

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DEL METIL JASMONATO EN LA REDUCCIÓN DEL  
DAÑO POR FRÍO EN FRUTOS ALMACENADOS DE JOCOTE  
(*Spondias purpurea* L.) Y DE MANGO (*Mangifera indica* CV.  
TOMMY ATKINS L.)**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA  
CON ÉNFASIS EN FITOTECNIA**

**DANIEL VARGAS VALVERDE**

**2012**

EFFECTO DEL METIL JASMONATO EN LA REDUCCIÓN DEL DAÑO POR FRÍO  
EN FRUTOS ALMACENADOS DE JOCOTE (*Spondias purpurea* L.) Y DE  
MANGO (*Mangifera indica* CV. TOMMY ATKINS L.).

DANIEL VARGAS VALVERDE

TESIS PRESENTADA A LA ESCUELA DE AGRONOMÍA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA  
AGRONÓMICA CON ÉNFASIS EN FITOTECNIA



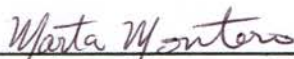
---

Dr. Eric Guevara Berger  
Director de Escuela



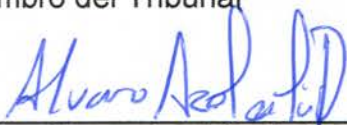
---

M. Sc. María del Milagro Cerdas Araya  
Directora de Tesis



---

Dra. Marta Montero Calderón  
Miembro del Tribunal



---

M.Sc. Alvaro Azofeifa Delgado  
Miembro del Tribunal



---

M.Sc. Marco Vinicio Sáenz Murillo  
Miembro del Tribunal



---

Daniel Vargas Valverde  
Sustentante

## ***DEDICATORIA***

A mis padres Alvaro y Lidiette  
por apoyarme toda mi vida y  
ser mis modelos a seguir.

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera agradecer primero a Dios y a la Virgencita de los  
Ángeles por permitirme estar aquí y ahora.

A mis padres por todo lo que me han dado.

A Cata por aguantarme como hermano.

A mis tías que siempre me han ayudado y aconsejado.

A Nadi por la invaluable ayuda y el apoyo que me dio durante  
este proceso, gracias por ser parte de mi vida.

A mis amigos en especial a Diego por toda su ayuda y por la  
amistad que me han regalado.

A Mila ya que más que una directora de tesis o profesora es  
una amiga y siempre me apoyó y ayudó durante este proceso.

A todo el personal del Laboratorio de Tecnología Poscosecha  
que me brindó su ayuda y consejo cuando lo necesité y del  
cual guardo muy buenos recuerdos.

A todas las personas que de una u otra forma han influido en  
mi vida, ya que sin ellas y ellos no sería quien soy ahora.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
ABREVIATURAS UTILIZADAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
CAPÍTULO I .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivo general .....	4
1.2. Objetivos específicos .....	4
REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1. Daño por frío .....	5
2.2. Metil Jasmonato (MJ) .....	13
MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
3.1. Materiales .....	16
3.2. Metodología .....	16
3.2.1. Tratamientos .....	18
3.2.2. Variables evaluadas .....	18
3.3. Diseño experimental .....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
4.1. Efecto del uso de MJ sobre los daños por frío en jocote .....	25
4.1.1. Índice de daño por frío (IDF) .....	25
4.2.2 Tasa de fuga de electrolitos (FE) .....	28
4.2.3 Contenido de sólidos solubles (SS) .....	30

4.2.4	Acidez titulable (AT).....	32
4.2.5	Color, escala CIE L*, a*, b* .....	34
4.2.	Efecto del uso de MJ sobre los daños por frío en mango .....	39
4.2.1.	Índice de daño por frío (IDF).....	39
4.2.2.	Tasa de fuga de electrolitos (FE).....	41
4.2.3.	Sólidos solubles totales (SS).....	44
4.2.4.	Acidez titulable (AT).....	47
4.2.5.	Firmeza de cáscara (N) .....	50
4.2.6	Color, escala CIE L*, a*, b* .....	53
CAPITULO V.....		61
CONCLUSIONES .....		61
CAPITULO VI.....		64
LITERATURA CITADA.....		64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Representación esquemática de la relación entre los eventos primarios y secundarios en el daño por frío (Wang 1990, traducido por Cerdas 1999). .....	11
<b>Figura 2.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre el Índice de Daño por Frío (IDF) en frutos de jocote. 27	
<b>Figura 3.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre el Índice de Daño por Frío (IDF) en frutos de jocote. ....	27
<b>Figura 4.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre la tasa de fuga de electrolitos (%) en frutos de jocote. ....	29
<b>Figura 5.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre la tasa de fuga de electrolitos (%) en frutos de jocote. ....	29
<b>Figura 6.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de jocote.31	
<b>Figura 7.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de jocote. ....	31
<b>Figura 8.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de jocote. 33	
<b>Figura 9.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de jocote. ....	33
<b>Figura 10.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre la variable L* en frutos de jocote. ....	36
<b>Figura 11.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre la variable L* en frutos de jocote. ....	36

<b>Figura 12.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre la variable a* en frutos de jocote. ....	37
<b>Figura 13.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre la variable a* en frutos de jocote. ....	37
<b>Figura 14.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre la variable b* en frutos de jocote. ....	38
<b>Figura 15.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre la variable b* en frutos de jocote. ....	38
<b>Figura 16.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el índice de daño por frío en frutos de mango. ....	40
<b>Figura 17.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el índice de daño por frío en frutos de mango. ....	40
<b>Figura 18.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la tasa de fuga de electrolitos en frutos de mango.....	42
<b>Figura 19.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la tasa de fuga de electrolitos en frutos de mango.....	42
<b>Figura 20.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12° sobre la tasa de fuga de electrolitos en frutos de mango.....	43
<b>Figura 21.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la tasa de fuga de electrolitos en frutos de mango.....	43
<b>Figura 22.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de mango.....	45



<b>Figura 23.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de mango.....	45
<b>Figura 24.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de mango.....	46
<b>Figura 25.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de mango.....	46
<b>Figura 26.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de mango. ....	48
<b>Figura 27.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de mango. ....	48
<b>Figura 28.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de mango. ....	49
<b>Figura 29.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de mango. ....	49
<b>Figura 30.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la firmeza (N) en frutos de mango. ....	51
<b>Figura 31.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la firmeza (N) en frutos de mango. ....	51
<b>Figura 32.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la firmeza (N) en frutos de mango. ....	52

<b>Figura 33.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la firmeza (N) en frutos de mango. ....	52
<b>Figura 34.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable L* en frutos de mango. ....	55
<b>Figura 35.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable L* en frutos de mango. ....	55
<b>Figura 36.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable L* en frutos de mango. ....	56
<b>Figura 37.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable L* en frutos de mango. ....	56
<b>Figura 38.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable a* en frutos de mango. ....	57
<b>Figura 39.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable a* en frutos de mango. ....	57
<b>Figura 40.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable a* en frutos de mango. ....	58
<b>Figura 41.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable a* en frutos de mango. ....	58
<b>Figura 42.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable b* en frutos de mango. ....	59

<b>Figura 43.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable $b^*$ en frutos de mango. ....	59
<b>Figura 44.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable $b^*$ en frutos de mango. ....	60
<b>Figura 45.</b> Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable $b^*$ en frutos de mango. ....	60

## ABREVIATURAS UTILIZADAS

**AT:** Acidez titulable (%)

**DF:** Daño por frío

**FE:** Fuga de electrolitos (%)

**IDF:** Índice de daño por frío (%)

**MJ:** Metil Jasmonato

**SS:** Sólidos solubles (%)

**n:** Número de frutos dañados (según el nivel de daño)

**N:** Número de frutos por grupo

**L<sub>1</sub>:** Lectura 1

**L<sub>2</sub>:** Lectura 2

**P:** Peso de los discos

**T:** Tiempo de incubación

**P<sub>m</sub>:** Peso de la muestra

**L:** Lectura del refractómetro

**V<sub>NaOH</sub>:** Volumen de NaOH

**N<sub>NaOH</sub>:** Normalidad de NaOH

**meq:** Miliequivalentes del ácido predominante

**L\*:** Luminosidad

**a\* y b\*:** Coordenadas cromáticas

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la aplicación exógena de Metil Jasmonato en frutos de jocote (*Spondias purpurea* L.) y de mango (*Mangifera indica* cv. Tommy Atkins L.) sobre la reducción del daño por frío provocado por el almacenamiento a 7°C y 12°C. Los tratamientos fueron MJ 10<sup>-5</sup>M, MJ 10<sup>-4</sup>M y el testigo sin aplicaciones. El periodo de almacenamiento en frío para el jocote fue de 7 días y se realizaron evaluaciones a los 1, 3 y 5 días después de colocar la fruta a 20°C. En el caso del mango, este se almacenó por 7, 14, 21 y 28 días y se evaluó inmediatamente después de sacarlo de la cámara y luego nuevamente después de permanecer por 5 días a 20°C. El diseño experimental utilizado fue un irrestricto al azar con arreglo factorial de tratamientos (3 tratamientos) y tiempo (3 periodos de almacenamiento al ambiente) en el caso de jocote y para mango con arreglo factorial de tratamientos (3 tratamientos), tiempo (4 periodos de almacenamiento en frío) y tiempo (2 evaluaciones después de salida de cámara). Se evaluó el índice de daño por frío, tasa de fuga de electrolitos, sólidos solubles (%), acidez titulable (%) y color (L\*, a\* y b\*) en jocote, en mango adicionalmente se evaluó firmeza (N). En jocote los resultados mostraron que el MJ tuvo efecto en las variables fuga de electrolitos (%), sólidos solubles (%), a\* y b\* a 7°C y a 12°C también afectó el IDF y L\* pero no afectó la acidez titulable (%) de la fruta a ninguna temperatura. En mango el MJ tuvo efecto sobre la variable IDF en la fruta almacenada a 7°C y evaluada 5 días después de cámara, sin embargo hay que señalar que a 12°C no se presentaron síntomas de Daño por Frío. Por otro lado MJ no afectó las variables FE (%), sólidos solubles (%), AT (%) ni firmeza ni sobre las variables de color.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Tanto el mango como el jocote, frutas de origen tropical, son muy susceptibles al daño por frío (DF) que se manifiesta severamente a temperaturas bajo 10 C° (González-Aguilar et al. 2000; Pereira et al.2003), por lo que cuando el producto es colocado a temperaturas de almacenamiento inferiores a las que el producto tolera se provocan daños severos, lo que es un obstáculo para obtener una vida útil más larga e ingresar a mercados más lejanos. Al reducir los efectos del daño por frío, es viable obtener vidas útiles más largas (Cerdas y Umaña 2008) lo que permitiría alcanzar dichos mercados con una fruta de calidad.

El cultivo del mango representa una parte importante de las exportaciones de frutas tropicales de Costa Rica, esta actividad involucra a pequeños, medianos y grandes productores. Durante la primera mitad de siglo XX la mayoría de la fruta provenía de árboles sembrados en los patios de las casas y cuya producción se comercializaba en el mercado local. Sin embargo, según Montero y Cerdas (2000), después de la década de los 70, las introducciones de nuevas variedades por parte de la Universidad de Costa Rica y algunos productores dio un impulso a la producción nacional.

La incursión de Costa Rica en el mercado internacional se propició en los ochentas, y a mediados de esa década los europeos mostraron predilección por

las variedades rojas (como Tommy Atkins) y para el año 1999 el área de siembra de variedades rojas había crecido hasta 7 172 ha (Montero y Cerdas 2000) y para el 2003 un área aproximada de 8000 ha (Ureña et al. 2007)

Actualmente los principales mercados compradores de mango son Europa y Estados Unidos, en los cuales existe competencia significativa por calidad, volumen y precios. Hoy en día se pueden abrir las posibilidades de ingresar a mercados más lejanos, lo que sería factible de realizar mediante el uso de bajas temperaturas, pues el almacenamiento en ellas permite reducir la velocidad de los procesos metabólicos que causan pérdidas de calidad, en gran parte por avances en el proceso de maduración (Saltveit y Morris 1990).

Con respecto al jocote, en Costa Rica tradicionalmente se ha utilizado como sombra en potreros y plantaciones de café y para cercas vivas. En la zona de La Uruca de Aserrí se contabilizan aproximadamente 5000 árboles dispersos en plantaciones pequeñas y en asocio con el cultivo de café (Cerdas y Umaña 2008). En los últimos años su producción ha tomado auge, y según el MAG (2007) se ha registrado un rendimiento de 4,8 toneladas por hectárea.

Los síntomas causados por bajas temperaturas generalmente se manifiestan días después de que la fruta ha sido retirada de la cámara fría (Nair y Zingh 2009b), y según Wang (1990) la transferencia de ésta a temperaturas cálidas favorece la incidencia de infecciones patogénicas ó desórdenes de maduración provocados por el daño por frío.

Es importante considerar que los daños pueden variar en intensidad según la susceptibilidad del cultivar, estado de madurez de la fruta, fecha de cosecha, latitud en que fue producida, temperatura de almacenamiento así como el tiempo de exposición, entre otros.

El Metil Jasmonato es un derivado del ácido jasmonico, juega un papel muy importante en la respuesta de las plantas a diferentes estreses. Ghasemnezhad y Javaherdashti (2008) indican que el MJ ha sido utilizado con éxito para reducir los síntomas de daño por frío en frutas frescas y vegetales. Diferentes autores han reportado que tratamientos con MJ pueden reducir el desarrollo de síntomas de daño por frío en zuquini (Wang y Buta 1994) y mango (González-Aguilar et al. 2000); adicionalmente el MJ ha demostrado tener efectividad sobre el desarrollo de hongos en grapefruit (Droby et al. 1999) así como reducir el decaimiento y mantener la calidad poscosecha en papayas (González-Aguilar et al. 2003) además de inhibir la contaminación microbial en apio y chile (Buta y Moline 1998) recién cortado.



## **1.1. Objetivo general**

Evaluar la efectividad del Metil jasmonato (MJ) en la reducción de daños causados por el almacenamiento a bajas temperaturas en jocote (*Spondias purpurea*) y mango (*Mangifera indica*).

## **1.2. Objetivos específicos**

1. Evaluar la factibilidad de utilizar MJ para reducir los síntomas de daño por frío en jocote (*Spondias purpurea*) morfotipo Tronador (Vuelta del Jorco).
2. Evaluar la factibilidad de utilizar MJ para reducir los síntomas de daño por frío en mango (*Mangifera indica*) cv. Tommy Atkins.
3. Evaluar los cambios en las características fisicoquímicas que pueda causar el uso de MJ en jocote (*Spondias purpurea*) morfotipo Tronador (Vuelta del Jorco).
4. Evaluar los cambios en las características fisicoquímicas que pueda causar el uso de MJ en mango (*Mangifera indica*) cv. Tommy Atkins.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Daño por frío

El daño por frío (DF) se define como el daño que se presenta tanto interna como externamente en una fruta que ha sido expuesta a temperaturas por debajo de su límite de tolerancia. Raison y Orr (1990) lo definen como la manifestación visual de la disfunción celular en plantas tropicales que han sido expuestas a temperaturas bajas, usualmente entre 0 y 15°C.

