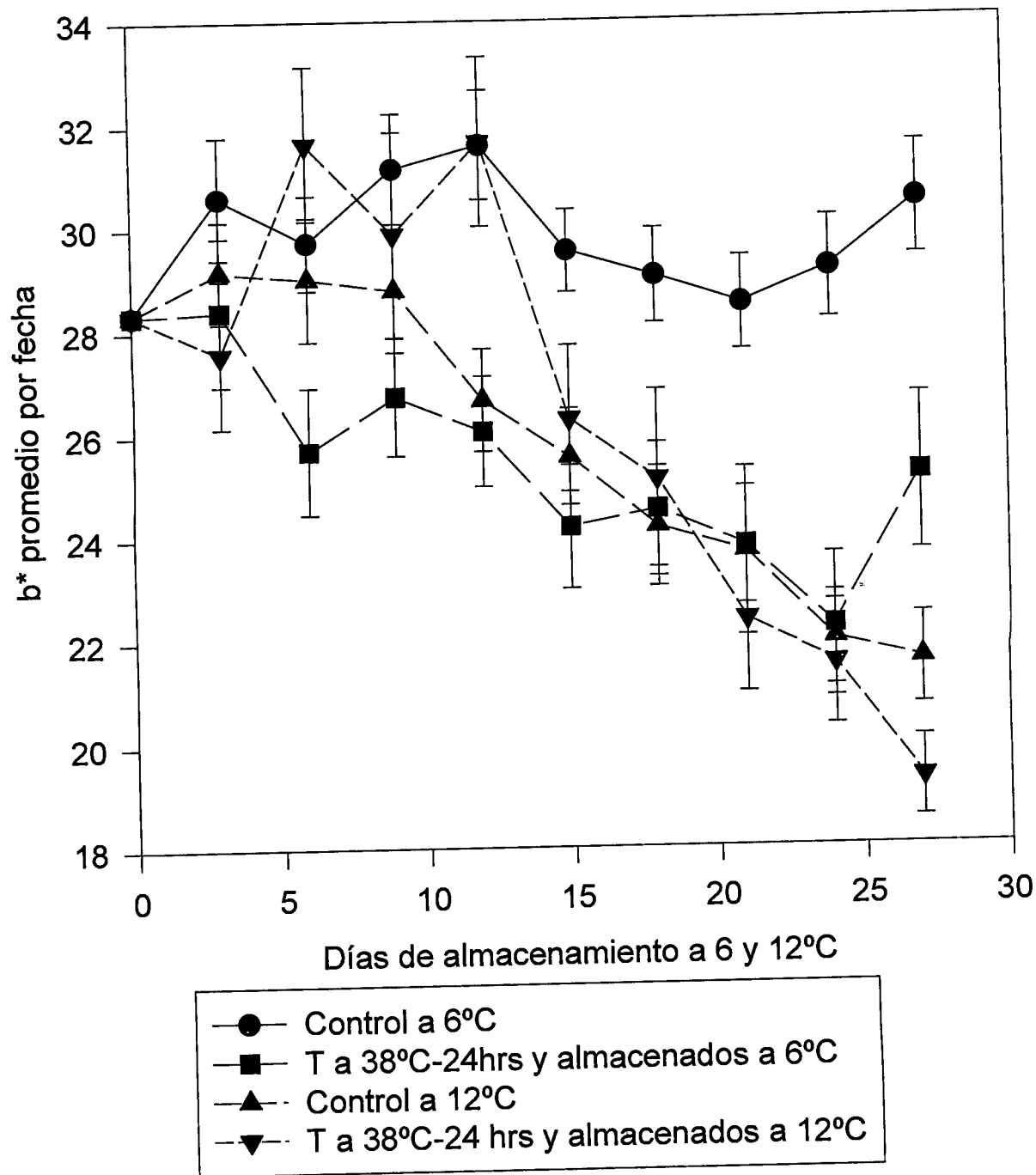


Figura 8. Cambios en el valor de  $b^*$  en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

días en un cuarto en condiciones controladas: temperatura 20°C, 55% de humedad relativa del aire y una velocidad del mismo menor a 0.1 ms<sup>-1</sup>. Las condiciones se establecieron considerando el manejo durante la venta y situaciones en el hogar. Las evaluaciones se realizaron a los 4 y 7 días después de ser cosechados, obteniéndose valores de 23.6 y 20.2 respectivamente.

En la Figura 9 se muestran los cambios en la luminosidad (L\*) en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. En los cuatro lotes, en el día 3 se registró un descenso del valor inicial de L\* el cual fue de 52. El lote control almacenado a 6°C en un principio presenta un descenso hasta 47 en el valor de L\*, posteriormente incrementa su valor hasta 48 en el día 11, en los días siguientes se puede observar un nuevo descenso en el valor de L\* hasta el día 21, obteniéndose valores de 46, finalmente se presentó un incremento registrándose el día 27 un valor de L\* aproximado a 48. Los frutos tratados y almacenados a 6°C a los 3 y 6 días reportaron valores de L\* próximos a 48, en el día 9 se registró el valor más alto que fue de 50, entre los días 12 y 18 decrecen los valores de L\* obteniéndose valores próximos a 47, días previos al término del experimento se observó un incremento para finalizar en 48.5. En los tomates control almacenados a 12°C se presentó un comportamiento decreciente, teniendo valores para L\* de 52 a 39. Los tomates tratados almacenados a 12°C presentaron hasta el día 12 decrementos e incrementos, sin embargo a partir de esta fecha se observa una clara disminución en los valores de L\* obteniéndose el último día de muestreo valores próximos a 39.

Los tomates control almacenados a 12°C presentaron los valores más bajos de luminosidad de los cuatro lotes. Respecto a los frutos control y tratados almacenados a 6°C la disminución en el valor de L\* se ve retardada, lo anterior nos indica que si bien los frutos pierden claridad, por las condiciones empleadas se frenó este cambio.

El comportamiento de L\* en este trabajo tiene similitud con lo reportado por Auserwald y col. en 1999, quienes emplearon tomates variedad "Mill.", seleccionados considerando uniformidad en el estado de madurez, color, forma y tamaño; el peso de los frutos fue 72.8 ± 8.2 g, se mantuvieron por 7 días en un

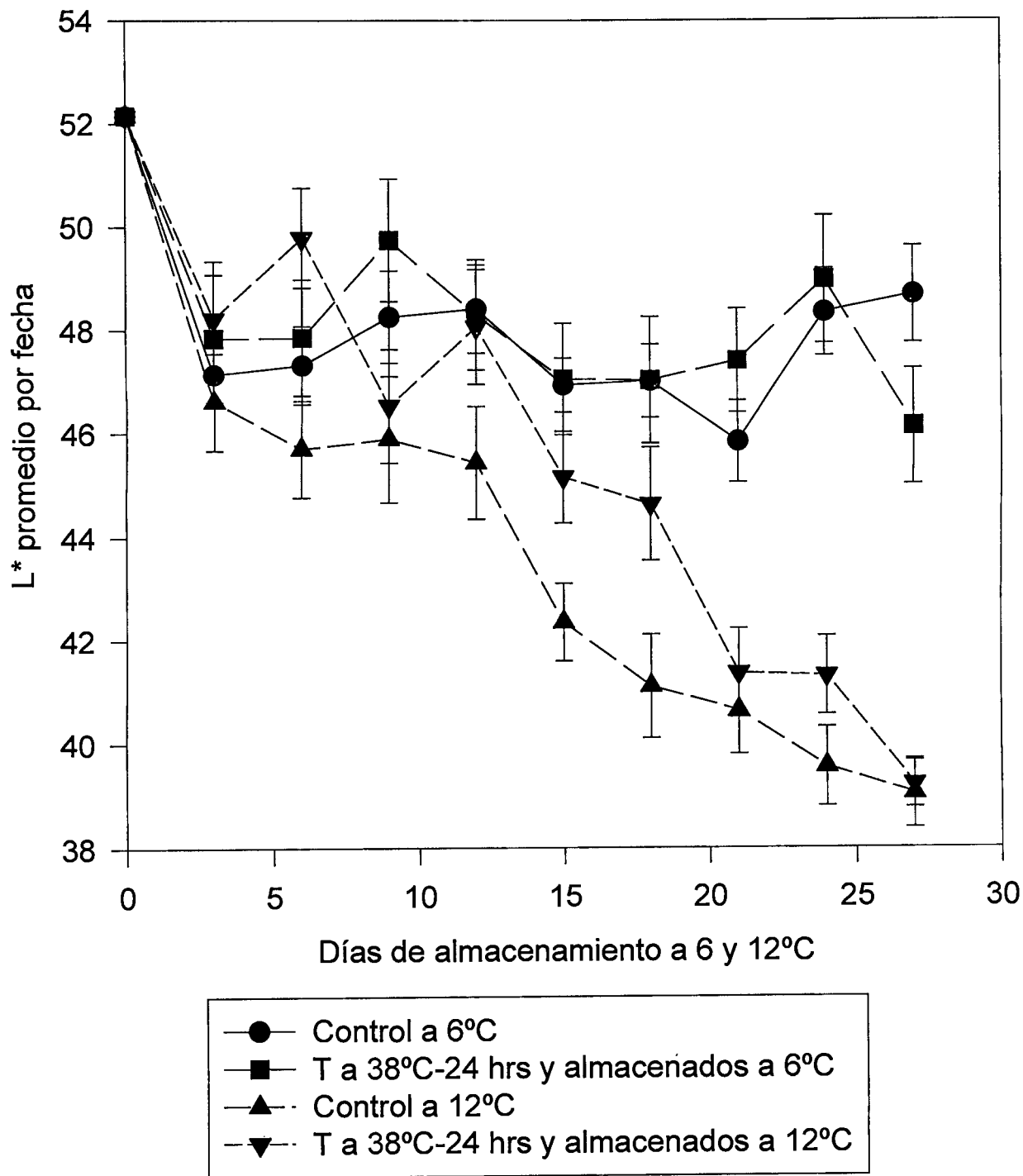


Figura 9. Cambios en el valor de L\* en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

cuarto en condiciones controladas: temperatura 20°C, 55% de humedad relativa del aire y una velocidad del mismo menor a 0.1 ms<sup>-1</sup>, emplearon condiciones similares al manejo durante la venta y situaciones en el hogar, las evaluaciones se realizaron a los 4 y 7 días después de ser cosechados; observaron tendencia a disminuir los valores de L\* registrando valores desde 31.8 hasta 29.9, es decir que al inicio del experimento tienen un color más claro.