Como lo mencionan Mitra y Baldwin (1997), el daño por frío puede ocurrir en tránsito, distribución, durante la exhibición para la venta o durante almacenamiento. Para que el DF se presente en un fruto almacenado es necesario que se cumplan dos condiciones, primero que la temperatura a la que se expone la fruta esté por debajo de su temperatura crítica de almacenamiento (temperatura mínima que soporta la fruta sin sufrir daño) y segundo que el tiempo de exposición sea lo suficientemente largo para que los daños causados a la pared celular sean irreversibles (Salveit y Morris 1990, Cerdas 2010 y Arafat 2005).

Arafat (2005), también menciona que los síntomas de DF varían según la especie de planta y tipo de tejido afectado. Debido a esta situación no existe una forma

sencilla de medir los cambios visuales o fisiológicos que ocurren y estos son fácilmente confundidos con síntomas producidos por otros factores, por ejemplo daños mecánico e instalaciones contaminadas o una baja humedad relativa (Salveit y Morris 1990).

Salveit y Morris (1990) elaboraron una lista de los efectos y síntomas de DF comúnmente reconocidos:

- Cambios celulares: estos incluyen cambios en la estructura y composición de la membrana, cese en los movimientos del protoplasma, plasmólisis de las células y una elevada tasa de fuga de electrolitos. Abe (1990) y Kratsch y Wise (2000) dicen que estos cambios pueden aparecer en la mitocondria, tonoplasto y cloroplasto tan pronto la fruta sea expuesta a bajas temperaturas.
- Alteraciones metabólicas: se muestra un incremento anormal en las tasas de producción de dióxido de carbono y etileno en el tejido, algunas veces cuando se presentan temperaturas que causan daño por frío o más frecuentemente cuando el tejido dañado por frío se coloca a temperatura ambiente. También se incrementan los niveles de productos de la respiración anaeróbica y otros metabolitos anormales (Salveit y Morris 1990).
- Lesiones superficiales: estas incluyen hundimientos, puntilleo ("pitting") y decoloración de la superficie causados por la pérdida del contenido celular que escurre por la superficie de la fruta debido al

rompimiento de las células epidermales (Abe 1974, Zauberman et al. 1988 y Morris y Platenius 1938, citados por Wang, 1990).

- Decoloración interna: la pulpa y haces vasculares generalmente se oscurece, adquiriendo un tono café debido a la acción de la enzima polifenol oxidasa, la cual puede causar la pérdida de compuestos fenólicos desde la vacuola después que el daño se ha generado (Nilprapruck et al. 2008) y según Zauberman (1988) podría existir un efecto de la actividad peroxidasa y la celulasa sobre la aparición de este síntoma de daño por frío.
- Aceleración de la senescencia: esta ocurre cuando hay pérdida de clorofila debido a la fotooxidación (en la luz) y en la oscuridad.
- Susceptibilidad a pudriciones: los cambios antes mencionados proveen un medio favorable para el crecimiento de patógenos. Estos microorganismos atacan el tejido dañado por frío, el cual es atacado por parásitos que no crecen bien en tejidos sanos (Salveit y Morris 1990).
- Maduración anormal: generalmente los frutos no logran desarrollar un estado de madurez adecuado. Las características de aroma y sabor no se desarrollan adecuadamente (Salveit y Morris 1990).

Como lo mencionan Lyons (1973), Salveit y Morris (1990) y Arafat (2005), los síntomas de DF se presentan con mayor rapidez una vez que la fruta se retira del frío y se coloca a una mayor temperatura. Salveit y Morris (1990) mencionan que

la calidad de un producto expuesto a temperaturas causantes de daño por frío, no se va a ver muy comprometida si se consume inmediatamente ya que los síntomas no se han desarrollado aún.

Raison y Orr (1990) dividen el proceso de DF en dos eventos, el primero consiste en la lesión inducida por la temperatura la cual origina las disfunciones metabólicas que derivan en el daño del tejido. Wang (1990) indica que este evento se inicia cuando el tejido es expuesto a temperaturas menores a la crítica. El segundo evento incluye los procesos metabólicos que se afectan adversamente como consecuencia del evento primario y que causan los síntomas visibles y la muerte celular (Wang, 1990).

Según explica Come (1998) citado por Cáceres et al. (sin fecha) y Rayson y Orr (1990) existen diferentes respuestas que podrían ser la razón por la que ocurre el daño por frío. Además proponen que existen posibles eventos que podrían ser la causa primaria en el daño por frío tales como:

1. Aumento en la concentración del calcio en el citosol  $[Ca^{2+}]_{cit}$ ; se dice que el  $[Ca^{2+}]_{cit}$  actúa como mensajero fisiológico primario en el daño por frío en las plantas, por lo que al incrementar la concentración de este, podría aumentar la magnitud de la respuesta al daño por frío (Minorsky, 1985).
2. Alteraciones en la estructura del citoesqueleto y decrecimiento abrupto o marcado en la tasa de movimiento citoplasmático (ciclosis): La

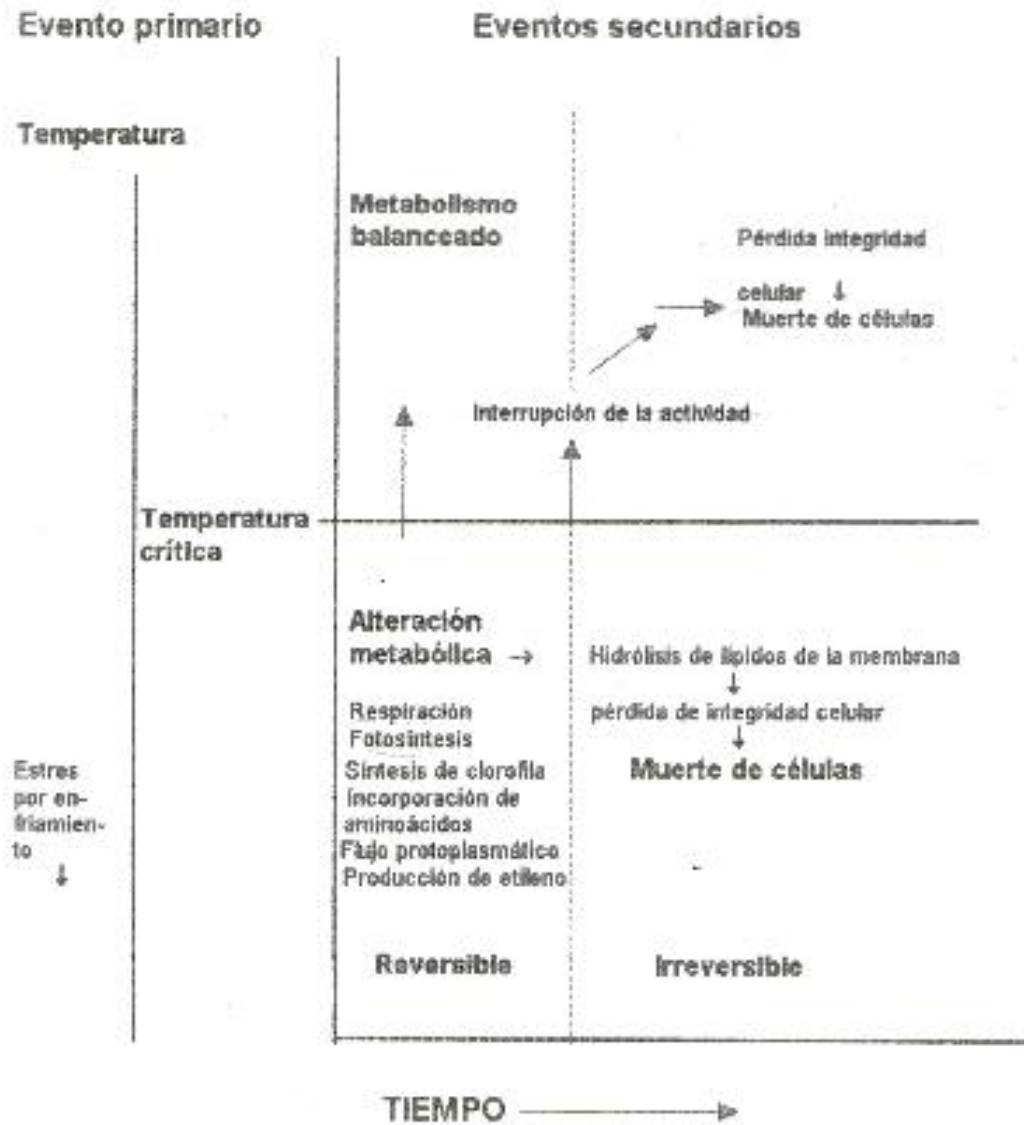
temperatura induce cambios en la estructura citoesquelética de las células, que a su vez afecta la dinámica del movimiento del protoplasma (ciclosis). Dicha dinámica de movimiento es única y dominante en las plantas sensibles al frío, comparadas con las plantas que no presentan esa sensibilidad al frío. Esos cambios se han considerado como una fase temprana del daño por frío, así como el evento primario (Rayson y Orr 1990).

3. Cambios conformacionales en algunas enzimas claves: La estructura terciaria de muchas proteínas es reversiblemente alterada cuando es sometida a bajas temperaturas. Por esto se dice que una alteración en la cinética y/o especificidad del sustrato puede causar una lesión clave en la inducción del daño por frío (Rayson y Orr 1990).
  
4. Cambios inducidos por la temperatura en la membrana de los lípidos: Se han dado dos hallazgos, (1) uno de ellos mostró que la flexibilidad de las membranas mitocondriales está determinada por la capacidad que estas tengan de hincharse y la capacidad de sensibilidad al frío que tenga el tejido del que se derivaron (Lyons et al. 1964). (2) Otro estudio dice que los cambios bruscos ocurridos en el funcionamiento de mitocondrias pertenecientes a plantas sensibles al frío, a temperaturas que coinciden con la temperatura crítica de los tejidos (Lyons y Raison, 1970).

Según Mazliak (1992), citado por Artés y Artés-Hernandez (2003), los cambios en la temperatura del medio altera el funcionamiento de las enzimas y transportadores incluidos en la membrana lipídica y por consiguiente el intercambio a través de ella. En los casos más severos produce un trasvase de electrolitos y metabolitos entre los diferentes compartimientos celulares y entre las células y el medio, llegando incluso a darse un rompimiento de la membrana, ya que según Salisbury y Ross (1992), al disminuir la temperatura los lípidos de las membranas celulares se solidifican a una temperatura crítica que esta determinada por la proporción de ácidos grasos saturados en relación con los insaturados.

Se dice que si las condiciones del frío permanecen constantes dichas respuestas primarias desencadenan respuestas secundarias entre ellas: incremento en la producción de etileno, pérdida de agua, cambios en la actividad respiratoria, se presenta aumento en la permeabilidad, la emisión de aceites esenciales volátiles, así como la producción de enzimas relacionadas con el metabolismo de los fenoles (Come, 1998 citado por Cáceres et al., sin fecha). Estas respuestas secundarias afectan las variables físicas y químicas de la fruta de diferente forma, Pereira y colaboradores (2003) indican, por ejemplo, que los valores de los sólidos solubles totales y la fuga de electrolitos incrementan conforme aumenta el tiempo y la temperatura de exposición, sin embargo la acidez titulable y la firmeza tienden a disminuir bajo las mismas condiciones.

Es probable que los sucesos primarios varíen con las especie, y por lo tanto el desarrollo de los síntomas cambie debido a la manipulación de los vegetales (Wang 1990).



**Figura 1.** Representación esquemática de la relación entre los eventos primarios y secundarios en el daño por frío (Wang 1990, traducido por Cerdas 1999).



Wang (1990) indica que la severidad de los eventos secundarios (daño) incrementa con el tiempo de exposición a temperaturas causantes de daño por frío. Si después de una breve exposición a temperaturas causantes de daño por frío, la temperatura se eleva por encima de la temperatura crítica, el balance del metabolismo puede ser restaurado, por lo que no se presentará daño en el tejido (figura 1).

Además, si la exposición a temperaturas causantes de daño por frío es prolongada, se alcanza la etapa o estado de “irreversibilidad”, en el cual se acelera el desarrollo del daño y la muerte de los tejidos (Wang, 1990). En este caso el proceso degradativo provoca que las células pierdan su integridad, y se manifieste visiblemente síntomas de daño por frío (Cerdas, 1999).

En el caso particular de jocote y mango, los síntomas más notorios de DF consisten en la aparición de manchas gris oscuras y “pitting” así como hundimientos irregulares en la superficie de la cascara y alteraciones en la maduración (Zauberman et al. 1988; Pereira et al. 2003).

El DF provoca severas pérdidas de productos a nivel mundial, por lo que es imperativo reducirlo; por esta razón el manejo óptimo de la temperatura es indispensable para disminuir los efectos de este sobre las frutas tropicales. Debido a esto se ha implementado el uso de compuestos químicos, los cuales permiten disminuir los efectos causados por las bajas temperaturas de almacenamiento durante largos períodos, uno de estos compuestos, es el Metil Jasmonato (un

derivado del Acido Jasmónico) el cual ha probado tener buenos resultados en diferentes estudios (Ghasemnezhad y Javaherdashti, 2008).

## **2.2. Metil Jasmonato (MJ)**

Los jasmonatos son una clase de oxilipinas que ocurren naturalmente como reguladores de crecimiento e inducen una amplia variedad de respuestas en las plantas (Xuetong et al. 1998, Sembner y Partier (1993) citado por Toivonen y Beveridge 2005).

Otros autores como Creelman y Mullet (1997) mencionan que el MJ es un compuesto natural que juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, la maduración de la fruta, y las respuestas al estrés ambiental.

Curtis (1984) y Yamane et al. (1981) indican que se ha demostrado que los jasmonatos poseen numerosos efectos biológicos, entre ellos promover la abscisión de las hojas, inhibición de la germinación de las semillas, el crecimiento longitudinal y de raíces. Además otros autores citan que los jasmonatos juegan un papel integral en la transducción de la cascada de señales intracelulares, las cuales actúan en los mecanismos de defensa que las plantas desarrollan contra patógenos y otros medios de estrés (González et al. 2000).

Según Wang (2006) el MJ funciona como reductor de daño por frío en ciertas frutas y hortalizas, entre ellas mangos, papayas, chiles, tomates, zuquinis y

calabazas. Además se dice que el MJ promueve la resistencia de los tejidos al daño por frío, pues incrementa la expresión de las proteínas de choque térmico, las proteínas relacionadas con la patogénesis y la oxidasa alternativa. Se ha mostrado que el MJ mejora la capacidad antioxidante; promoviendo una mayor actividad de las enzimas antioxidantes en los tejidos.

Se ha observado que el MJ disminuye los síntomas de daño por frío en productos como piña (De la Cruz et al., 2007), manzanas (Fan et al., 1997,1998), frambuesa (Ghasemnezhad y Javaherdashti, 2008), papaya y mango (Gonzalez-Aguilar et al., 2003, 2000), lo cual ha sido atribuido a que el MJ promueve el incremento de los niveles de poliaminas y ácido abscísico y la inducción de proteínas de choque térmico (González-Aguilar et al, 2003; Wang y Buta, 1994; Ding et al., 2002). Este producto ha sido utilizado en poscosecha pues permite la retención de la capacidad antioxidante en arándanos almacenados (Wang, 2001), también aumenta la producción de etileno y acelera la respiración, promoviendo la maduración en mango (Lalel et al. 2003).

Wang (2006) cita que el MJ también puede actuar para prevenir el daño por frío por medio de mecanismos que involucran la protección de los tejidos, evitando el daño provocado por radicales libres en los mismos. Además según este autor, el MJ podría aumentar la resistencia a la invasión de patógenos en cultivos que han sido dañados por frío.

Se ha encontrado que el MJ estimula la actividad de dos isoformas de la enzima superóxido dismutasa. Esta enzima recoge los radicales libres en forma de superóxidos, a su vez inhibe la peroxidación de los lípidos y reduce la degradación de la membrana. Según Czapski y colaboradores (1992) el MJ incrementa los contenidos de ácido linoleico. Este incremento puede llevar a un aumento de la insaturación de los ácidos grasos y proveer una mayor tolerancia al daño, así como también inducir la síntesis de proteínas específicas nuevas, que son importantes para aumentar la tolerancia al estrés causado por temperaturas extremas (Parthier 1990; Murata et al. 1992).

Según Saniewski et al. (1987) citado por Toivonen y Beveridge (2005); Pérez et al. (1993) y Fan et al. (1997) también se ha demostrado que el MJ promueve la degradación de la clorofila, la producción de etileno y la senescencia en tomates y manzanas. Sin embargo, a diferencia del etileno, el cual produce efectos similares en la clorofila, la producción de etileno y senescencia, el Metil Jasmonato no parece afectar la firmeza o la pérdida de sólidos solubles en manzanas (Fan et al., 1998).

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales**

- Para la prueba con jocote morfotipo Tronador de Vuelta del Jorco, caracterizado por Azofeifa (2007), el material se cosechó con una franja de color morado (15%), en una finca productora ubicada en La Uruca de Aserrí. La fruta fue sumergida en una solución de agua con cloro a 100 ppm por dos minutos.
- El material experimental para la prueba con mango (cv. Tommy Atkins) se obtuvo de una finca de la empresa Manga Rica ubicada en Liberia Guanacaste. La fruta fue cosechada en madurez fisiológica y preparada con el procedimiento estándar para exportación al mercado europeo que consiste en lavado con agua con una concentración de cloro de 150 ppm durante dos minutos seguido de un tratamiento térmico a 53°C por 1 a 3 minutos en la cual se adiciona prochloraz a 500 ppm y posterior encerado por aspersion (Morera 2012).

#### **3.2. Metodología**

La fruta se transportó en un vehículo tipo pick-up en cajas plásticas y cubiertas por una lona al Laboratorio de Tecnología Poscosecha, del Centro de Investigaciones

Agronómicas, de la Universidad de Costa Rica para su tratamiento, almacenamiento y evaluación.

Los tratamientos a los que se sometió la fruta (jocote y mango) fueron los siguientes:

- Aplicación de Metil Jasmonato (MJ) en estado gaseoso en concentración de  $10^{-4}M$
- Aplicación de Metil Jasmonato (MJ) en estado gaseoso en concentración de  $10^{-5}M$
- Testigo sin aplicaciones

Para la aplicación del Metil Jasmonato tanto a  $10^{-4}M$  como  $10^{-5}M$ , se impregnó el MJ en tres papeles de filtro y estos se colocaron en ganchos en la parte superior de un estañón de 150 L litros de capacidad, luego se introdujeron los frutos (en el caso del jocote se colocaron 150 frutos en cada estañón y en el caso del mango 144 frutos) y se procedió a cerrar el recipiente herméticamente. El estañón se colocó en posición horizontal en una cámara refrigerada a  $20^{\circ}C$  (González-Aguilar *et al.*, 2004) junto con la fruta no tratada que sirvió como testigo. Después de doce horas, la fruta se extrajo del estañón, se dividió en dos grupos uno de los cuales se almacenó a  $7^{\circ}C$  y el otro a  $12^{\circ}C$ , tanto para el caso del jocote como para el mango.

### **3.2.1. Tratamientos**

- **Jocote:** la fruta se almacenó a 7°C y 12°C y 95% de humedad relativa por 7 días, luego de este periodo se colocó a 20°C por 1, 3 y 5 días y se procedió a realizar las evaluaciones correspondientes a esos periodos.
- **Mango:** la fruta tratada se mantuvo en cámara refrigerada a 7°C y 12°C y 95% de humedad relativa durante 7, 14, 21 y 28 días, al finalizar cada uno de los anteriores periodos en cámara fría la mitad de la fruta se evaluó al salir de cámara y el resto se colocó a 20°C por 5 días.

### **3.2.2. Variables evaluadas**

Para cada tratamiento (Testigo, MJ 10<sup>-5</sup>M y MJ 10<sup>-4</sup>M) de cada temperatura (7°C y 12°C) se evaluaron las siguientes repeticiones:

- **Jocote:** para las variables no destructivas (IDF, L\*, a\* y b\*) se evaluaron 5 repeticiones de 5 frutos cada una (se evaluaron en total 25 frutos), en el caso de las variables destructivas (FE, SS y AT) se evaluaron 5 repeticiones (cada repetición consistió de una muestra compuesta por 5 frutos).
- **Mango:** para todas las variables (IDF, FE, SS, AT L\*, a\*, b\* y Firmeza) se evaluaron 9 frutos correspondientes a 9 repeticiones.

Las variables evaluadas fueron:

1. Índice de daño por frío (IDF):

Se utilizó una escala visual de 5 niveles para determinar la severidad del daño por frío en la cáscara de la fruta, incluyendo áreas hundidas y manchas grisáceas (García *et al.* 2005), donde:

- 0 indica que no existe daño
- 1 indica un daño leve (<10%)
- 2 indica un daño moderado (10-15%)
- 3 indica un daño severo (15-25%)
- 4 indica un daño muy severo (>25%)

El Índice de daño por frío se calculó usando la siguiente fórmula propuesta por García *et al.*, 2005:

**Ecuación 1.** Fórmula para el cálculo del Índice de daño por frío.

$$\text{IDF} = [n(0) + n(1) + n(2) + n(3) + n(4)]/N$$

Donde:        n= número de frutos dañados (según el nivel de daño)

                  N= número de frutos por grupo.



## 2. Tasa de fuga de electrolitos (FE):

Se usó la metodología propuesta por Cabrera y Saltveit (1990) según la cual se extrajeron aproximadamente 5 g de muestra con forma de disco de la cáscara de las frutas con un sacabocados de 8 mm de diámetro y procurando un grosor aproximado de 3 mm, los cuales se pesaron (g) y lavaron tres veces con agua destilada y posteriormente se colocaron en un recipiente de vidrio junto con una solución de Manitol 0,4M.

Los recipientes se dejaron incubando por un periodo de 15 minutos con agitación constante (mediante el uso de un agitador) y se midió la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}$ ) de la solución con la muestra, utilizando un conductímetro OAKTON 510. Seguidamente estos se llevaron a punto de ebullición por 15 minutos y se dejaron una hora a temperatura ambiente con agitaciones periódicas cada 15 minutos; por último se tomó una segunda la lectura de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}$ ).

Luego se utilizó la siguiente ecuación propuesta por Cabrera y Saltveit (1990):

**Ecuación 2.** Fórmula para el cálculo de tasa de fuga de electrolitos.

$$\text{Tasa de fuga de electrolitos (\%/g/h)} = \frac{(L1/L2)*100}{P*T}$$

Donde: L1= primera lectura de conductividad ( $\mu\text{S}$ )

L2= segunda lectura de conductividad ( $\mu\text{S}$ )

P= peso de los discos (g)

T= tiempo de incubación (h)

### 3. Contenido de sólidos solubles (%) (UCR-CIA, 2007):

Para el jocote se pesó la pulpa, se agregaron 75 ml de agua destilada, se licuó, y se vertió a un beaker a través de una gasa para obtener el jugo. Posteriormente se utilizó la siguiente fórmula para realizar la corrección de los datos:

**Ecuación 3.** Fórmula para corrección de datos debido a dilución de la muestra.

$$SS (\%) \text{ corregido} = L * ((Pm + 75) / Pm)$$

Donde: L= lectura del refractómetro

Pm= peso de la muestra (g)

En el caso de mango se utilizó un extractor de jugo, marca Oster modelo 3169-13, se introdujo la pulpa, se trasvasó a un beaker a través de una gasa usada como filtro y se obtuvo el jugo.

Luego en ambos casos (jocote y mango) se vertió jugo hasta cubrir completamente el prisma de un refractómetro digital Atago, modelo PR-100 (rango 0-53% y temperatura autocompensada) y se registró el valor para cada muestra.

4. Acidez titulable (%) (UCR-CIA, 2007a):

Se colocaron 5 ml del jugo de la fruta en un recipiente, y se añadieron aproximadamente 20 ml de agua destilada. Luego se utilizó un titulador automático Orión, modelo 940, para determinar el volumen de NaOH requerido para alcanzar un pH 8; posteriormente se utilizó la siguiente fórmula:

**Ecuación 4.** Fórmula utilizada para calcular el porcentaje de Acidez Titulable (AT).

$$AT = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * meq_{ácido x} * 100}{Pm}$$

Donde:  $V_{NaOH}$  = volumen de NaOH (ml) utilizado en la titulación

$N_{NaOH}$  = normalidad de NaOH

$meq_{ácido x}$  = miliequivalente de ácido predominante (ácido málico; meq: 0.067)

$Pm$  = peso de la muestra (g)

En el caso del jocote el valor de AT obtenido se corrigió utilizando la siguiente ecuación:

**Ecuación 5.** Fórmula para corrección de datos debido a dilución de la muestra.

$$AT (\%) \text{ corregido} = L * ((Pm + 75) / Pm)$$

Donde:  $L$  = AT obtenido en la ecuación 4

$Pm$  = peso de la muestra (g)

5. Color (escala CIE L\*,a\*,b\*) (Minolta, 1998):

Estas variables se midieron con un colorímetro Minolta, modelo CR-300, calibrado con un plato reflectivo estándar. Las medidas se registraron en la escala L\*, a\* y b\*, donde:

L\*: luminosidad en rango de 0 reflexión (negro) a L=100 (reflexión máxima, blanco).

a\*: desde valores negativos correspondientes al color verde, hasta valores positivos correspondientes al rojo.

b\*: desde valores negativos (azul) hasta valores positivos (amarillo).

6. Firmeza de cáscara (N) en mango:

La firmeza se midió solo en mango y para ello se utilizó un penetrómetro de mesa marca Chatillon (0-100N) montado sobre un soporte fijo de perforación para garantizar que se aplique la presión a un ritmo controlado e invariable. Se tomó el fruto de mango, y se realizaron dos mediciones en los costados opuestos de la fruta con una punta cónica y a una profundidad de 5 mm.

### **3.3. Diseño experimental**

Para jocote se utilizó un diseño irrestricto al azar con modelo factorial 3x3 (tratamientos, número de evaluaciones de la fruta almacenada al ambiente). La unidad experimental en los ensayos de jocote morfotipo Tronador (Vuelta del Jorco) fue de cinco frutos con cinco repeticiones. En el caso de las variables IDF, L\*, a\* y b\* se evaluaron los 25 frutos; para FE, SS y AT se evaluó una muestra compuesta (5 repeticiones).

En el caso de mango se utilizó un diseño irrestricto al azar con modelo factorial 3x4x2 (tratamientos, períodos de almacenamiento en cámara fría, número de evaluaciones de la fruta colocada al ambiente) y la unidad de mango cv. Tommy Atkins consistió en un fruto y nueve repeticiones.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa Infostat y se realizó un ANDEVA con una prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) ( $p \leq 0,05$ ).

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Efecto del uso de MJ sobre los daños por frío en jocote

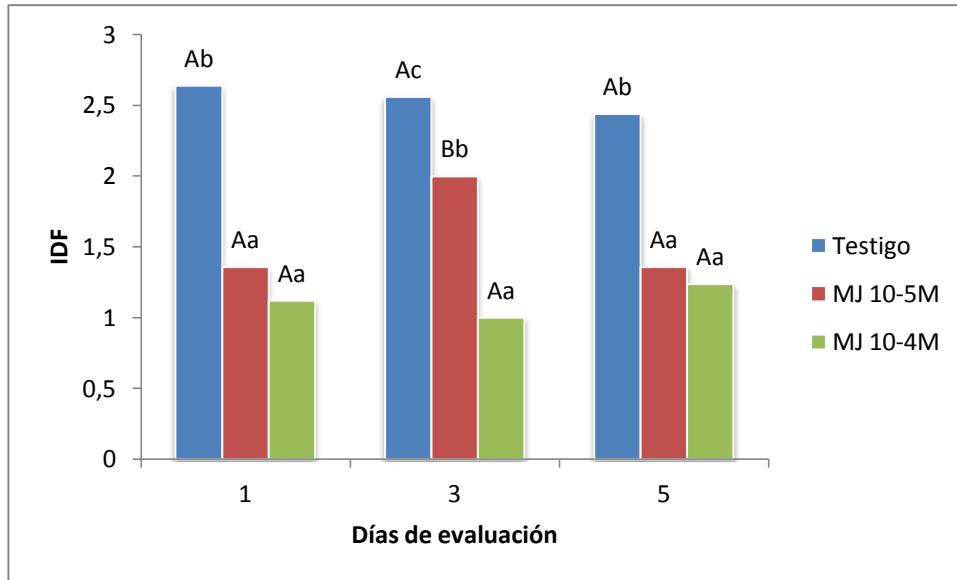
##### 4.1.1. Índice de daño por frío (IDF)

En la figura 2 se observa que los tratamientos con mostraron un menor IDF desde el primer día de almacenamiento y durante los siguientes 5 días. El MJ en las dos concentraciones evaluadas redujo significativamente ( $p \leq 0.05$ ) los síntomas de DF, tales como manchas oscuras de la cáscara y hundimientos con respecto al testigo; este resultado es congruente con lo descrito por De La Cruz et al. (2007) y González-Aguilar et al. (2001), quienes encontraron que al tratar la fruta con MJ disminuyó los síntomas de DF en piña y mango respectivamente.

Al usar una concentración  $10^{-5}M$  de MJ los resultados mostraron un incremento en el IDF después de 3 días de almacenamiento y posteriormente una disminución en el valor de dicha variable, lo que podría deberse a un error de medición a la hora de evaluar la fruta.