La Figura 10 presenta los cambios en los valores de Cromo (C\*) promedio por fecha en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs almacenados, a 6 y 12°C. Cromo indica la intensidad de color. Los tomates control almacenados a 6°C presentaron un incremento en los valores de C\* hasta el día 12, el cual va de 29 a 33 aproximadamente, en los días 15 a 24 se observaron valores para C\* de alrededor de 31, para el día 27 se registró un incremento alcanzando un valor de aproximadamente 32. El comportamiento de los frutos tratados y almacenados a 12°C es decreciente hasta el día 21 los valores registrados para C\* son de 24 aproximadamente, al final del periodo de almacenamiento se observó un incremento en el valor de C\* cercano a 25. Los tomates control almacenados a 12°C del día 0 al día 9 manifestaron un incremento en los valores de C\* desde 29 hasta 34, en los días restantes se registró un descenso en los valores de C\* reportándose valores finales inferiores a 29. El comportamiento de los tomates tratados almacenados a 12°C no es regular se puede observar que presentó un incremento y decremento de los valores de C\* reportándose el día 12 el máximo valor para croma que fue ligeramente superior a 32 y el día 27 se tuvo un valor mínimo de 26. Los dos lotes denominados control y almacenados a 6 y 12°C presentaron valores más altos de croma en comparación con el correspondiente lote tratado, sin embargo los frutos tratados y almacenados a 6°C presentaron los valores más bajos para C\*; es decir que la intensidad de color que desarrollaron estos frutos fue menor.

En los estudios de Auserwald y col. (1999) se observa un comportamiento ascendente y descendente en los valores de C\* oscilando entre 24 y 28. En el presente estudio se muestra que los frutos tratados a 38°C por 24 presentan los valores más bajos, sobre todo aquellos frutos almacenados a 6°C, por lo que el

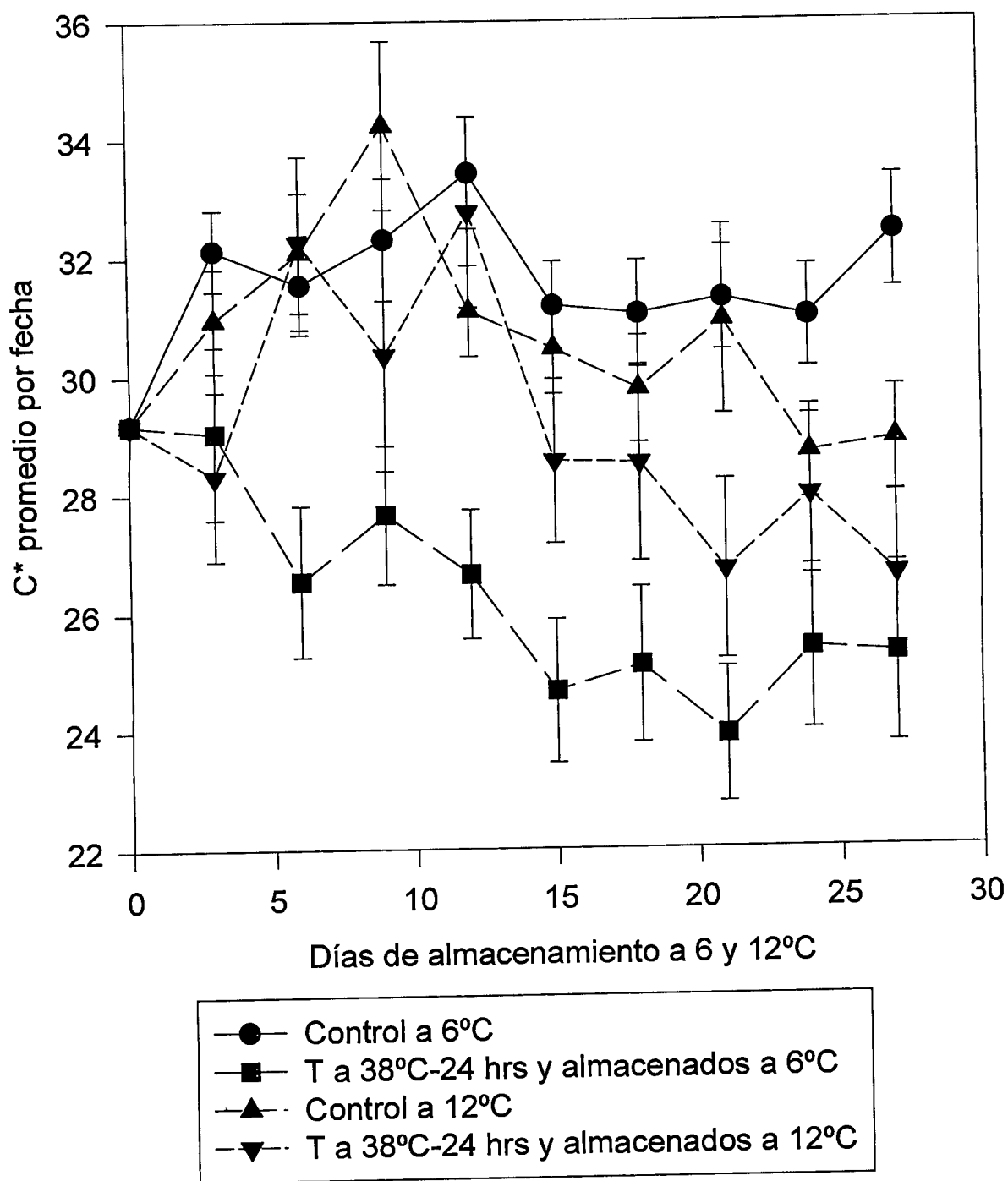


Figura 10. Cambios en los valores de croma (C\*) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

tratamiento aplicado afectó la intensidad de color en ellos.

La Figura 11 muestra los cambios en el ángulo de matiz en tomates en control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. El lote de tomates control almacenados a 6°C presentó un comportamiento decreciente en el valor de  $h^\circ$  hasta el día 21 observándose valores desde 102 hasta 70, en los días siguientes se observó un incremento, registrándose valores finales para  $h^\circ$  de 74, es decir que el fruto tomó un color naranja-amarillo. Los tomates tratados y almacenados a 6°C del día 0 al 18 reportaron valores de  $h^\circ$  entre 102 y 99, en los últimos tres días de almacenamiento desciende para finalmente obtenerse un valor de 91, lo que significa que los frutos tenían un color amarillo; es decir, no alcanzaron a desarrollar el color rojo.

Para los tomates control almacenados a 12°C, el descenso de los valores de  $h^\circ$  resultó ser más evidente, presentando valores de 102 a 50, determinándose que el color predominante fue rojo. Los frutos tratados al igual que su control almacenados a 12°C presentaron un descenso, e incluso registraron valores finales similares, lo que se interpreta como que el color del lote fue cambiando de forma paulatina.

Estudios realizados por Cheng y Shewfelt en 1988, en tomates verde-maduro que fueron almacenados a 4°C hasta por 39 días, y madurados a 21°C con una humedad relativa mayor al 90%, reportaron una disminución en los valores de  $h^\circ$  para el control desde 120 hasta 40 y 109 a 65 para los frutos tratados, observándose que mientras más tiempo transcurría el cambio en  $h^\circ$  para los frutos almacenados a 4°C era menor. Lo citado con anterioridad aun, cuando las condiciones no son iguales nos permite establecer una comparación entre el presente estudio y lo reportado con Cheng y Shewfelt (1988), los frutos con menor cambio en los valores de  $h^\circ$  fueron los tratados y almacenados a 6°C aun con respecto a su control, pero se descarta la posibilidad de que lo ocurrido  $h^\circ$  se deba al solamente tratamiento.

La Figura 12 muestra los cambios en la diferencia del valor  $a^*$  en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. El lote de frutos control almacenados a 6°C en general mostró una clara tendencia a



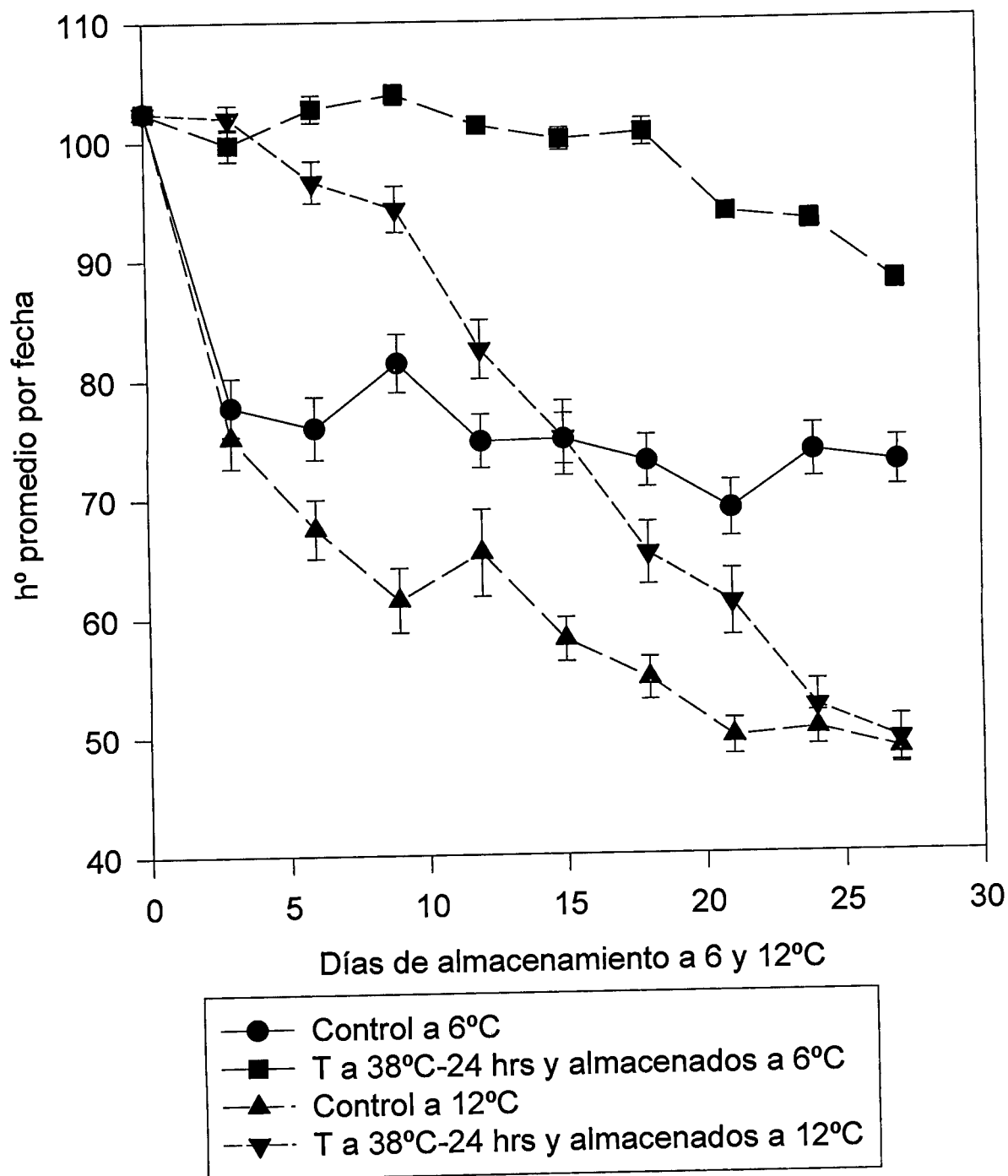


Figura 11. Cambios en el ángulo de matiz (h°) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