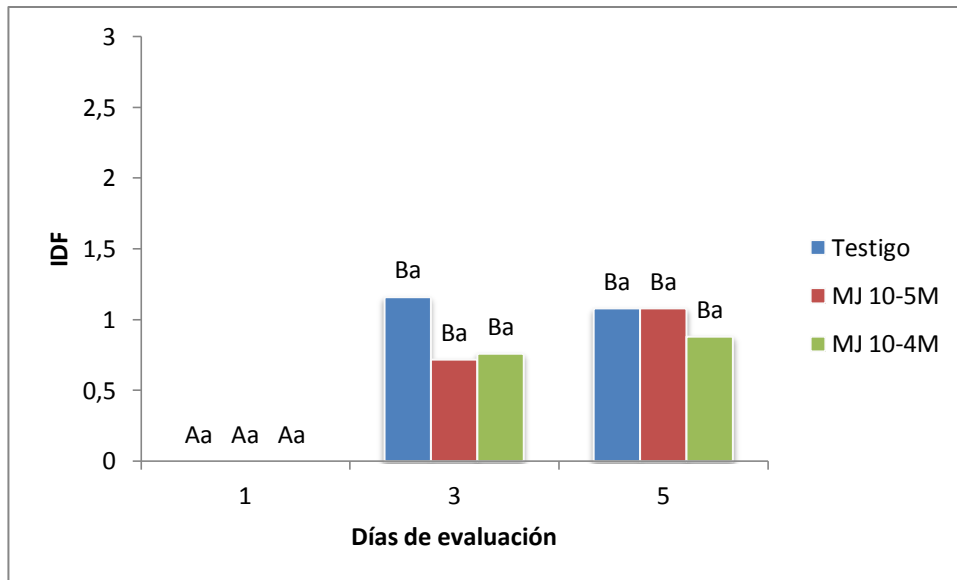
La fruta almacenada a  $12^{\circ}C$  tuvo una expresión muy leve de los síntomas de DF a partir de 3 días al ambiente, esto se puede apreciar en la figura 3. No existió diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre los tratamientos en ningún periodo de evaluación y esto es consistente con lo indicado por Pereira et al. (2003) y Pérez et al. (2004) quienes mencionan que la temperatura crítica de almacenamiento del jocote depende del grado de madurez en el que se exponga a la temperatura

causante de DF. La fruta que se utilizó en este ensayo corresponde a lo que Pereira et al. (2003) llaman “quiebre” (según el original “breaker”), es decir cuando la fruta apenas denota una pinta de color morado sobre el fondo verde. En este estadio la temperatura crítica indicada por el autor fue de 9,5°C y Pérez et al. (2004) mencionan que la fruta almacenada a 12°C no presentó síntomas de DF, lo que coincide con lo obtenido en este ensayo a esa misma temperatura cuando la fruta salió de cámara, pero una vez que se dejó al ambiente 3 y 5 días se presentó un daño leve según la escala utilizada.



† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 2.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre el Índice de Daño por Frío (IDF) en frutos de jocote.



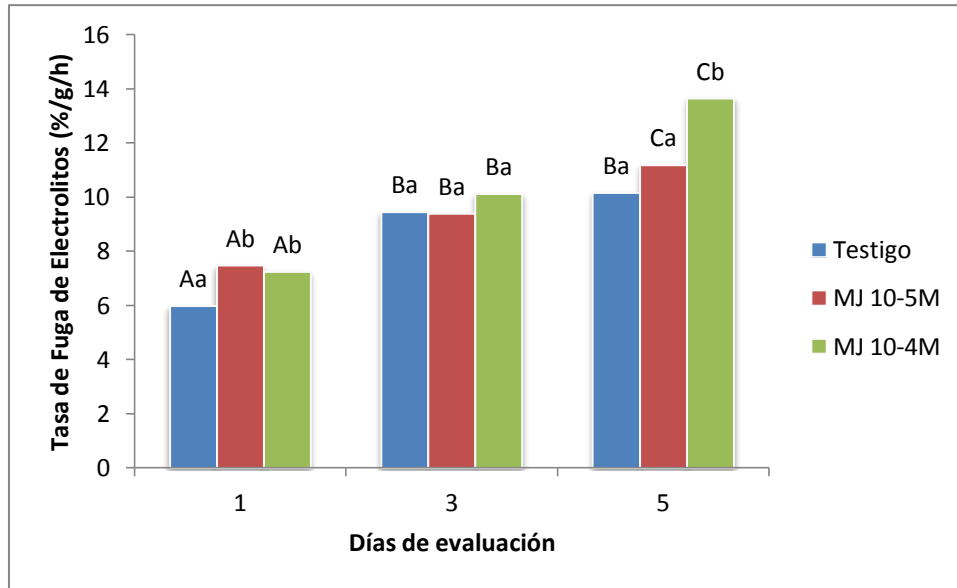
† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 3.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre el Índice de Daño por Frío (IDF) en frutos de jocote.



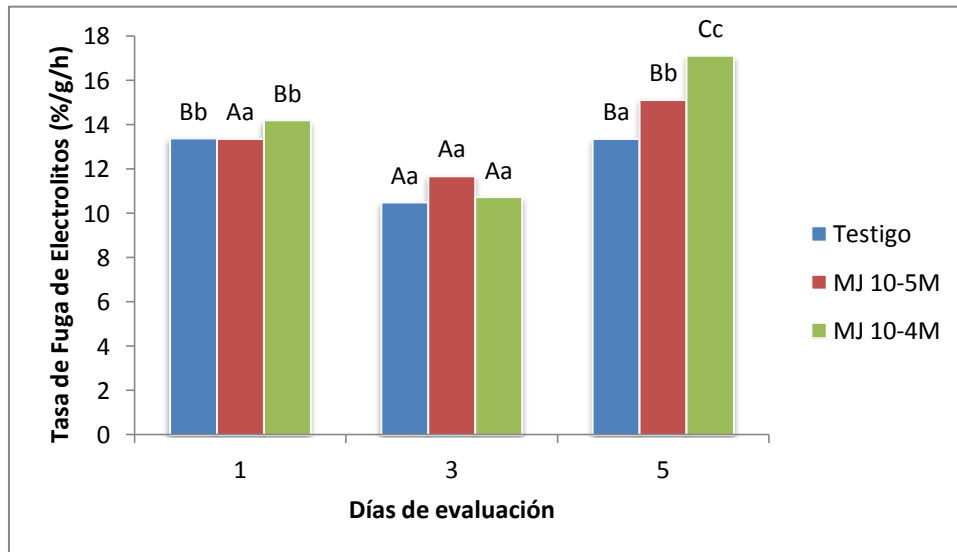
#### 4.2.2 Tasa de fuga de electrolitos (FE)

En la figura 4 se muestra que no hubo efecto del MJ en la variable Fuga de Electrolitos con respecto a los valores presentados en el testigo. No obstante, Fuchs et al. (1999) señalan que esta variable podría no ser una medida confiable del daño por frío o del flujo de electrolitos por daño a la membrana celular ya que este valor puede ser influenciado por el proceso normal de maduración. Además, Cotê et al. (1993) encontraron que en frutos de tomate extremadamente dañados por frío se dio una disminución en la fuga de electrolitos, la cual los autores atribuyen a la desmetilación de las pectinas, ya que mencionan que esta desmetilación podría causar un enlace de los iones fugados afectando la medición de la fuga de electrolitos. Por otro lado, en las figuras 4 y 5, se presenta una tendencia al incremento en los valores de FE cuando se considera el tiempo de almacenamiento. Autores como Fuchs et al. (1989) y Cerdas (1999) y indican que la fuga de electrolitos podría tener más relación con el proceso de maduración que con la salida de electrolitos, lo cual podría explicar el aumento en la tasa de fuga al incrementarse el periodo de almacenamiento a 20°C.



† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 4.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre la tasa de fuga de electrolitos (%) en frutos de jocote.



† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 5.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre la tasa de fuga de electrolitos (%) en frutos de jocote.

#### 4.2.3 Contenido de sólidos solubles (SS)

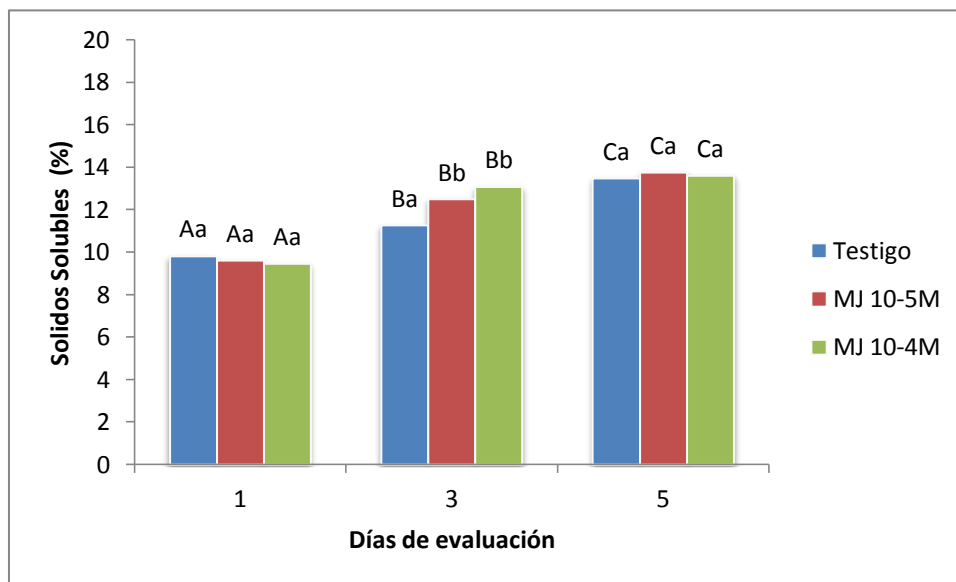
En las figuras 6 y 7 se aprecia que no hubo efecto de MJ en ninguna concentración sobre la variable de SS. Cuando se tomó en cuenta el efecto del período de almacenamiento en la fruta colocada a 7°C se dio un incremento significativo en SS una vez que la fruta se retiró del frío. En el periodo de evaluación de 3 días al ambiente el testigo tuvo valores significativamente menores a la fruta tratada con MJ, sin embargo esta diferencia no podría atribuirse a un efecto de MJ sino que pudo deberse a la temperatura de almacenamiento.

El aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) de los valores de las evaluaciones 3 y 5 (figura 6) podrían deberse al incremento de SS provocado por el proceso de maduración como lo señalan Pereira et al. (2003).

En el caso de la fruta almacenada a 12°C el valor de SS a través del tiempo fue estable durante todo el periodo, probablemente debido a que 12°C es una temperatura lo suficientemente alta como para permitir un desarrollo adecuado de la maduración de la fruta. El tratamiento MJ  $10^{-4}M$  presentó valores significativamente más bajos en las evaluaciones después de 1 y 5 días a 20°C en relación al testigo y MJ  $10^{-5}M$ , pero esta diferencia podría deberse al efecto del almacenamiento.

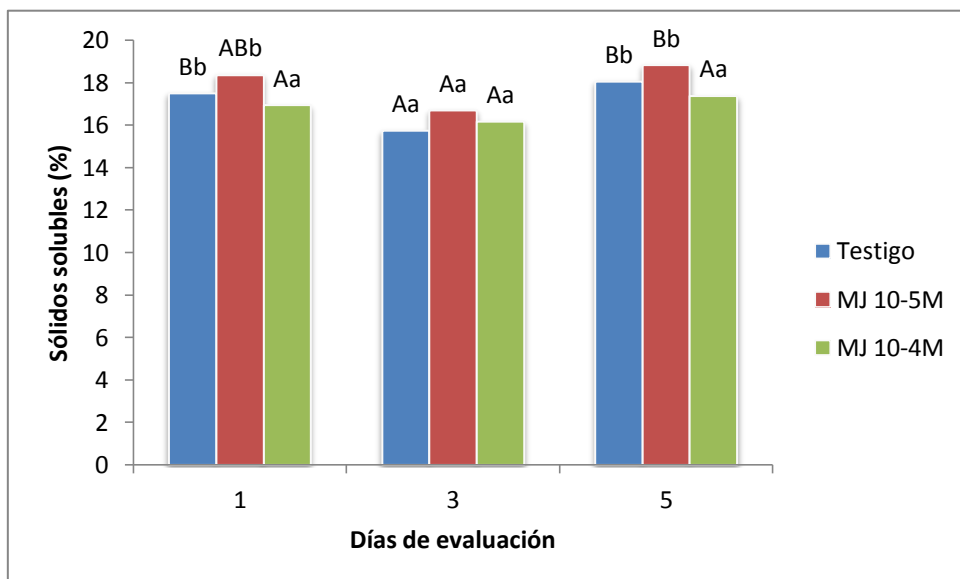
La fruta almacenada a 12°C mostró valores de SS ligeramente superiores a los de la que fue almacenada a 7°C, estos resultados concuerdan con lo obtenido por Pereira et al. (2003) quienes mencionan que el porcentaje de SS en jocote aumentó a medida que se incrementó la temperatura y el tiempo de exposición.

A su vez González-Aguilar et al. (2007) tampoco encontraron efecto de MJ sobre esta variable en guayaba.



† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 6.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de jocote.



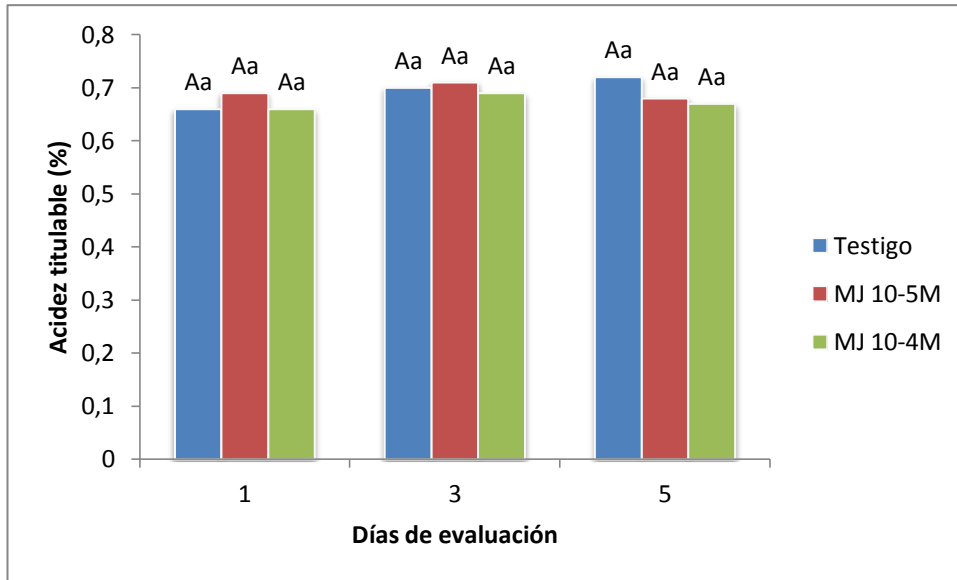
† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 7.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de jocote.