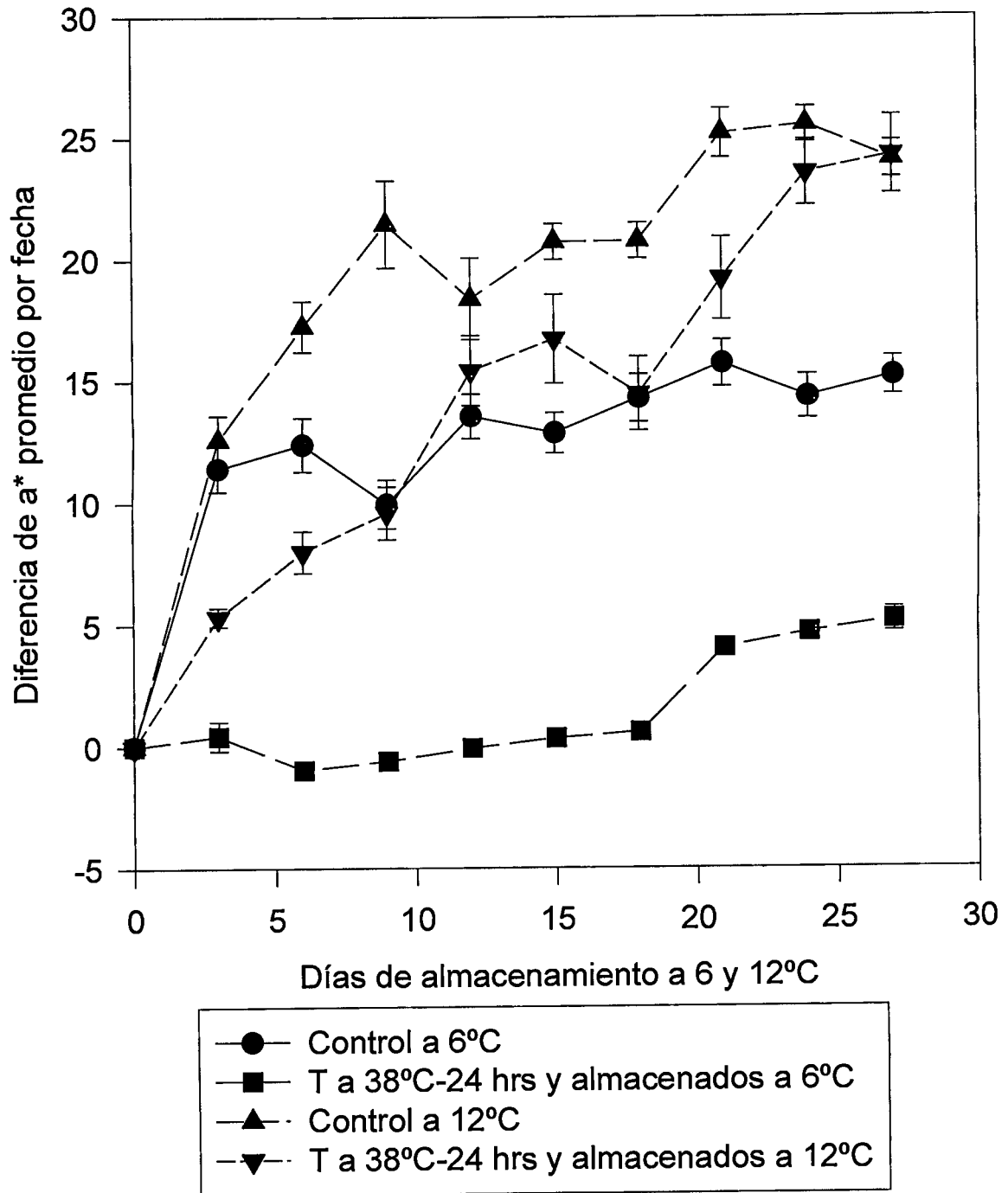


Figura 12. Cambios en la diferencia de a\* en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

incrementar los valores en la diferencia de  $a^*$ , obteniéndose valores desde 0 hasta 15. Los tomates tratados y almacenados a  $6^{\circ}\text{C}$  hasta el día 3 presentaron un ligero incremento en el valor de la diferencia de  $a^*$  aproximado de 0.5. En el día 6 se observó una disminución en el valor en la diferencia de  $a^*$  por debajo de 0 reportado como -1, en las fechas subsecuentes de muestreo se observó un ligero incremento en los valores de la diferencia de  $a^*$  alcanzando el día 18 el valor de 0, el incremento en los valores en la diferencia de  $a^*$  se observó hacia el final del periodo de almacenamiento obteniéndose valores aproximados a 5. En los tomates control almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$  se observó un incremento en el valor de la diferencia de  $a^*$  hasta el día 9 reportado como 21.5, en el día 12 el valor de  $a^*$  disminuyó y se registró cercano a 19 en los siguientes días de muestreo el valor de la diferencia de  $a^*$  llega hasta 25 el día 24 finalizando en valores de aproximadamente 24. Los tomates tratados y almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$  mostraron un comportamiento ascendente, obteniéndose valores desde 0 hasta 24.

La Figura 13 muestra los cambios en la diferencia del valor de  $b^*$  en tomates control y tratados térmicamente a  $38^{\circ}\text{C}$  por 24 hrs, almacenados a 6 y  $12^{\circ}\text{C}$ . El lote control almacenado a  $6^{\circ}\text{C}$  mostró un incremento en los valores de la diferencia de  $b^*$  del día 0 al día 9 con valores que van desde 0 hasta 3.5, a partir de este día los valores descienden el día 18 hasta aproximadamente 0, para finalizar con un incremento en los valores de la diferencia de  $b^*$  de aproximadamente 3.5. Los tomates tratados y almacenados a  $6^{\circ}\text{C}$  registraron valores en la diferencia de  $b^*$  inferiores al día 0, a excepción del día 12 en donde se registró un valor aproximado a 2.5. El valor final de los frutos tratados y almacenados a  $6^{\circ}\text{C}$  resultó de 3.5. Los tomates control almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$  en el día 3 presentaron un incremento en el valor de la diferencia de  $b^*$  de 0 a -1, el comportamiento posterior es descendente, finalizando en valores para  $b^*$  de aproximadamente -7. Los tomates tratados y almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$  presentaron valores superiores a 0 hasta el día 12, observándose valores aproximados de 0, 3, 1 y 3 para los días 3, 6, 9 y 12 respectivamente, después de este día el comportamiento es decreciente y finaliza en valores de -10.

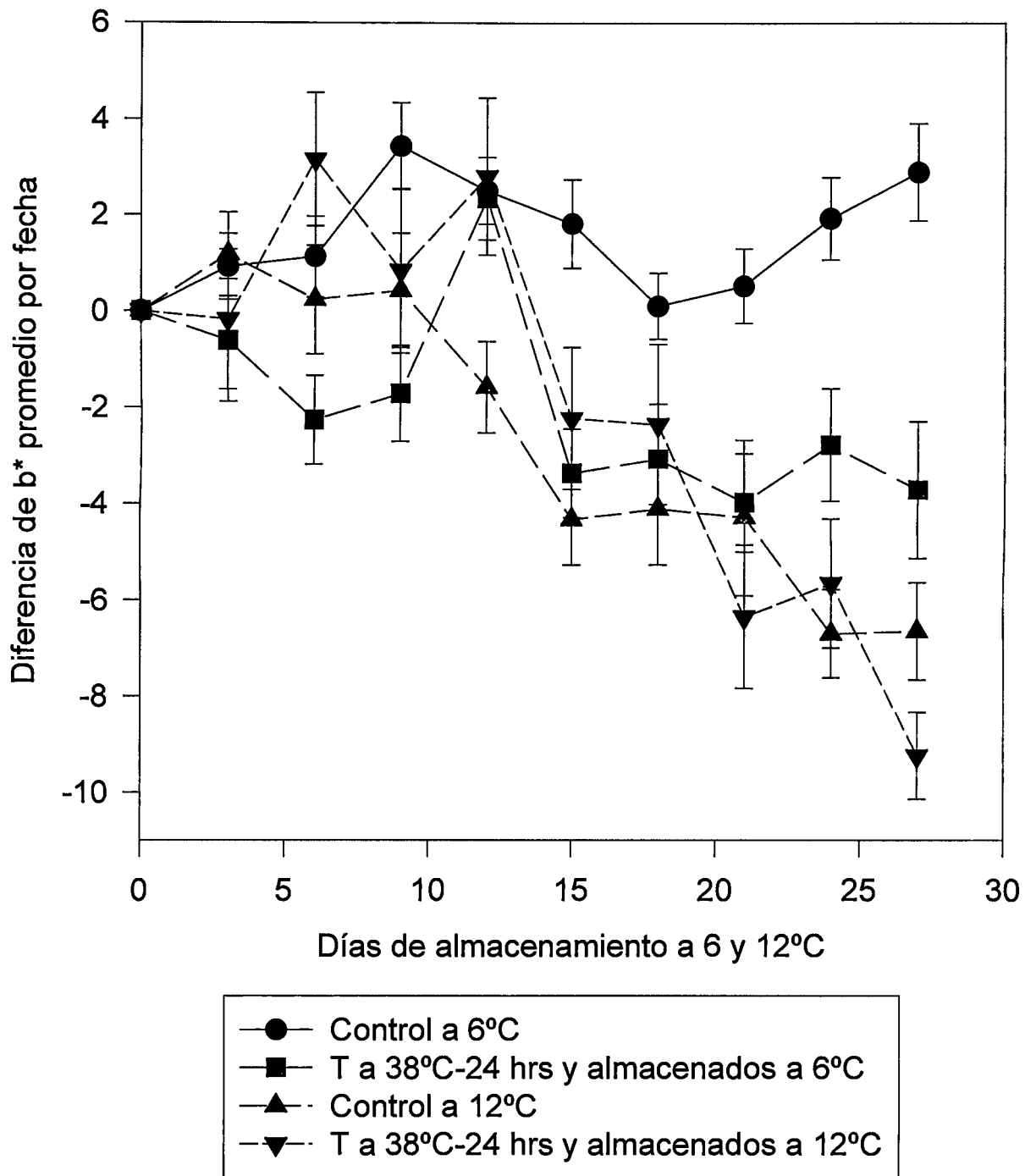


Figura 13. Cambios en la diferencia del valor de  $b^*$  en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

La Figura 14 muestra los cambios en la diferencia del valor  $L^*$  en tomates control y tratados térmicamente a  $38^{\circ}\text{C}$  por 24 hrs, almacenados a  $6$  y  $12^{\circ}\text{C}$ . El lote identificado como control y almacenado a  $6^{\circ}\text{C}$ , en el día 3 reportó un valor de  $L^*$  aproximadamente de  $-5.5$ , en las 2 siguientes fechas de muestreo el valor en la diferencia de  $L^*$  incrementa a valores aproximados de  $-4$ , entre los días 12 y 21 se presentó un descenso en el valores de la diferencia de  $L^*$  de aproximadamente  $-6$ . Al término del tiempo de almacenamiento se observó un incremento en la diferencia de  $L^*$ , registrándose valores de  $-3.5$ . Los tomates tratados y almacenados a  $6^{\circ}\text{C}$  en los primeros días de almacenamiento reportaron un descenso en los valores de la diferencia de  $L^*$  obteniéndose valores desde 0 hasta  $-3$ , en el día 9 se registró un incremento para  $L^*$  con valores aproximados a  $-3.5$ , en los días 12 y 15 se reportó un decremento en los valores de la diferencia de  $L^*$  alcanzando el día 15 valores de  $-5.5$ , en el día 18 se incrementa el valor hasta  $-4.5$ , posteriormente disminuye a  $-5.5$  registrándose para el día 24 un incremento con valores aproximados de  $-2$  finalizando en  $-5.5$ . El lote de tomates almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$  mostraron un comportamiento decreciente en los valores de la diferencia de  $L^*$  desde 0 hasta  $-13.5$ . El comportamiento del lote de frutos tratados y almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$  hasta el día 12 presentaron decrementos e incrementos en los valores de la diferencia de  $L^*$ , culminando en días posteriores con un descenso donde se obtuvieron valores de  $-13$  aproximadamente. De forma general se puede observar que la luminosidad de los frutos control y los tratados almacenados a  $6^{\circ}\text{C}$  es mayor que en aquellos frutos tratados y almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$ .

En la Figura 15 se muestran los cambios en la diferencia de croma ( $C^*$ ) en tomates control y tratados térmicamente a  $38^{\circ}\text{C}$  por 24 hrs, almacenados a  $6$  y  $12^{\circ}\text{C}$ , en ella se puede observar que el lote de tomates tratados a  $38^{\circ}\text{C}$  por 24 hrs. y almacenados a  $6^{\circ}\text{C}$  resultan más afectados en la intensidad de color en comparación con el control, pues los valores del lote de tomates tratados se localizaron entre 0 y  $-4$  y el control entre 0 y 4. En el lote de tomates tratados y almacenados a  $12^{\circ}\text{C}$ , mostraron para la diferencia de  $C^*$  valores entre 2 y  $-2$  mientras que su control en un rango entre 0 y 5, a excepción de los días 18 y 24 en los que se registran valores próximos a cero, el resto de los días los valores del

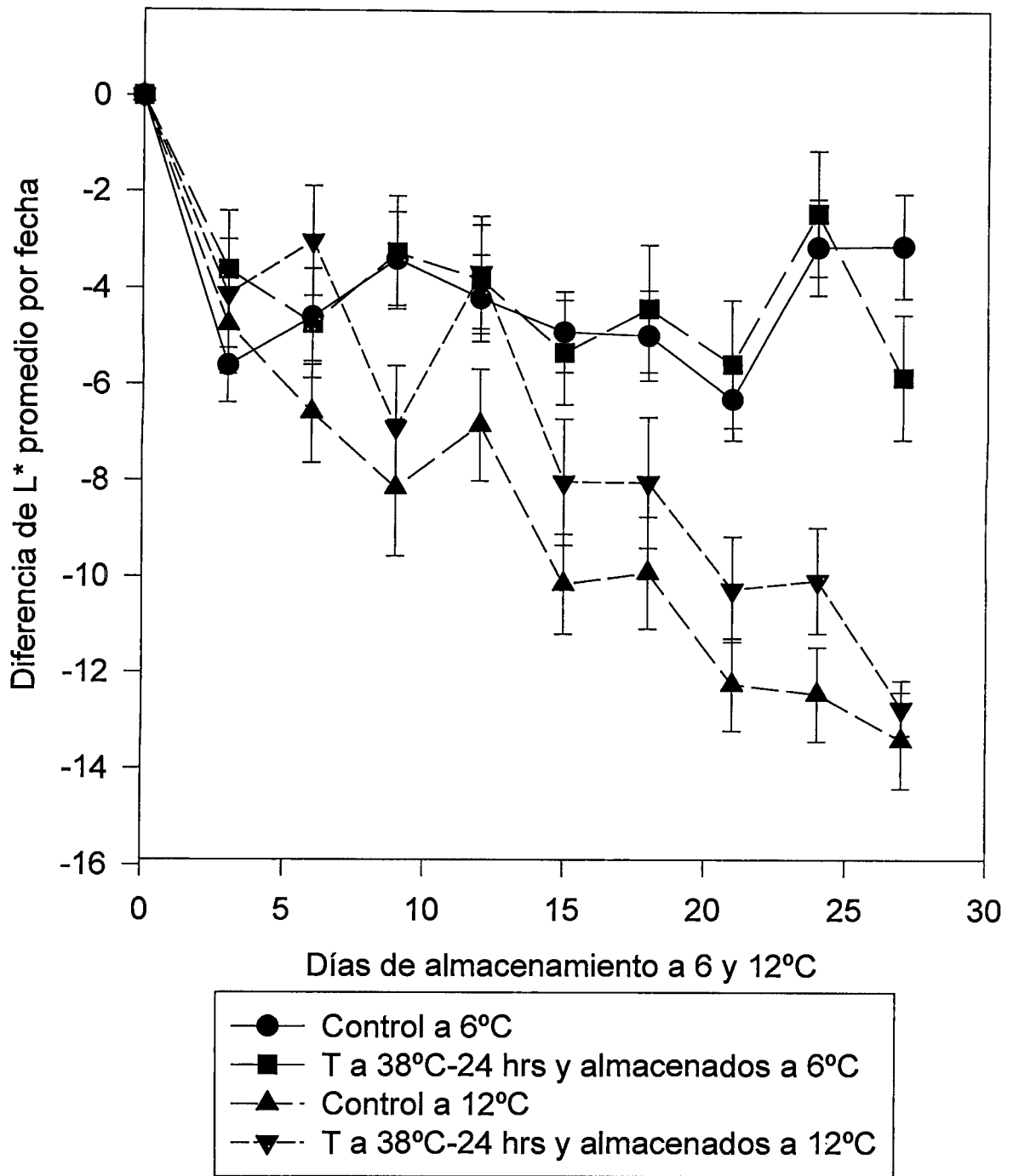


Figura 14. Cambios en la diferencia de L\* en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

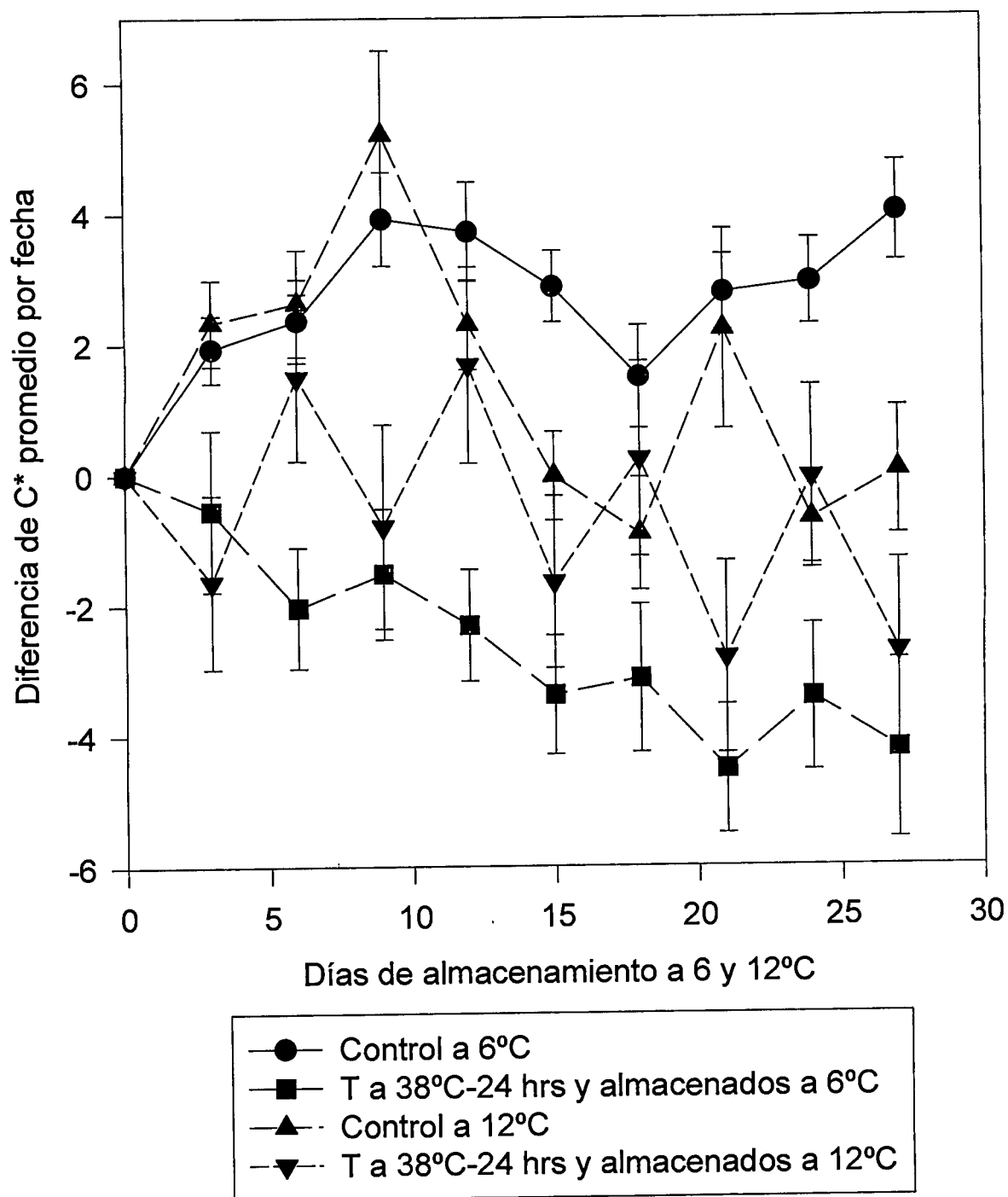


Figura 15. Cambios en la diferencia de C\* en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

control son más bajos e incluso inferiores a cero.