#### 4.2.4 Acidez titulable (AT)

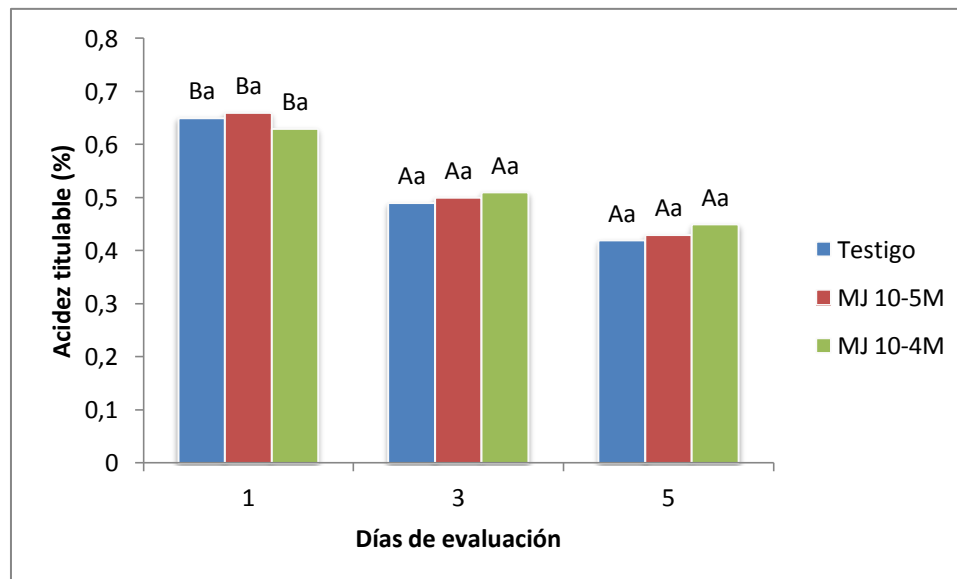
La variable acidez titulable (AT) en jocote no fue afectada por la aplicación de MJ ( $p \leq 0,05$ ) ni a 7°C ni a 12°C.

En la figura 8 se observa que AT tampoco cambió durante el almacenamiento a 20°C. Por otro lado a 12°C (figura 9) se encontró una tendencia decreciente de la acidez conforme aumentó el tiempo de almacenamiento a 20°C y puede atribuirse a la disminución de la acidez por la maduración de la fruta. Estos resultados son congruentes con los resultados obtenidos por De La Cruz et al. (2007) en piña y González-Aguilar (2007) en guayaba quienes indican que la aplicación exógena de MJ no afecta los valores de AT.



† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 8.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de jocote.



† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 9.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de jocote.

#### 4.2.5 Color, escala CIE $L^*$ , $a^*$ , $b^*$

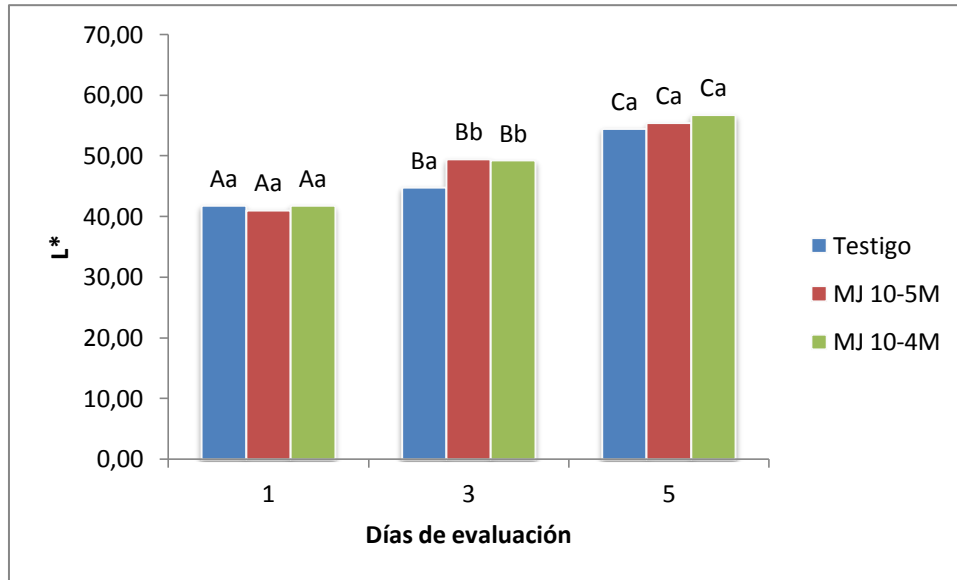
La fruta almacenada a 7°C, para los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  presentó una tendencia a aumentar conforme aumentó el periodo de almacenamiento a 20°C, el valor de  $L^*$  para fruta tratada (MJ  $10^{-5}$  y  $10^{-4}$ M) fue significativamente ( $p \leq 0,05$ ) mayor en relación al testigo en el periodo de evaluación 3, para la variable  $a^*$  y  $b^*$  la fruta tratada con MJ  $10^{-4}$ M obtuvo valores significativamente ( $p \leq 0,05$ ) mayores a los demás tratamientos en los periodos 3 y 5. Aunque los valores de  $L^*$  y  $b^*$  mostraron una tendencia a aumentar con el tiempo (figuras 10, 11, 14 y 15), en el periodo final de evaluación la fruta alcanzó una tonalidad amarilla opaca no acorde a la encontrada en jocotes que han madurado correctamente. Al respecto, Cerdas y Umaña (2008) indican que en mango y jocote estas variables están “muy ligadas”, y mencionan que los valores bajos de  $L^*$  implican coloraciones oscuras que en este caso podrían deberse a la presencia de manchas grisáceas-oscuras causadas por el DF y que un valor bajo de  $b^*$  está relacionado con la presencia de poco color amarillo en la fruta.

Así mismo, se observa en la figura 12 que los valores de  $a^*$  fueron negativos durante el periodo de evaluación de 1 día después de salida de cámara, y después aumentan significativamente ( $p \leq 0,05$ ) en la fruta evaluada 3 días después, es decir el valor de  $a^*$  aumentó proporcionalmente según aumentó el periodo de almacenamiento al ambiente (tendencia observada también en la fruta almacenada a 12°C según la figura 13) y esto concuerda con lo indicado por Cerdas y Umaña (2008), quienes mencionan que un valor de  $a^*$  bajo indica que el

desarrollo del color rojo no ha alcanzado su expresión y que al inicio del periodo de almacenamiento al ambiente se presentaron valores negativos y estos aumentaron a través del tiempo. Varios autores también concuerdan que la presencia de áreas de retención de color verde en la fruta, fenómeno observado durante el ensayo, puede atribuirse al daño sufrido en los cloroplastos y que interfiere en la conversión de estos en cromoplastos (carotenoides, antocianinas y licopenos) debido a que las bajas temperaturas a las que fue expuesta la fruta inhiben la síntesis de estos pigmentos (Kratsch y Wise 2000; Pereira et al. 2003).

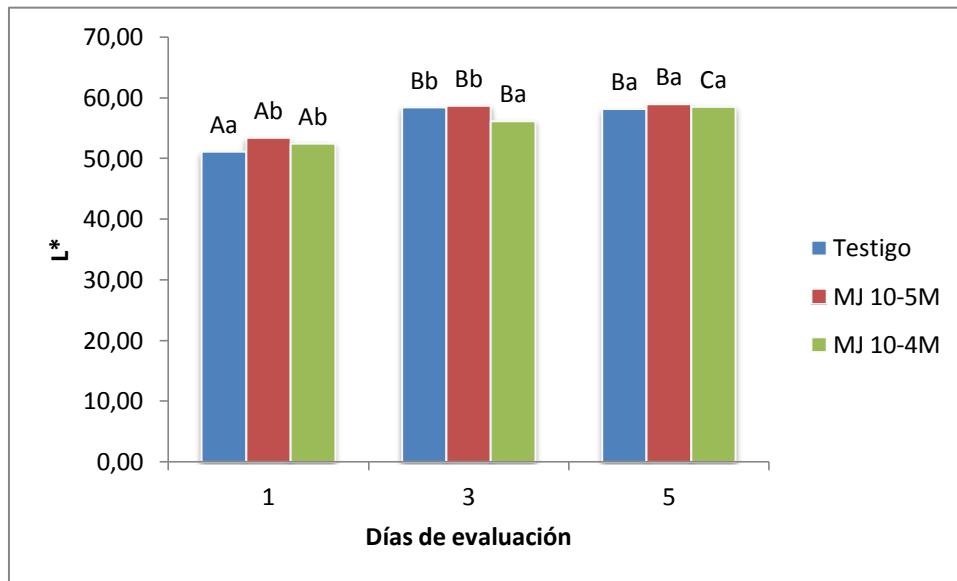
En general se aprecia, que en el producto almacenado a 7°C se obtuvo valores menores de L\*, a\* y b\* que la almacenada a 12°C, por lo que la fruta almacenada a la temperatura más baja mostró una fruta con un color amarillo pálido, sin una cobertura total de la superficie del fruto, áreas de de retención de color verde y con una muy pobre expresión del color rojo, predominando al final, un color anaranjado. Esto podría deberse a que estas variables fueron afectadas en su expresión al permanecer la fruta a 7°C durante el almacenamiento. Autores como Pereira et al. (2003) citan que a bajas temperaturas los carotenoides se dañan y por tanto se afecta su expresión tanto en tonalidad (a\* y b\*) como en luminosidad (L\*).





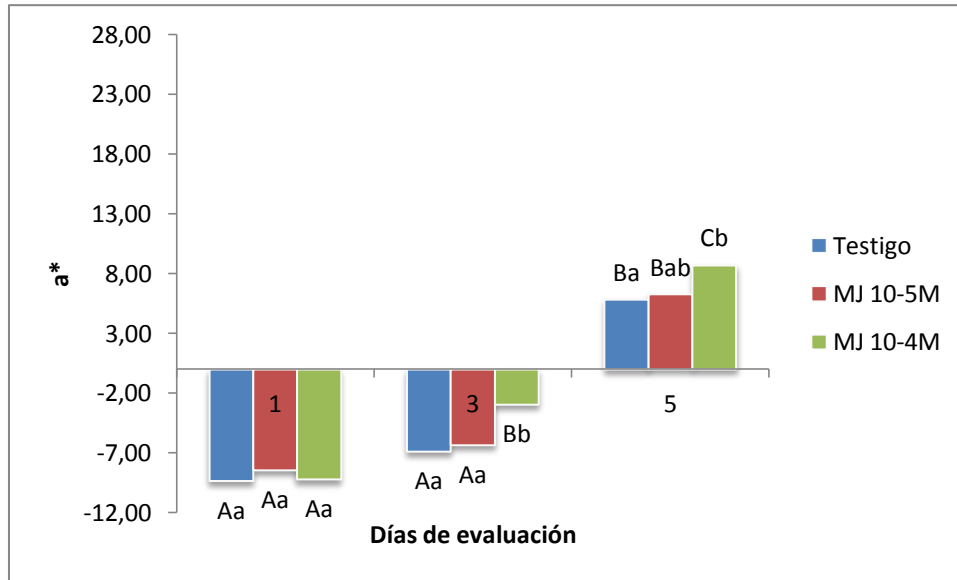
† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 10.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre la variable L\* en frutos de jocote.



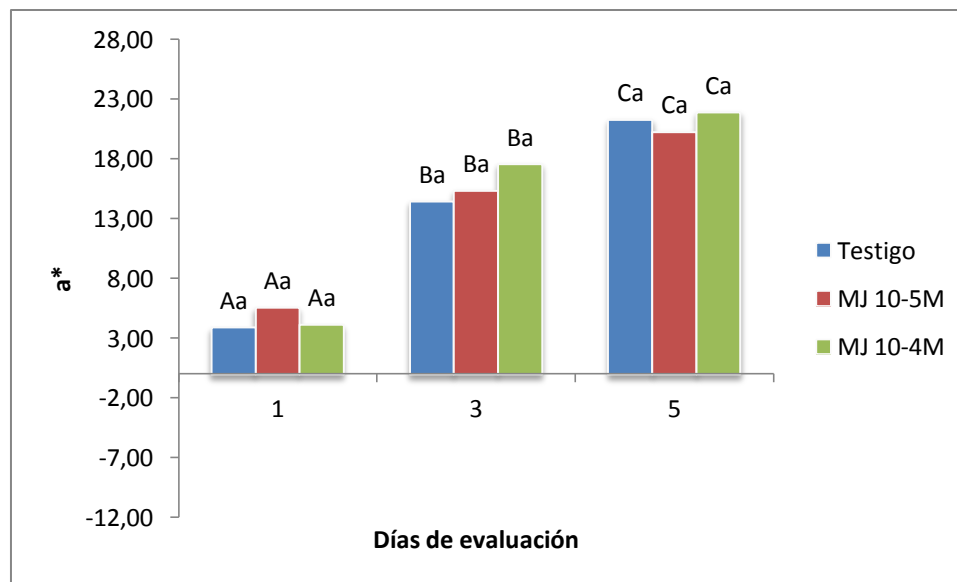
† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 11.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre la variable L\* en frutos de jocote.



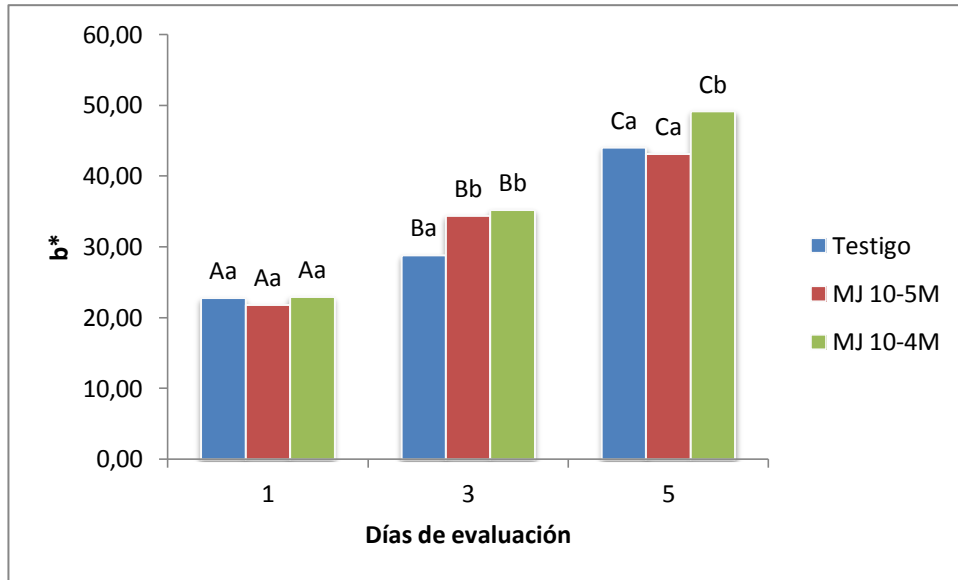
† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 12.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre la variable a\* en frutos de jocote.