La Figura 16 muestra los cambios en la diferencia del ángulo de matiz en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs almacenados a 6 y 12°C. Los tomates tratados y almacenados a 6°C reportaron los valores más altos en la diferencia de  $h^\circ$ , los cuales van desde 0 hasta -9 aproximadamente, mientras que el control va de 0 a -29. Los tomates tratados y almacenados a 12°C así como su control registraron valores para la diferencia de  $h^\circ$  que van de 0 a -53, ambos lotes muestran una tendencia a disminuir en el ángulo de matiz y los días 24 y 27 los valores son muy similares, además los tomates tratados que siempre se mantuvieron con valores superiores respecto al control en las últimas fechas invierten su sentido, pues los valores son ligeramente inferiores al control. Los frutos control así como los tratados y almacenados a 6°C muestran menor desarrollo en la coloración roja, en comparación con los frutos control y tratados almacenados a 12°C.

La Figura 17 muestra los cambios en la diferencia total de color en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs almacenados a 6 y 12°C, en ella se puede observar que el lote de tomates tratados y almacenados a 6°C mostraron valores de la diferencia total de color que van de 0 a 10, sin embargo este lote comparado con los otros 3 lotes es el que presentó la menor diferencia de color es decir desarrollaron menos color. Los tomates los tratados y almacenados a 6°C reportaron valores más bajos para la diferencia total de color. Los tomates tratados y almacenados a 12°C en general registran valores desde 0 hasta 30 aproximadamente y a partir del día 15 se aproximan a los valores del lote control y en el día 27 le supera.

#### **7.1.5 Textura**

En la Figura 18 se muestran los cambios en la textura expresada en Newtons (N), en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. Se puede observar que la textura se vio disminuida en los tomates evaluados el día 3. En general los valores registrados durante el tiempo de almacenamiento se mantuvieron por debajo del valor registrado el día cero. Los



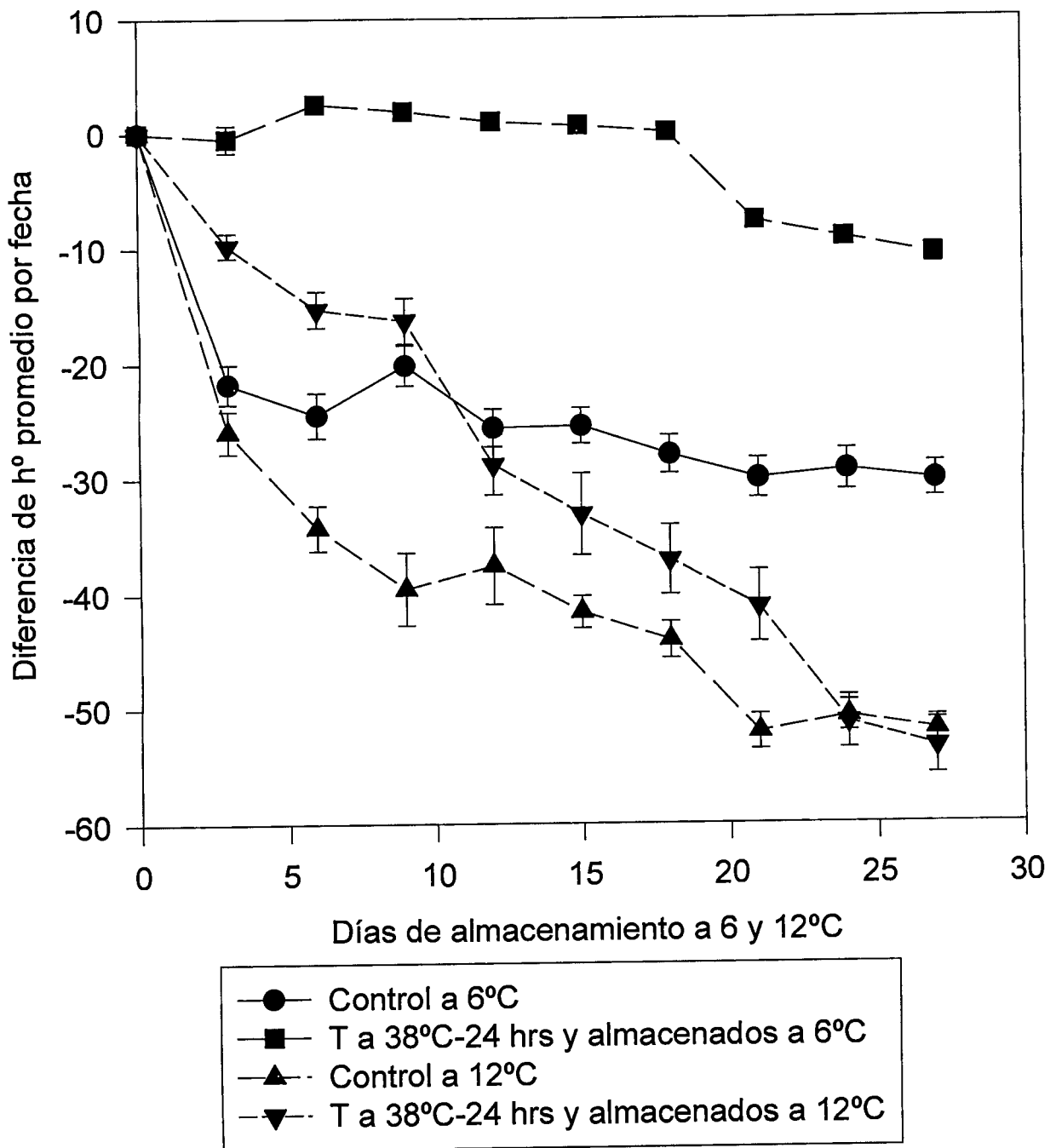


Figura 16. Cambios de la diferencia en el ángulo de matiz en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

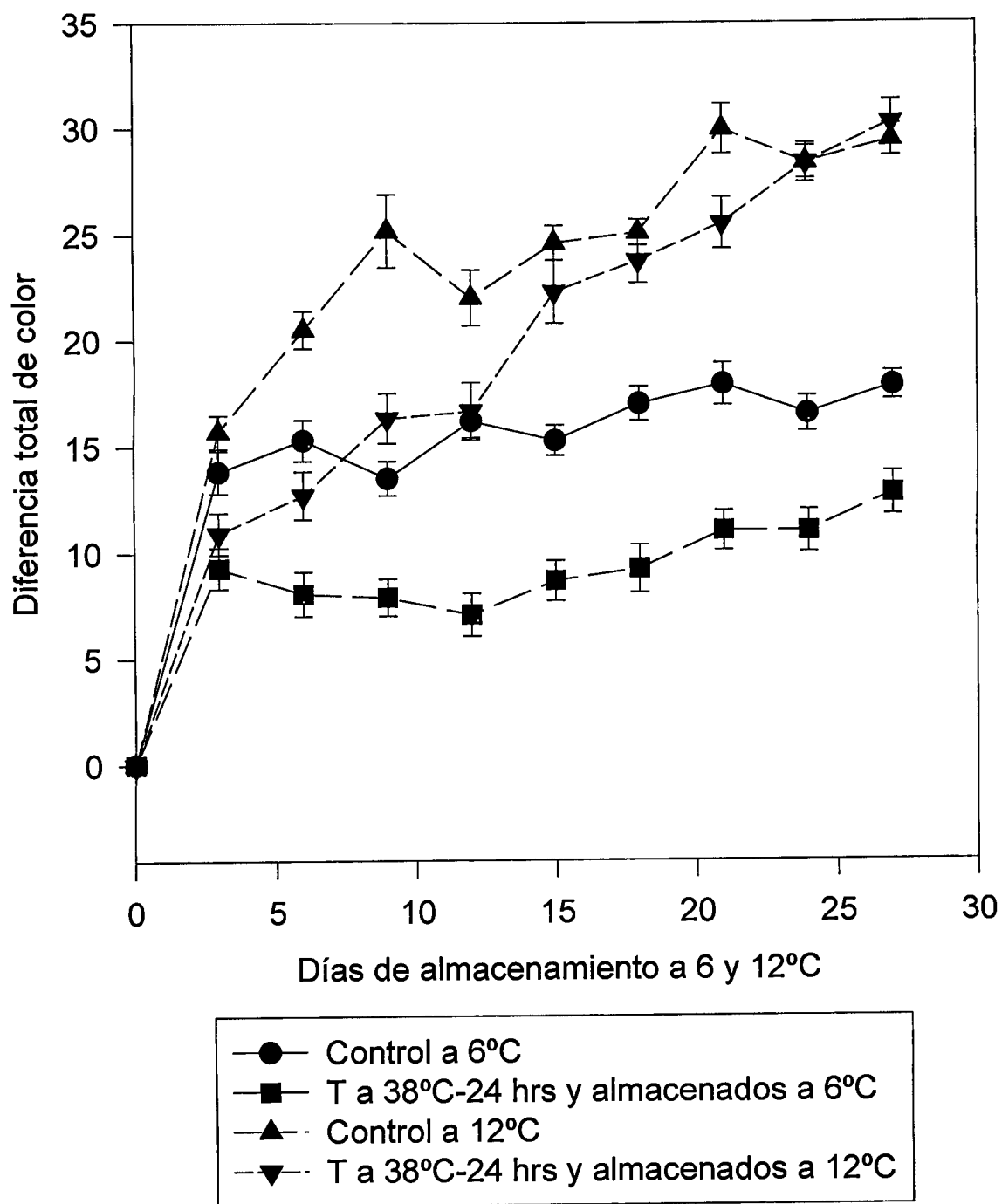


Figura 17. Cambios en la diferencia total de color en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

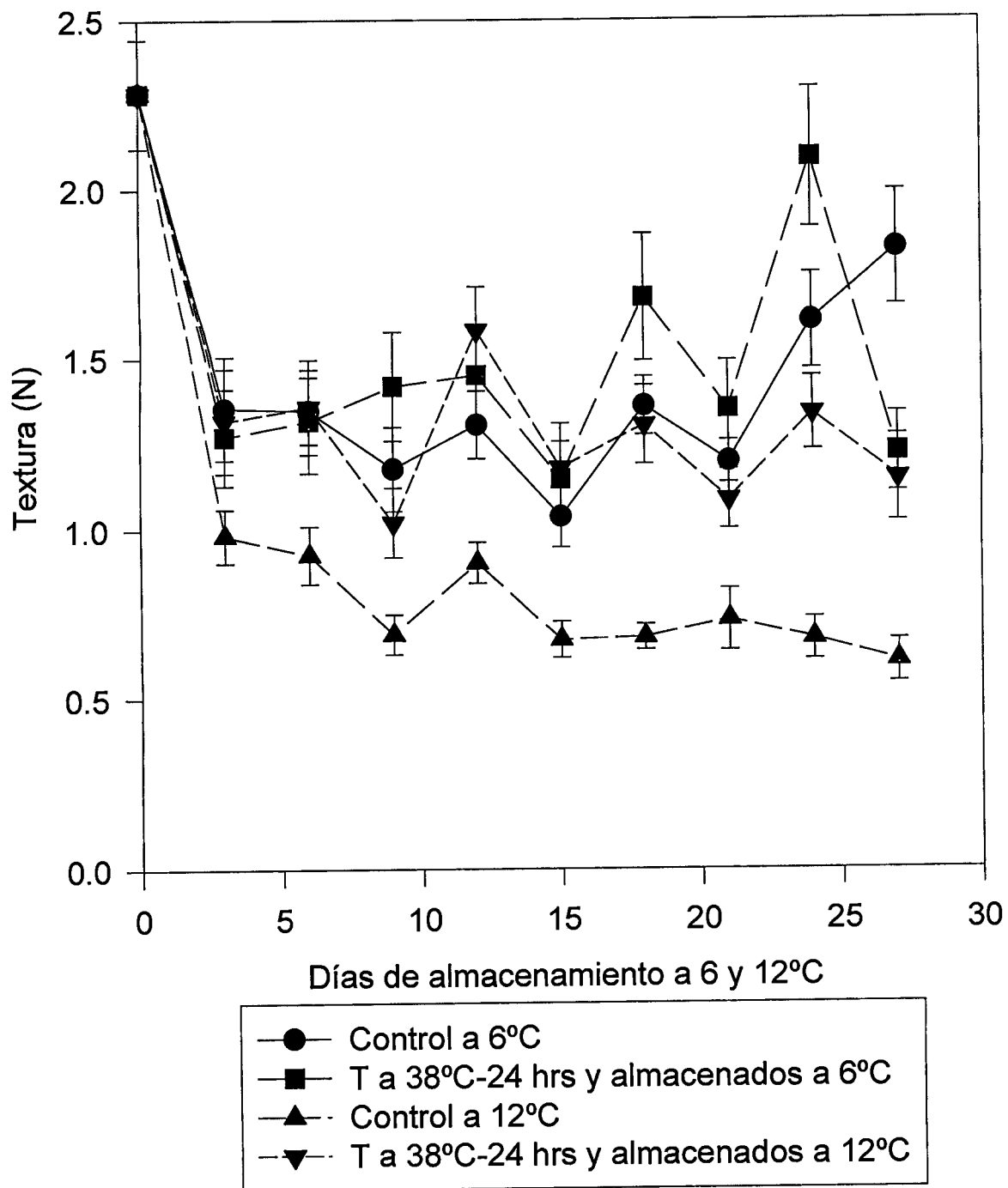


Figura 18. Cambios en la textura (N) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 30 mediciones (3 mediciones por fruto).

valores más bajos son registrados por los tomates control almacenados a 12°C, en comparación con los tratados su comportamiento es homogéneo, pero con valores de textura siempre por arriba de su control. Los tomates tanto control como tratados almacenados a 6°C muestran valores de textura cercanos entre ellos, pero se puede observar que los tomates tratados muestran los valores más altos al finalizar el tiempo de almacenamiento, indicando que estos retardaron su tiempo de maduración ofreciendo mayor resistencia a la penetración.

Estableciendo puntos de comparación con otros autores como Lurie y col. (1996) quienes utilizaron tomates variedad "Daniela", formaron cuatro lotes (almacenados a 2°C, almacenados a 20°C, tratados con calor por 3 días a 38°C y almacenados a 2°C y tratados con calor por 3 días a 38°C y almacenados 20°C), observándose que la pérdida de la textura es menor en los frutos tratados almacenados a 2°C y 20°C, sobre todo en aquellos almacenados a 2°C. De igual forma en el presente trabajo se puede observar que la textura de los frutos tratados y almacenados a 6 y 12°C es mayor al control correspondiente.

#### **7.1.6 Sólidos solubles totales**

En la Figura 19 se muestran los cambios en la concentración de sólidos solubles expresados en °Bx, en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. En general se puede observar que los valores reportados en el contenido de sólidos solubles por los cuatro lotes (control y tratados almacenados a 6°C, control y tratados almacenados a 12°C), oscilan entre 4.5 y 5.0.

En estudios realizados por McDonald y col. en 1996, quienes utilizaron tomates verde-maduro variedad "Mill." el peso de los tomates empleados fue de aproximadamente  $196 \pm 30$  g, tratados o no con etileno, los cuales se sumergieron en agua a 42°C por 60 minutos denominados HW, mientras que otros fueron tratados con aire a 38°C por 48 horas denominados HA, los tomates tratados y no tratados se almacenaron a diferentes temperaturas 2 y 13°C, reportando un contenido de sólidos para HA 3.8 y 4.1 a 2 y 13°C respectivamente, mientras que

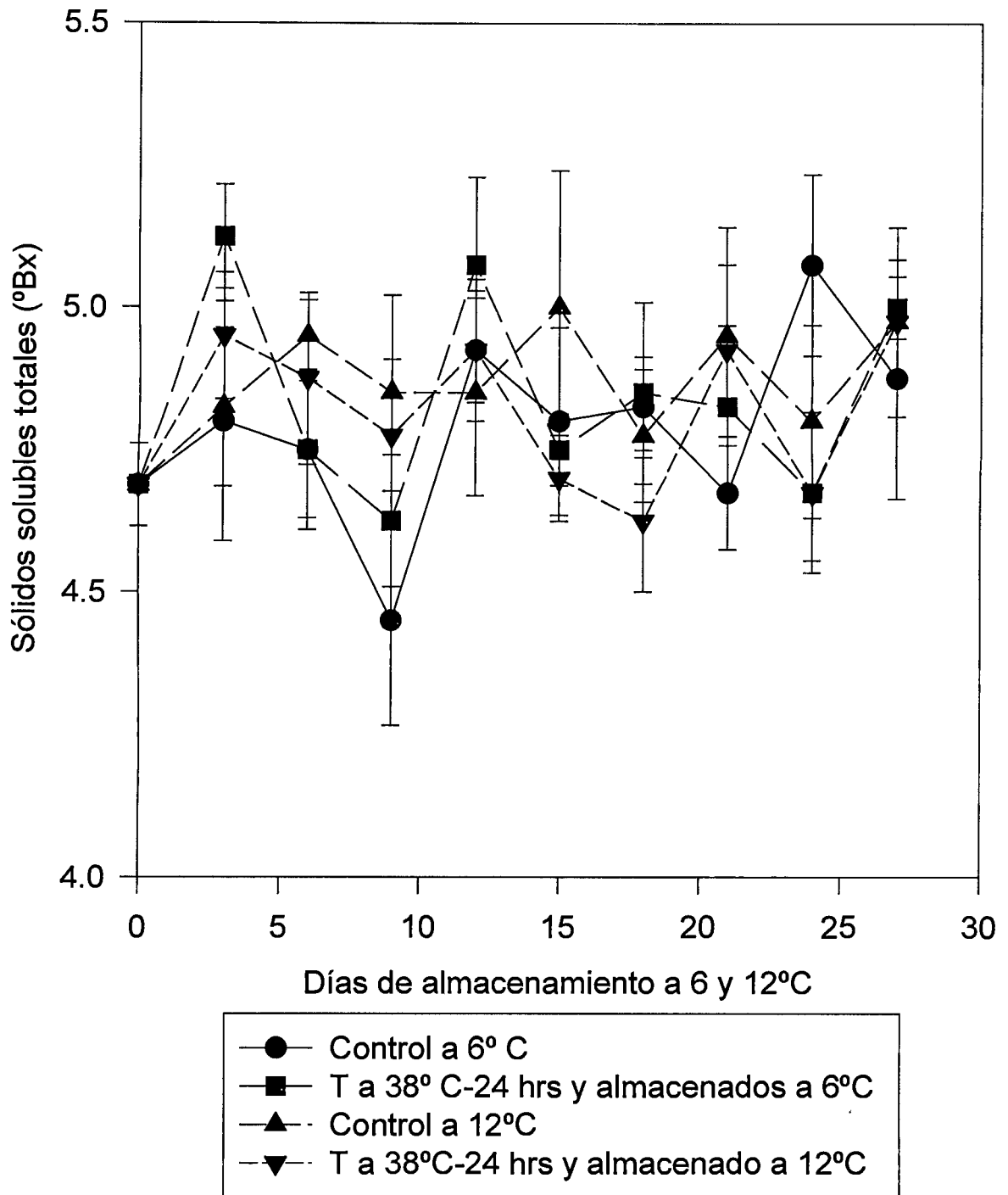


Figura 19. Cambios en los sólidos solubles totales (°Bx) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 8 mediciones (1 medición por fruto).

para HW se obtuvieron valores de 3.9 y 4.2 a 2 y 13°C respectivamente. Se observa que el contenido de sólidos es similar al encontrado en este trabajo.

### **7.1.7 Ácido ascórbico**

En la Figura 20 se observan los cambios en el contenido de Ácido Ascórbico (AcA), en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. Los tomates control almacenados a 6°C muestran un incremento en el contenido de AcA hasta el día 9, observándose un valor máximo de 38.5 mg/100 g peso fresco, luego disminuyó para presentar en el día 15 un valor de 28 mg/100 g peso fresco, posteriormente volvió a incrementar hasta valores de 36 mg/100 g peso fresco para finalmente descender hasta valores aproximados de 25 mg/100 g peso fresco. El lote de frutos tratados y almacenados a 6°C presenta un incremento en el día 9 obteniéndose un valor máximo en el contenido de AcA de 33 mg/100 g peso fresco, posteriormente disminuyó, para obtener valores finales de alrededor de 24 mg/100 g peso fresco. Los tomates control almacenados a 12°C muestran un comportamiento ascendente en contenido de AcA registrándose un valor de 40 mg/100 g peso fresco, en el día 15 se registró un descenso, volviendo a incrementar, finalizando con un descenso en donde se presentaron valores de 27 mg/100 g peso fresco aproximadamente. Los tomates tratados y almacenados a 12°C en general presentaron los valores más bajos en el contenido de AcA, obteniéndose valores de alrededor de 26 mg/100 g peso fresco.