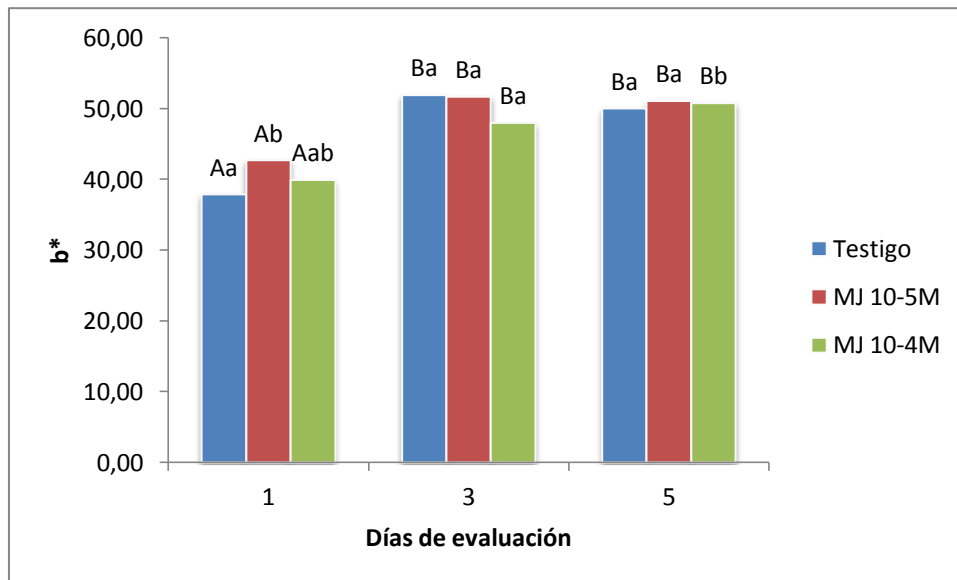
† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 13.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre la variable a\* en frutos de jocote.



† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 14.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 7°C sobre la variable b\* en frutos de jocote.



† Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de tratamientos del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%.

**Figura 15.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente después de 7 días a 12°C sobre la variable b\* en frutos de jocote.

## 4.2. Efecto del uso de MJ sobre los daños por frío en mango

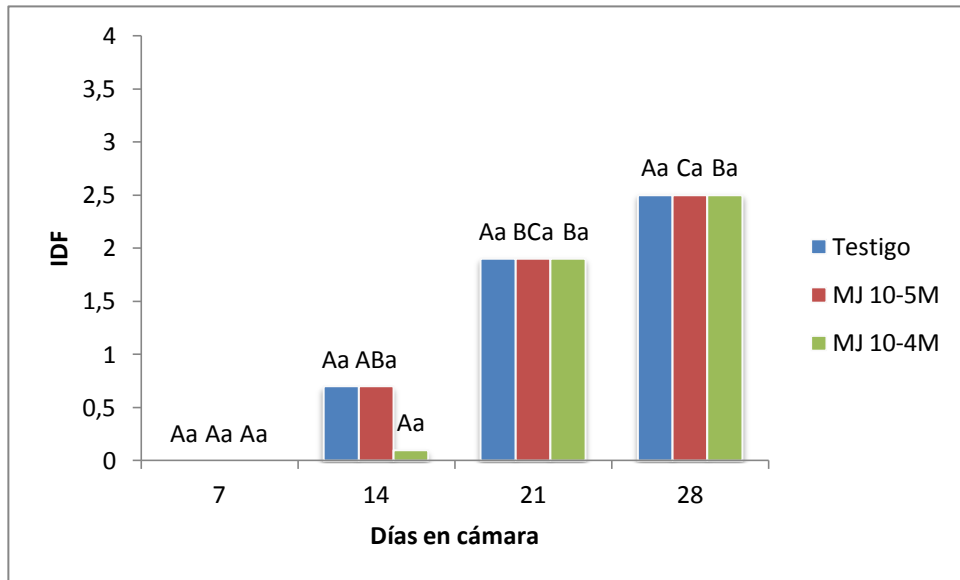
### 4.2.1. Índice de daño por frío (IDF)

En la figura 16 se observa que al salir la fruta de la cámara (día 0 al ambiente) el IDF se mantuvo en valores alrededor de 2,5, correspondiente a un daño moderado (menos de 10% de severidad), sin embargo no hubo efecto del MJ con respecto al testigo.

Al dejar la fruta 5 días a una temperatura de 20°C (figura 17), se observó un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) del MJ a los 21 y 28 días de almacenamiento con respecto al testigo ya que el mismo alcanzó valores de 3,5 (15-25% de severidad) correspondiente a un daño severo, mientras que la fruta tratada permaneció con un IDF de alrededor de 2,5. Es posible que a los 0 días, al evaluarse la fruta inmediatamente después de la salida de cámara, no se habían expresado los síntomas de DF ya que no había transcurrido el tiempo suficiente, y esto podría atribuirse a que los síntomas de DF se desarrollan una vez que la fruta es retirada del frío y expuesta a temperaturas mayores durante un periodo de tiempo (Lyons 1973; Salveit y Morris 1990; Arafat 2005).

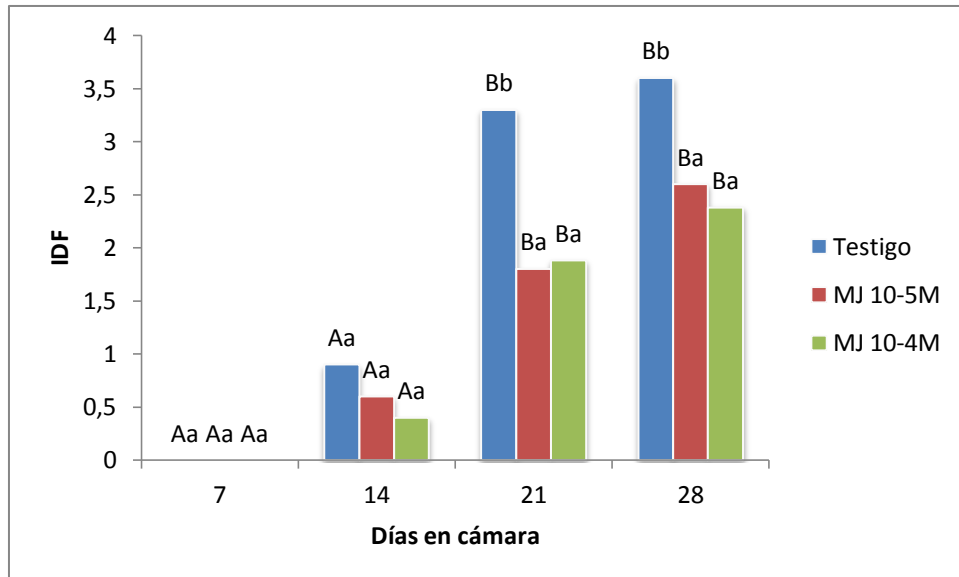
El mango almacenado a 12° no presentó síntomas de daño por frío en la cáscara de la fruta, lo que podría indicar que esta temperatura se encuentra sobre la crítica en la el mango sufre este tipo de daño. Esto coincide con los resultados encontrados por Chaplin et al. (1991) quienes indican que en un ensayo realizado en mango de la variedad Kensington, frutos almacenados a 10°C no sufrieron DF

debido a que según los autores esta temperatura se encuentra por arriba de la crítica.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 16.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el índice de daño por frío en frutos de mango.

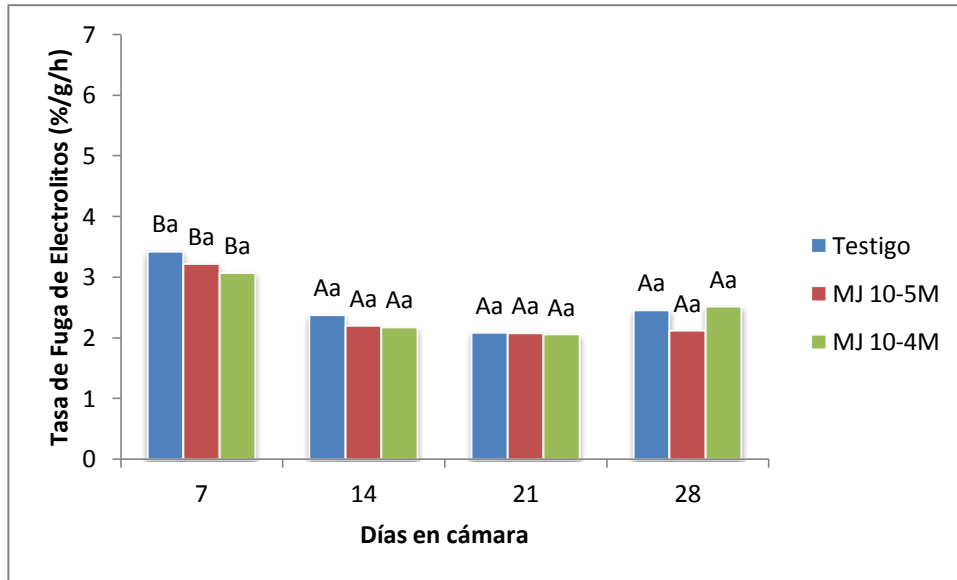


†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 17.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el índice de daño por frío en frutos de mango.

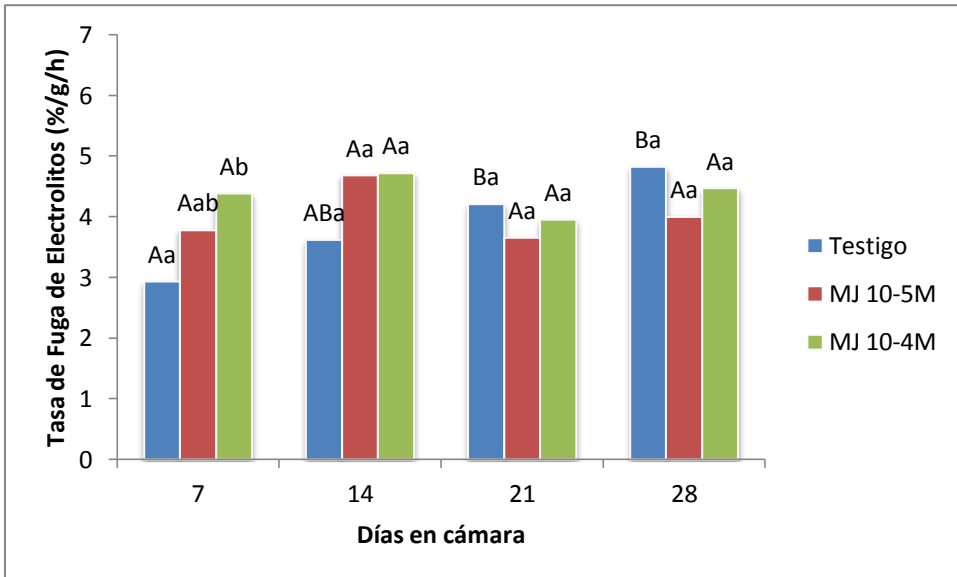
#### 4.2.2. Tasa de fuga de electrolitos (FE)

No hubo efecto del MJ en la variable FE en la fruta almacenada a ninguna temperatura. En la figura 18, se observa que no hubo diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la evaluación realizada a la salida de cámara. Los valores de fuga de electrolitos tuvieron una tendencia a aumentar al mantener la fruta por 5 días a 20°C (figura 19). Esta tendencia concuerda con lo descrito por Fuchs et al. (1989) y Cerdas (1999), quienes dicen que el proceso normal de maduración de la fruta puede generar un aumento en la tasa de FE debido a cambios en la permeabilidad de las membranas celulares, que provocan un incremento en el flujo de solutos. En la fruta almacenada a 12°C (figuras 20 y 21) también se aprecia esta tendencia a aumentar la tasa de FE conforme aumentaron los periodos de almacenamiento probablemente debido a lo citado en el párrafo anterior según Fuchs et al. (1989).



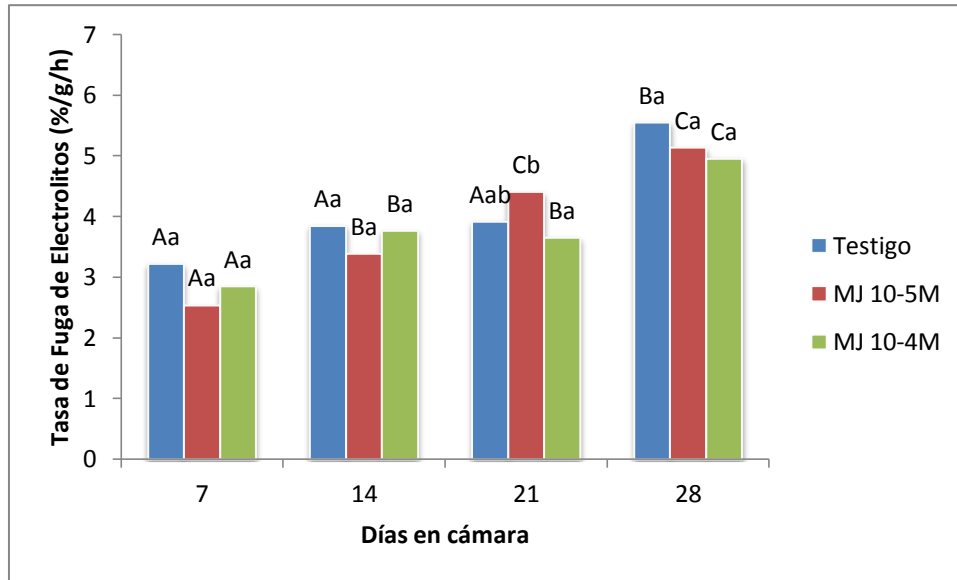
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 18.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la tasa de fuga de electrolitos en frutos de mango.



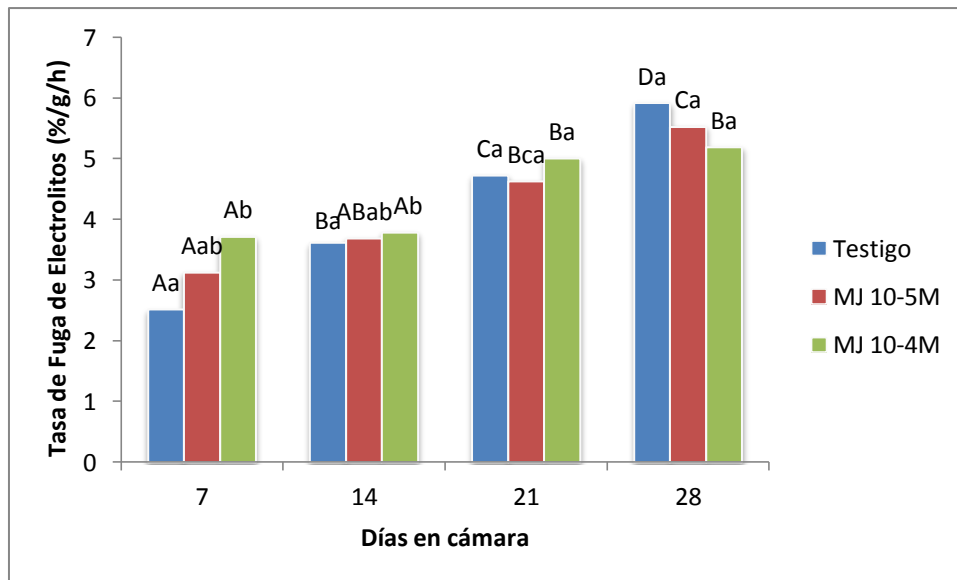
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 19.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la tasa de fuga de electrolitos en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 20.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12° sobre la tasa de fuga de electrolitos en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

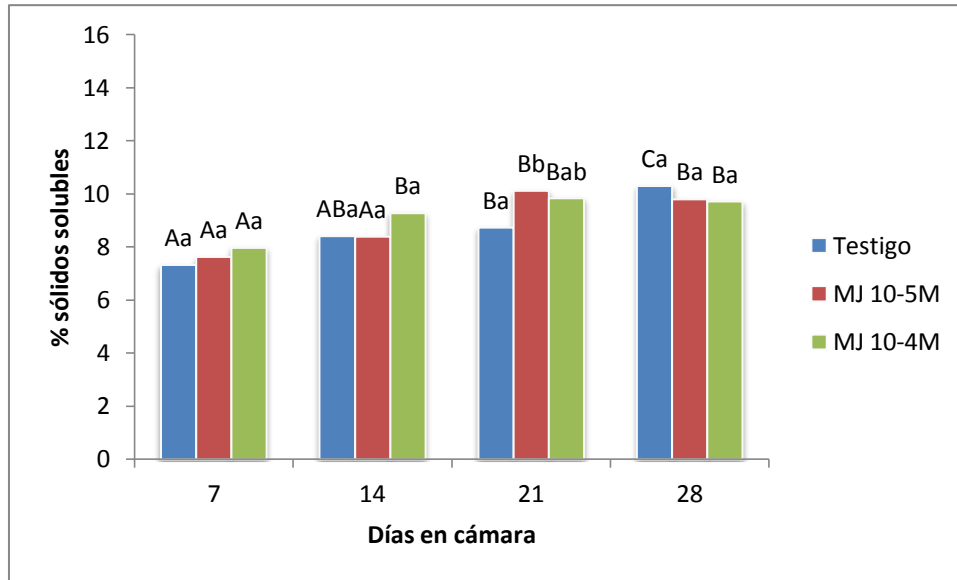
**Figura 21.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la tasa de fuga de electrolitos en frutos de mango.



#### 4.2.3. Sólidos solubles totales (SS)

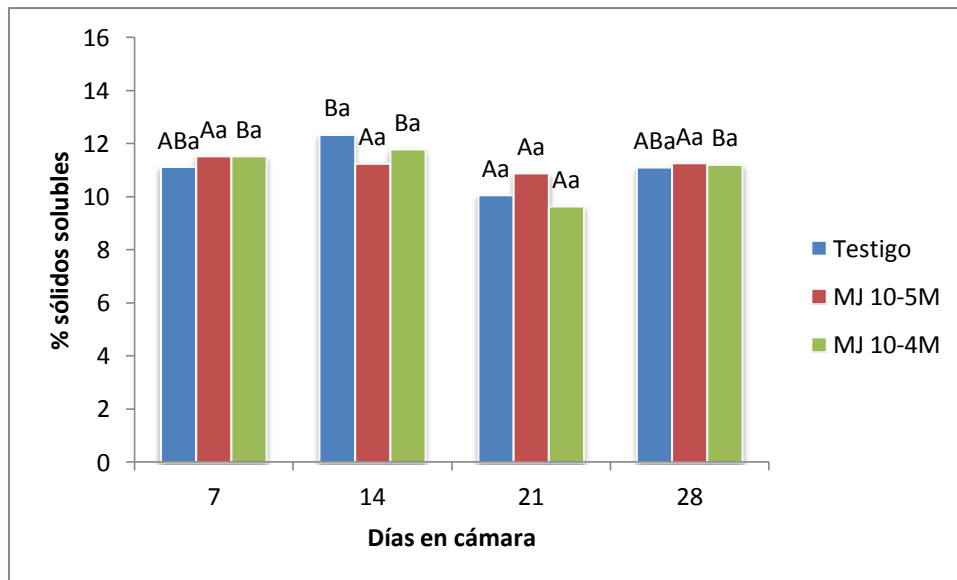
El porcentaje de SS no se vio afectado en ningún periodo de almacenamiento por la aplicación de MJ y no existió diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) con el tratamiento testigo cuando la fruta se almacenó a  $7^{\circ}\text{C}$  en las evaluaciones a 0 días (figura 22) o a los 5 días (figura 23). Esto podría deberse a la alteración en los procesos metabólicos relacionados con la maduración causados por la baja temperatura, tal como lo mencionan Salveit y Morris (1990). Este comportamiento contradice lo mencionado por González-Aguilar et al. (2000) quienes indican que MJ puede producir un incremento de SS en mango, sin embargo, Ghasemnezhad y Javaherdashti (2008) no encontraron diferencia entre frambuesas tratadas con MJ y no tratadas almacenadas a  $4^{\circ}\text{C}$  y Nilprapruck et al. (2008) tampoco obtuvieron efectos de MJ en piña tratada y almacenada a  $10^{\circ}\text{C}$ . No obstante es probable que el aumento de SS que se presentó en la fruta con 5 días al ambiente se deba al periodo de almacenamiento y no al efecto del MJ.

Las figuras 24 y 25 muestran que no hubo efecto del MJ en el comportamiento de la variable % SS en el mango almacenado a  $12^{\circ}\text{C}$ , ya que únicamente el tratamiento  $10^{-5}\text{M}$  (28 días) difirió del testigo y el aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) que tuvieron los tratamientos a través del tiempo podría deberse al efecto del tiempo de almacenamiento a una temperatura relativamente alta si se le compara con  $7^{\circ}\text{C}$ .



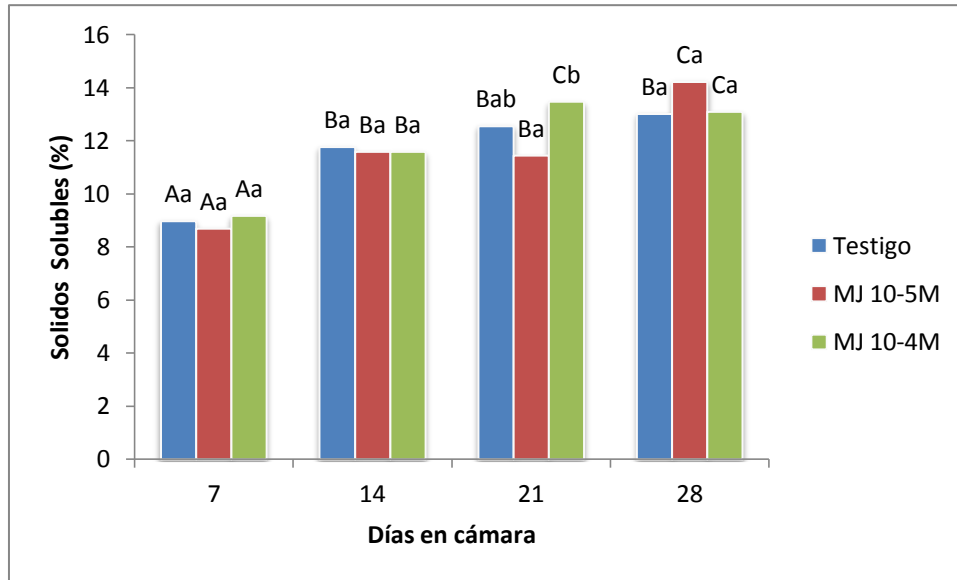
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 22.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de mango.



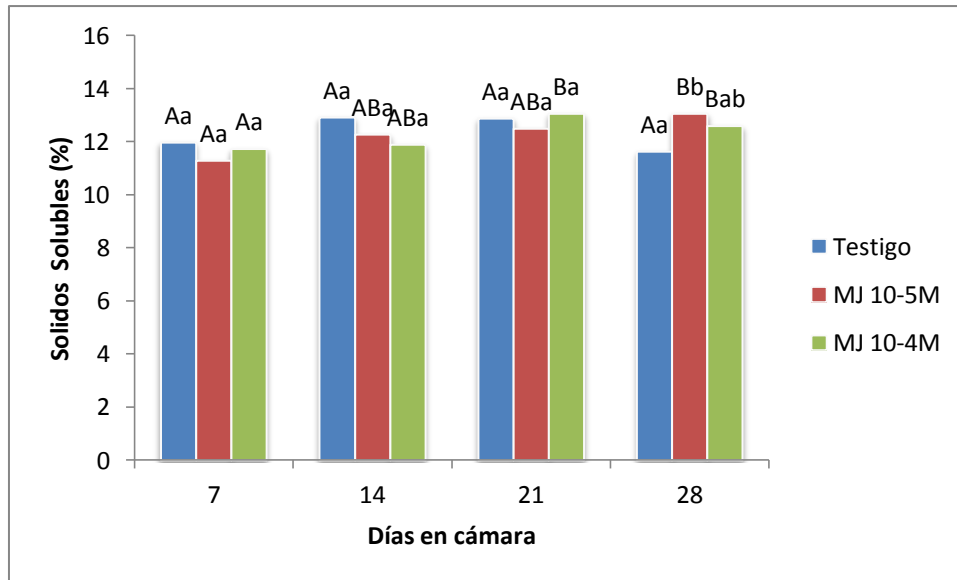
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 23.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 24.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

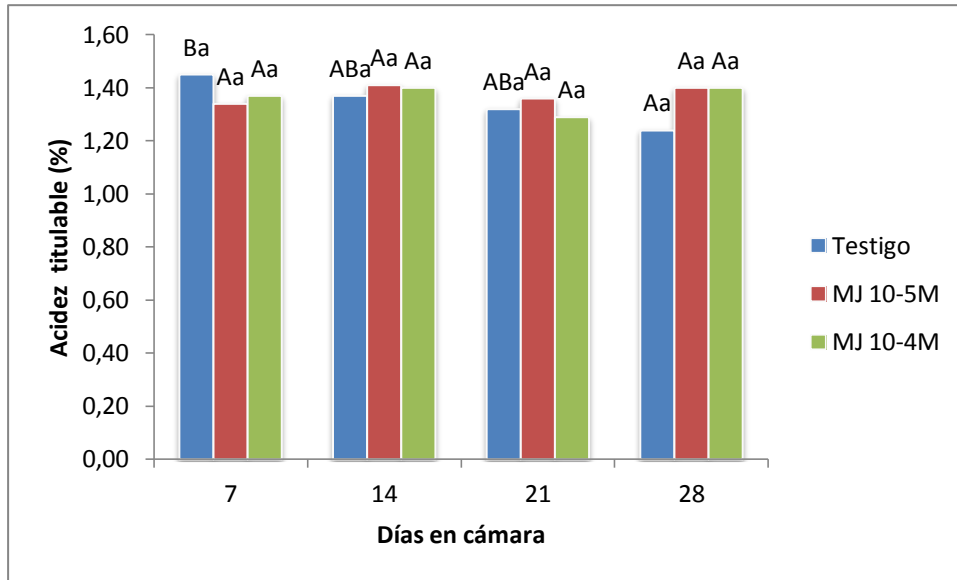
**Figura 25.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre el porcentaje de sólidos solubles en frutos de mango.

#### 4.2.4. Acidez titulable (AT)

La aplicación de MJ no tuvo efecto en el porcentaje de acidez titulable (AT). A 7°C (figuras 26 y 27) no existió diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en ninguno de los periodos de evaluación con excepción de la salida de cámara en donde el testigo presenta diferencias significativas pero con respecto al tiempo de almacenamiento. Cuando la fruta permaneció 5 días al ambiente el AT disminuyó en la fruta que había recibido el tratamiento con MJ pero sin diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ).

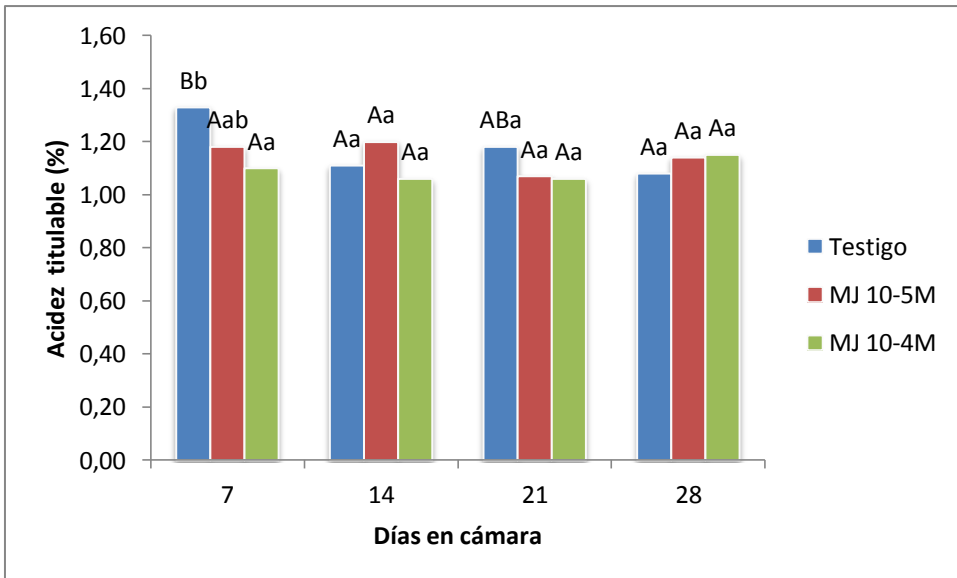
Los resultados obtenidos por González-Aguilar et al. (2000) en mango, por Ghasemnezhad y Javaherdashti (2008) en frambuesa y por Nilprapruck et al. (2008) concuerdan con los obtenidos en este ensayo.

A 12°C (figura 28 y 29) tampoco se dio una diferencia significativa entre los tratamientos aunque si hubo una tendencia disminuir el AT al aumentar el periodo de almacenamiento; tendencia que se hizo más notoria al observar la figura 29 (5 días al ambiente). Sin embargo, esta disminución de AT podría deberse al proceso de maduración y no al efecto del MJ ya que no hubo diferencia significativa entre tratamientos con respecto al testigo pero si en un mismo tratamientos pero en los diferentes periodos de evaluación, tanto cuando se dejó a 0 como a 5 días al ambiente.



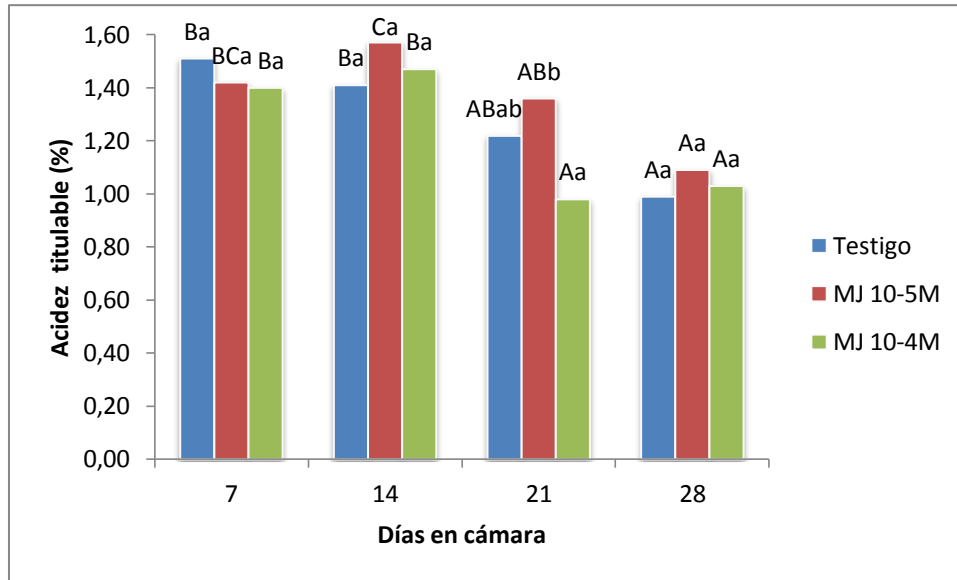
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 26.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de mango.