Existe controversia entre los estudios reportados por Scott y Kramer en 1949(a) y 1949(b) respecto a la disminución de AcA, reportan que la disminución es más rápida a temperaturas de almacenamiento más elevadas, esto en tomates y espárragos, en limones (Eaks, 1916), naranjas y toronjas (Tarutani, 1961). Sin embargo Craft y Heizen en 1954, demostraron que no se registraba un cambio pronunciado en el nivel de AcA en frutos de tomate con las temperaturas de almacenamiento. En el presente estudio se puede observar el incremento de AcA en los primeros días de almacenamiento, los tomates tratados a 38°C por 24 hrs. presentan menor contenido del AcA, sin embargo la disminución en el contenido de AcA en los tomates almacenados a 12°C es más pronunciada, pero el

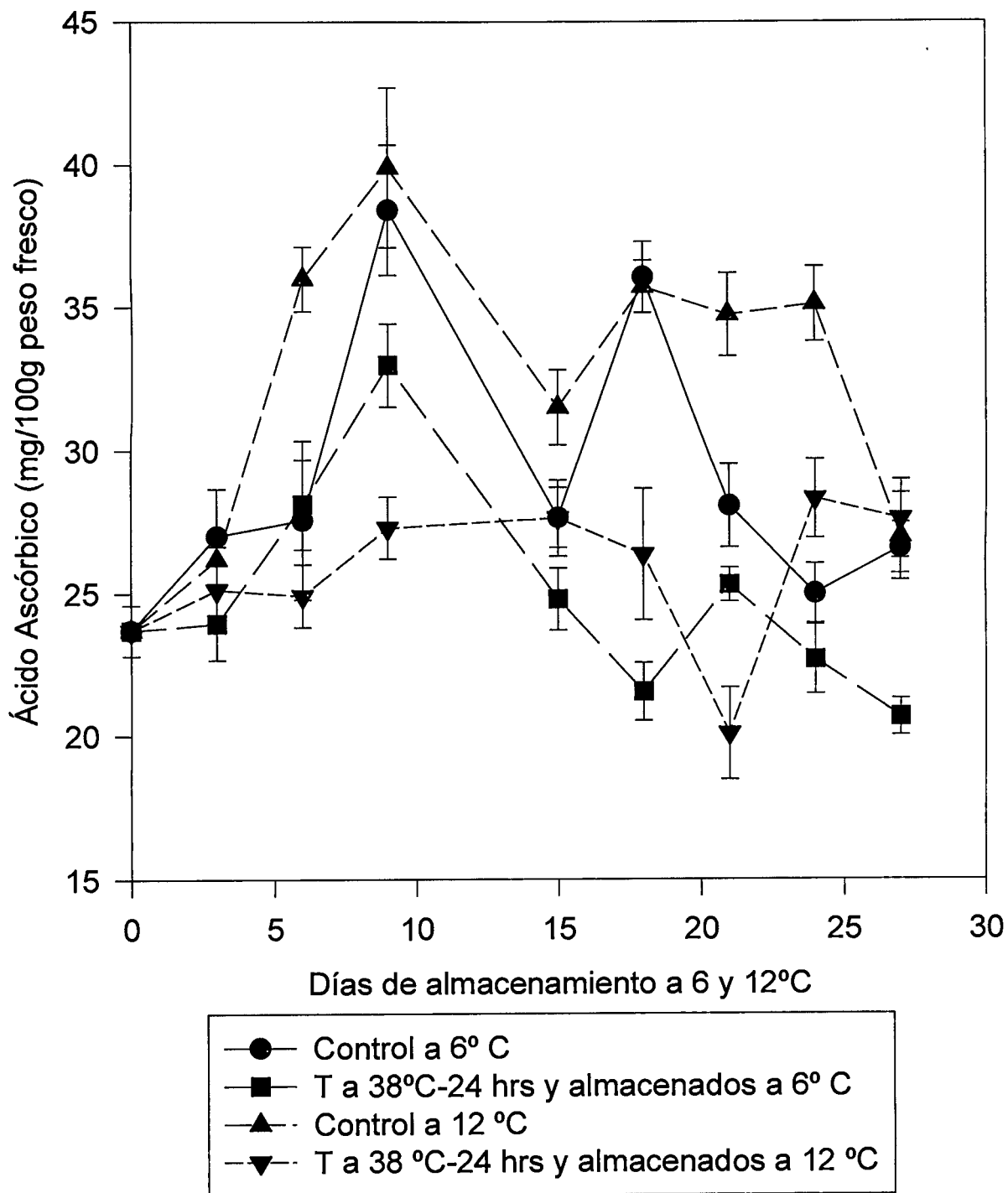


Figura 20. Cambios en el contenido de ácido ascórbico (mg/100 g de peso fresco) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 6 mediciones (3 mediciones por fruto).

comportamiento de los tomates almacenados a 6°C, a partir del día 24 es diferente, pues presenta un incremento en los valores reportados, incluso por arriba de los registrados al inicio.

### **7.1.8 Cambios en la materia seca**

La Figura 21 muestra los cambios en la materia seca (%) en tomates control y tratados térmicamente a 38°C por 24 hrs, almacenados a 6 y 12°C. Los tomates control almacenados a 6°C muestran un incremento en el % de materia seca en el día 3, posteriormente el porcentaje disminuye presentando en el día 9 un valor de 5.2%, en las siguientes fechas de muestreo los valores en el contenido de materia seca oscilan entre 5.5 y 6. El lote de frutos tratados y almacenados a 6°C presenta un descenso en el % de materia seca hasta el día 6, en el día 9 se registró un incremento alcanzando un 6.2%, posteriormente se observó un descenso presentándose en el día 21 valores de 5.3% aproximadamente, finalizando con 5.8% en el contenido de materia. Los tomates control almacenados a 12°C muestran una disminución en contenido de materia seca hasta el día 15 en donde presentan un valor de aproximadamente 5.2%, posteriormente incrementa para alcanzar el día 21 un valor cercano al 6.3% y finalmente vuelve a disminuir hasta un valor de alrededor de 5.3%. Los tomates tratados y almacenados a 12°C en un principio, muestran un comportamiento descendente presentando el día 9 valores cercanos al 5.7% de materia seca, luego tiende a incrementar para mantenerse en valores de alrededor del 6% hasta el día 21 y a partir de esta fecha tiende a disminuir para finalmente presentarse un valor de 5.75%.

En el Cuadro 7 se muestran los cambios en el contenido de materia seca en los tomates de cada lote, como se puede observar no existe mucha diferencia entre los valores reportados por cada lote.



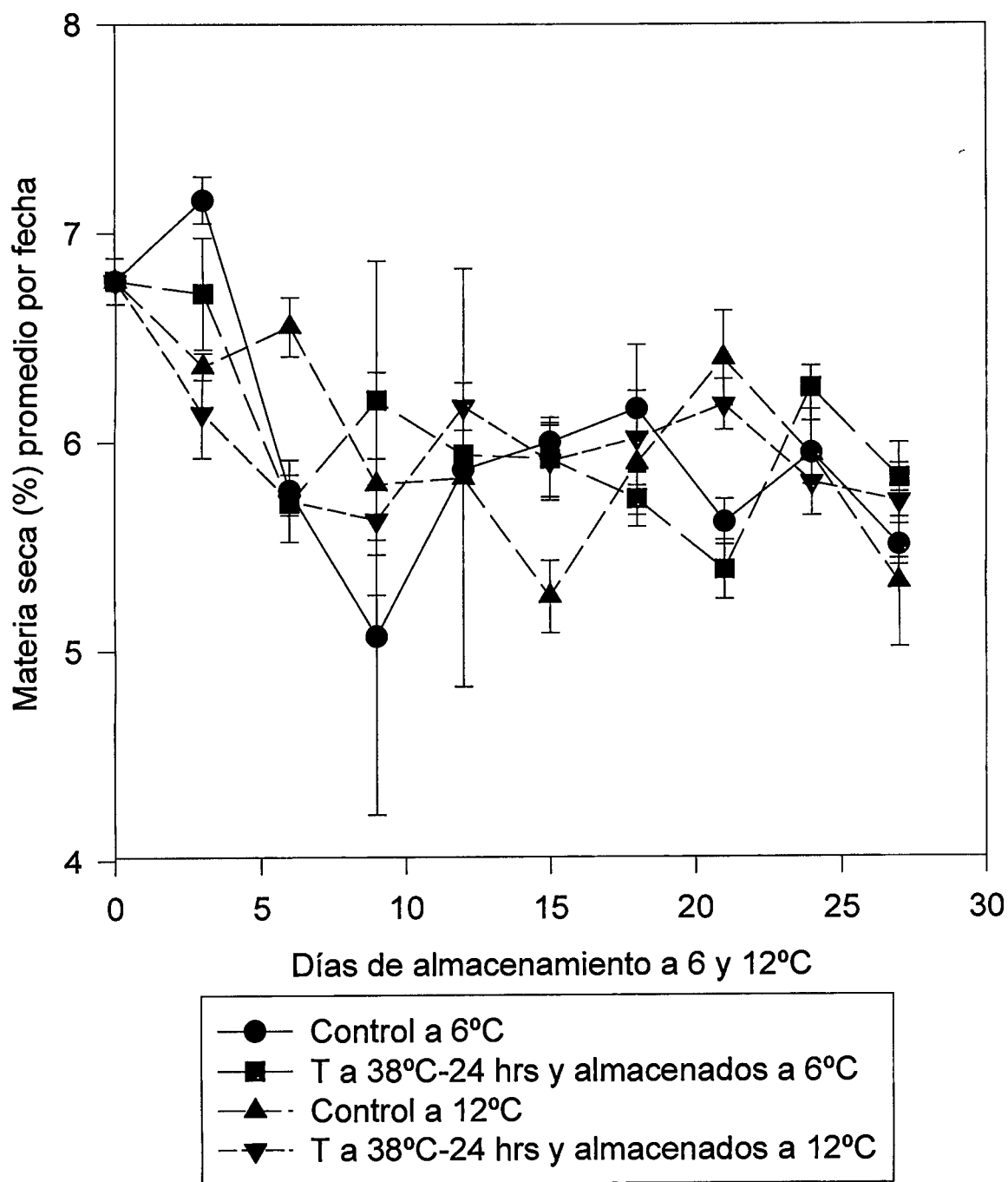


Figura 21. Cambios en el contenido de materia seca (%) en tomates control y tratados térmicamente en diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Cada punto representa el promedio de 4 mediciones (2 mediciones por fruto).

Cuadro 7. El contenido de materia seca en tomates, realizado en dos frutos por duplicado.

TRATAMIENTOS	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO (DÍAS)	% MATERIA SECA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ERROR ESTÁNDAR
Iniciales	0	6.77	0.3841	0.1109
C6	3	7.16	0.2246	0.1123
T6		6.71	0.5367	0.2684
C12		6.36	0.1246	0.0623
T12		6.14	0.4305	0.2152
C6	6	5.77	0.1506	0.0753
T6		5.71	0.1163	0.0582
C12		6.55	0.2834	0.1417
T12		5.72	0.3923	0.1961
C6	9	5.07	1.7011	0.8505
T6		6.20	1.3343	0.6672
C12		5.80	1.0657	0.5329
T12		5.63	0.3363	0.1681
C6	12	5.87	0.1245	0.0622
T6		5.94	0.2335	0.1167
C12		5.83	0.2002	0.1001
T12		6.17	0.2258	0.1129
C6	15	6.00	0.1856	0.0928
T6		5.92	0.3942	0.1971
C12		5.26	0.3482	0.1741
T12		5.91	0.3419	0.1709
C6	18	6.16	0.6097	0.3049
T6		5.73	0.2654	0.1327
C12		8.29	4.1992	2.4596
T12		6.02	0.4488	0.2244
C6	21	5.62	0.2170	0.1085
T6		5.39	0.2850	0.1425
C12		6.40	0.4540	0.2270
T12		6.18	0.2414	0.1207
C6	24	5.95	0.3035	0.1518
T6		6.26	0.2082	0.1041
C12		5.94	0.5805	.29027
T12		5.81	0.3184	0.1592
C6	27	5.51	0.1965	0.0982
T6		5.83	0.1347	0.0673
C12		5.33	0.6233	0.3116
T12		5.72	0.5547	0.2773

## VIII. CONCLUSIONES

El tratamiento térmico aplicado (38°C por 24 horas) en tomate variedad "Trust" disminuyó el contenido de ácido ascórbico. El lote más afectado resultó ser el almacenado a 6°C. Los frutos control almacenados a 12°C alcanzaron mayor concentración de ácido ascórbico comparando con los frutos control almacenados a 6°C y que los frutos tratados y almacenados a 6 y 12°C.

El tomate variedad "Trust" resultó ser un fruto sensible al calor, habiéndose afectado en su metabolismo.

El almacenamiento a 6°C retrasó la maduración del fruto, observándose la inhibición de la pigmentación y una mayor textura que en el caso de los frutos almacenados a 12°C.

No se observaron diferencias en el contenido de sólidos solubles totales de los frutos control y tratados a 6 y 12°C.

El contenido de materia seca prácticamente permanece constante en los diferentes tiempos de almacenamiento a 6 y 12°C. Además no se observaron grandes diferencias entre los frutos control y tratados.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Armstrong, J. W. 1992. Fruit fly desinfestation strategies beyond methyl bromide. *New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science*. 20:181-193.
- Augustin, J.; Becker, C. y Maraousek, G. I. 1981. Quantitative determination of ascorbic acid in potatoes and potato products by high performance liquid chromatography. *Journal of Food Science*. 46:312-316
- Auserwald, H.; Peters, P.; Brückner, B.; Krumbien, A. y Kuchenbuch, R. 1999. Sensory analysis and instrumental measurements of short-term stored tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Postharvest Biology and Technology*. 15:323-334.
- Berlijn, D.; Orozco, F. L. y Glass, C. P. 1998. Manuales para la educación agropecuarias de tomates. Area: producción vegetales. Basados en el trabajos de: Ing. J.N.M. Van Haeff. Ed. Trillas. México, pp 9, 11-16.
- Boreinstein, B. 1987. The role of ascorbic acid in foods. *Food Technol*. 41(11): 98-99.
- Carrillo-López, A. y Félix-Félix, F. 1996. La tecnología postcosecha para la conservación en fresco de frutas y hortalizas. Ediciones Universidad Autónoma de Sinaloa. México. pp 19, 22.
- Cheng, T. S. y Shewfelt, R. L. 1988. Effect of chilling exposure of tomatoes during subsequent ripening. *Journal of Food Science*. 53(4):1160-1162
- Cobbe, R. V. 1983. Reavaliando as hortalizas. *Hort. Bras. A*. 12:10-17.
- Couey, H. M. 1989. Heat treatments for control of postharvest diseases and insect pest of fruit. *Hort Science*. 24(2):198-202.
- Craft, C. C. y Heinzen, P.H. 1954. Physiological studies of mature/green tomatoes in storage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci*. 64:634.
- Duckworth, R.B. 1996. Fruit and vegetables. Primera edición. Ed. Pergamon Press Lfd. Great Britain. pp 148-150.
- Eaks, I. L. 1916. Effect of temperature and holding period on some physical and chemical characteristics of lemon fruits. *J. Food Sci*. 26:593.

- FAO. 1992. Producción, postcosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. Ed. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago Chile. pp 212-213.
- Fennema, O. R. 1976. Principles of food science. Part 1. Food Chemistry. 1a Ed. Inc. New York. pp 792.
- Fennema, O. R. 1985. Introducción a la ciencia de los alimentos. Ed. Reverté, S. A., España. pp 418-420.
- Franco, G. V. E. 1982. Nitricao; texto básico e tabela de composicao química dos alimentos 6a. ed. Rio de Janeiro e Sao Paulo, Livraria Atheneu Ltda. pp. 222 .
- Hulme, A. C. 1970. The biochemistry of fruit and their products. Academic Press. England. pp 370-371.
- Kadam, S. S. y Salunkhe, D. K. 1995. Handbook of fruit science and technology. Production, composition, storage and processing. Edited by: D. K. Salunkhe, S. S. Kadam. Marcel Dekker, Ink. New York. pp 593-594.
- Kays, S. J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. AVI. New York, E.U.A. Pp 339.
- Klein, J. D. y Lurie, S. 1991. Postharvest heat treatment and fruit quality. Postharv. New Info. 2:15-19.
- Kushman, L. J. y Cooley, J. S. 1949. Effect of heat on black rot and keeping quality of sweet potatoes. J. Agric. Res. pp. 78, 183.
- Labuza, T. P. y Erdman Jr., J. W. 1984. Food Science and Nutritional Health. Editorial West. Minnesota, E. U. A. pp 297, 303.
- Lurie, S. 1998. Postharvest heat treatments. Postharvest Biology and Technology. 14:257-269.
- Lurie, S.; Handrox, A.; Fallik, E. y Shapira, R. 1996. Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at high temperature. Plant Physiology. 110:1207-1274.
- Lurie, S. y Klein, J. D. 1991. Acquisition of low-temperature tolerance in tomatoes by exposure to high-temperature stress. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 116: 1007-1012.

- McDonald, R. E.; McCollum, T. G. y Badlwin, E. A. 1996. Prestorage head treatments influence free sterols and flavor volatiles of tomatoes stored at Chilling temperature. *J. Amer. Hort. Sci.* 121: 531-536.
- McDonald, R. E. y McCollum T. G. 1998. Heat treatments of mature-green tomatoes: differential effects of ethylene and parcial ripening. *Journal American Hort Science.* 123 (3):457-462.
- Minolta. 1993. Precise color communication, color control from feeling to instrumentation. Minolta Camera Co., Japan.
- Othmer, K. 1998. Enciclopedia Temática de Química. Ed. Limusa. Tomo 5, primera ed. México. pp 1439,1141.
- Pantástico, B. Er. 1979. Fisiología de la postrecolección manejo y utilización de frutas y hortalizas tropical y subtropicales. Editorial CECOSA. México. pp.380.
- Paull, R. E. 1990. Postharvest heat treatments and fruit ripening. *Postharv. New Info.* 1:355-363.
- Paull, R. E. y Armstrong, J. 1994. Introduction. En: Paull, R. E., Armstrong, J. W. (Eds.), insect pests and fresh hoticultural products; treatments and resposes. CAB Internatonal. Wallingford, Oxon England. pp 1-36.
- Salveit, M. E. 1991. Prior temperature exposure affects subquent chilling sensitivity. *Physiol. Plant.* 82: 529-536.
- Saltveit, M. E. y Cabrera, R.M. 1987. Tomato fruit temperature before chilling influences ripening after chilling. *HortScience.* 22: 452-454.
- Scott, L. E y Kramer, A. 1949a. Physiological changes in asparagus after harvest. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 54: 357.
- Scott, L. E y Kramer, A. 1949b. The effect of storage upon the ascorbic acid of tomatoes harvest at different stages of maturity. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 54: 277.
- Scheider, W. L.. 1985. Principios de nutrición. Editorial Mc Graw-Hill. México. pp 212-213.

- Soto, Z. G. 1999. Efectos de la maduración del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en la planta o con el uso de etileno sobre el contenido de ácido ascórbico y la actividad de la ascorbato peroxidasa y ascorbato oxidasa. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. pp 77.
- Sozzi, G. O; Cascone, O. y Franschina, A. 1996. Effect of a high-temperature stress on endo- $\beta$ -mannanase and  $\alpha$ - and  $\beta$ -galactosidase activities during tomato fruit ripening. *Postharvest Biology and Thecnology*. 9 (1):49-63.
- Tarutani, T. 1961. Studies on storage of persimom fruits. *Mem. Fac. Agric. Kagawa Univ.* 19.
- Tejero, E. 1994. Radicales libres y antioxidantes. En: Cuadernos de nutrición. Ed. Salvador Zubirán Anchondo, México. 17 (3):21-28.
- Van Scott, S. 1997. Ácido ascórbico. *Revista enlace Merck*. Julio 1997. No. 12. Ed. Área Química MERCK-MEXICO. pp 13.
- Whitaker, B. D. 1994. A reassessment of heat treatments as a means of reducing chilling injury in tomato fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 4:75-83.
- Winsor, G. W. Davies, J. N. y Massey, D. M. 1962. Composition of tomato fruit. III. Juice from whole fruit and locules at different stages of ripeness. *J. Sci. Food. Agric.* 13:108.
- Yael, E.; Pasternak, H.; Shumulevich, I.; Rachmani, D.; Guedalia, D.; Grienberg, S. y Fallik, E. 1997. Color and firmness classification of fresh market tomatoes. *Journal Food Science* 62 (4):793-796.
- Yahia, E. M. e Higuera, C. I. 1991. Fisiología y tecnología post-cosecha de productos hortícolas. LIMUSA. México.
- Yoder, J. 1993. *Molecular biology of tomato*. Editorial Tecnomia. Pennsylvania EUA, Pp 1.
- Zapata, S. y Dufour, J. P. 1992. Ascorbic, dehydroascorbic and isoascorbic acid simultaneous determinations by reverse phase ion interaction HPLC. *Journal of Food Science*. 57 (2):506-511.