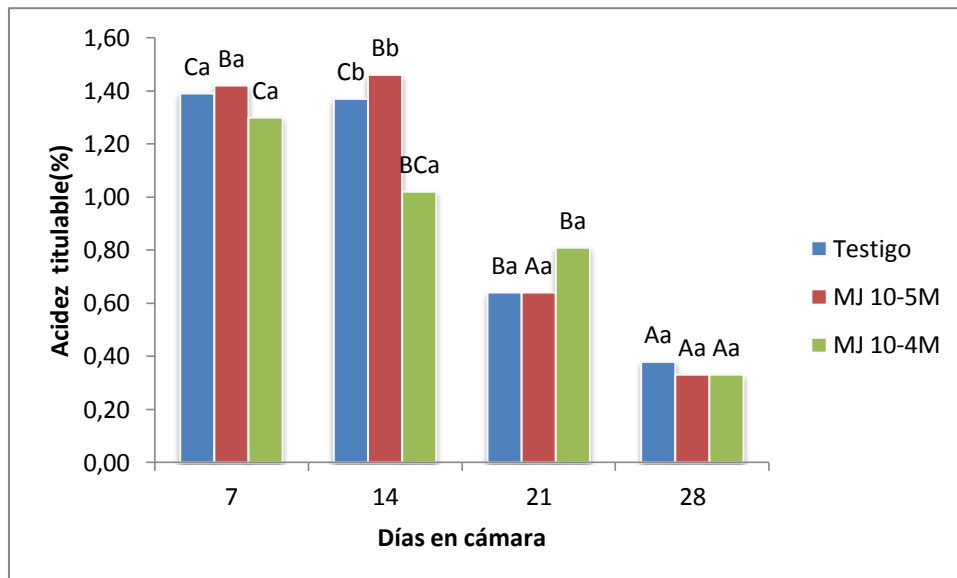
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 27.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 28.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de mango.



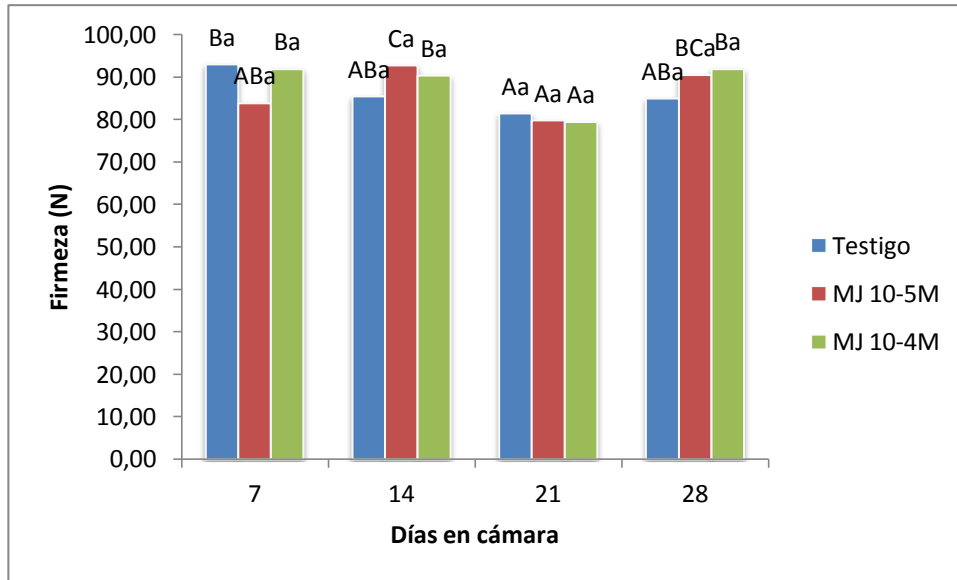
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 29.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre el porcentaje de acidez titulable en frutos de mango.

#### 4.2.5. Firmeza de cáscara (N)

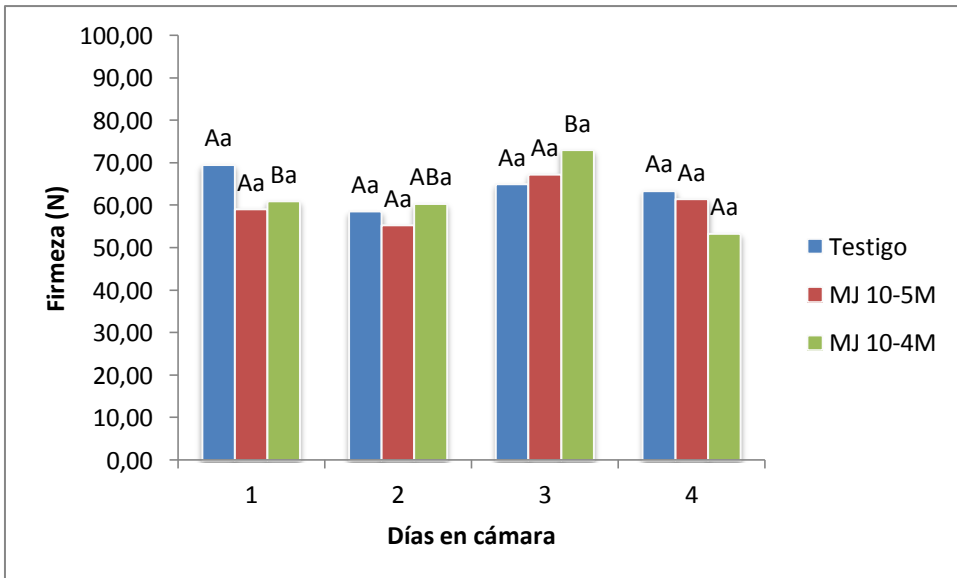
En las figuras 30 y 31 se observa que no hubo efecto del MJ en ninguna de sus concentraciones en la firmeza de la fruta almacenada a 7°C. Tampoco se aprecia una tendencia a la disminución de acuerdo al tiempo de almacenamiento (7, 14, 21 y 28 días), sin embargo, si existió una marcada disminución de la firmeza cuando esta se dejó al ambiente por 5 días, pasando de una firmeza promedio de alrededor de 85 N a la salida de cámara (figura 30) a cerca de 65 N después de 5 días a 20°C (figura 31). Este comportamiento fue observado por González-Aguilar et al. (2000) quienes mencionan que la reducción en la firmeza en frutos tratados y no tratados fue similar en mango almacenado a 7°C y González-Aguilar et al. (2007) quienes indican que no existió diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) en la firmeza de guayabas tratadas y no tratadas con MJ y almacenadas a 5°C.

En la fruta almacenada a 12°C se observó una disminución en la firmeza de la fruta tratada y almacenada por 5 días a 20°C después de 7 y 14 días de almacenamiento. En la evaluación realizada inmediatamente después de la salida de cámara (figura 32) se observa una tendencia significativa ( $p \leq 0,05$ ) a la disminución de la firmeza conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, esta tendencia continúa después del periodo de almacenamiento de 5 días a 20°C (figura 33) y obedece principalmente a la pérdida de firmeza asociada con la maduración de la fruta.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

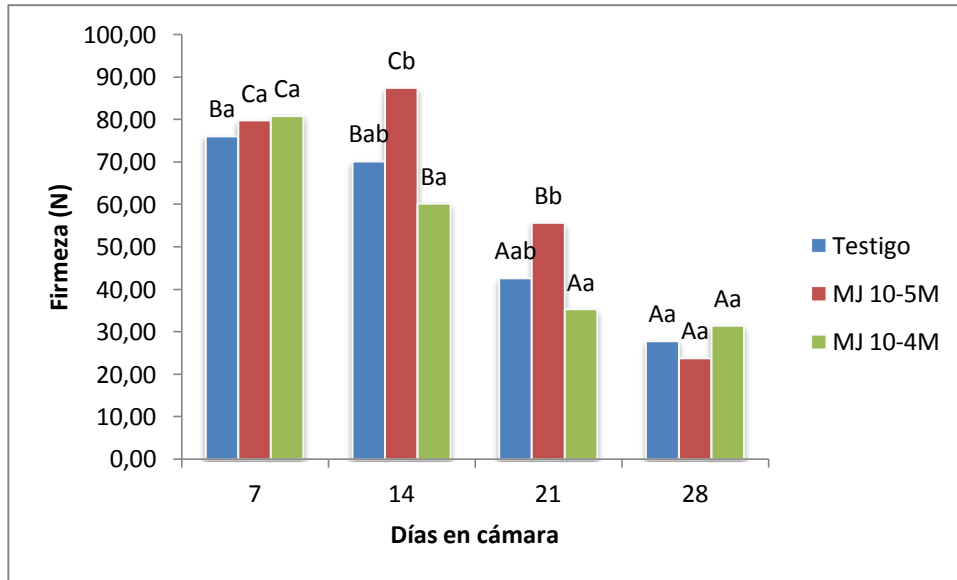
**Figura 30.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la firmeza (N) en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

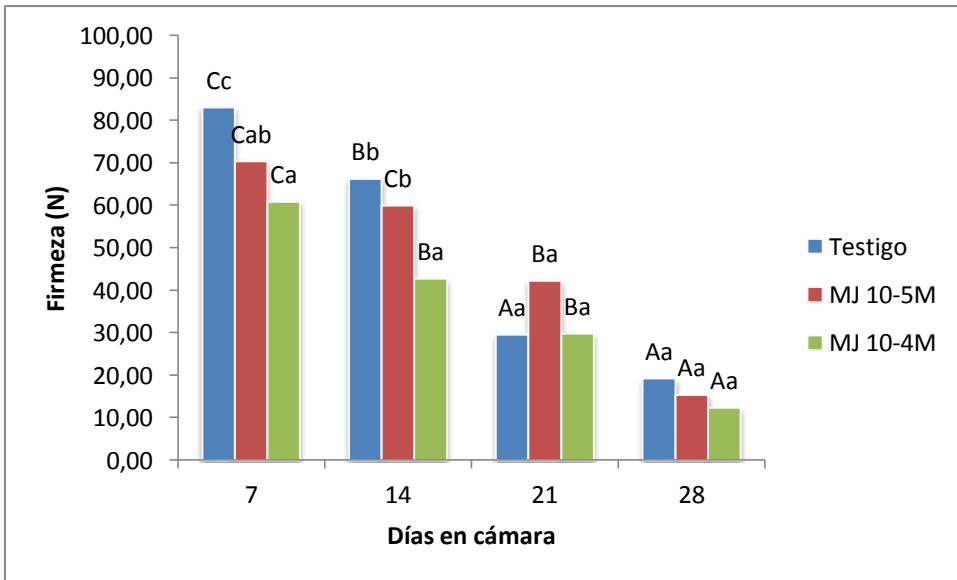
**Figura 31.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la firmeza (N) en frutos de mango.





†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 32.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la firmeza (N) en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 33.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la firmeza (N) en frutos de mango.

#### 4.2.6 Color, escala CIE L\*, a\*, b\*

En las variables relacionadas con el color no se observó un efecto significativo ( $p \leq 0,05$ ) del MJ en los tratamientos en la fruta almacenada a ambas temperaturas (figuras 34 a 45).

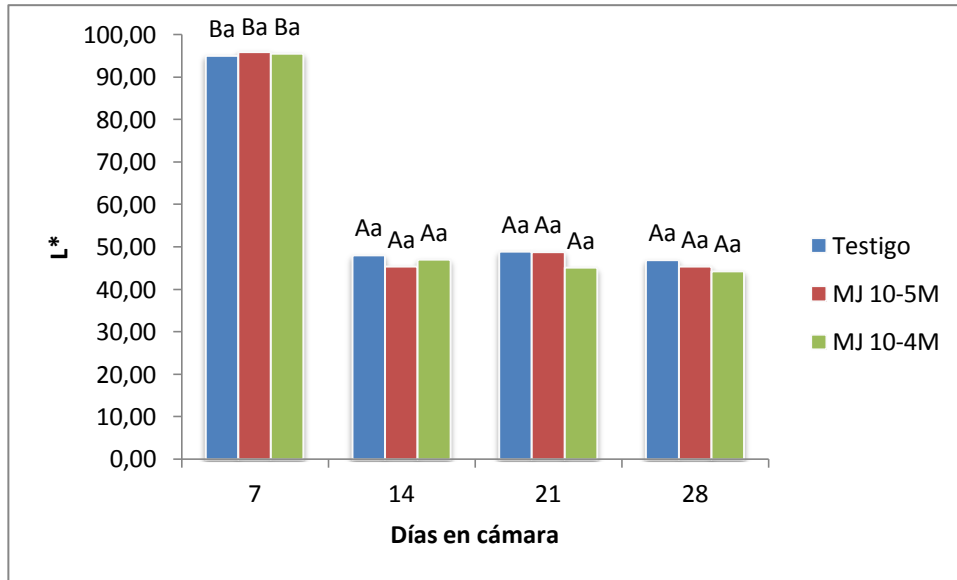
En el caso la fruta almacenada a 7°C los valores de L\* se mantuvieron estables alrededor de 50 aún después de colocar la fruta a 20°C por 5 días (figura 35), con excepción de la primera evaluación realizada a la fruta después de 7 días a 7°C (figura 34) donde L\* presentó valores en torno a 95, esto pudo deberse a la presencia de condensación en la fruta o a una mala calibración del aparato. En la fruta almacenada a 12°C los valores de L\* también fueron cercanos a 50 lo que muestra que en la cáscara de la fruta prevaleció la opacidad del color (0 días-figura 36 y 5 días-figura 37) los valores de L\* rondaron los 50, y por tanto no hubo efecto del MJ en mantener la luminosidad del color de la cáscara

En el caso de la fruta almacenada a 7°C en la variable a\* y b\*, tampoco hubo efecto del MJ sobre los tratamientos a 0 (figuras 38 y 40) o a 5 días (figuras 39 y 41), porque no se estimuló la síntesis de color rojos y aunque la tendencia de los valores fue al aumento esos fueron muy bajos (figura 39 y 41).

Con respecto a b\* en la evaluación realizada a la salida de cámara a cerca de 4 (a\*) y 25 (b\*) en la evaluación realizada 5 días después tampoco hubo efecto del MJ porque no se logró que la fruta alcanzara los valores de b\* correspondientes a el desarrollo de color amarillo que caracteriza a estas frutas, por el contrario el mismo se presentó por áreas las que a la vez contenían pequeños parches de color verde . Los colores obtenidos en la fruta, aunque tiende a existir un leve

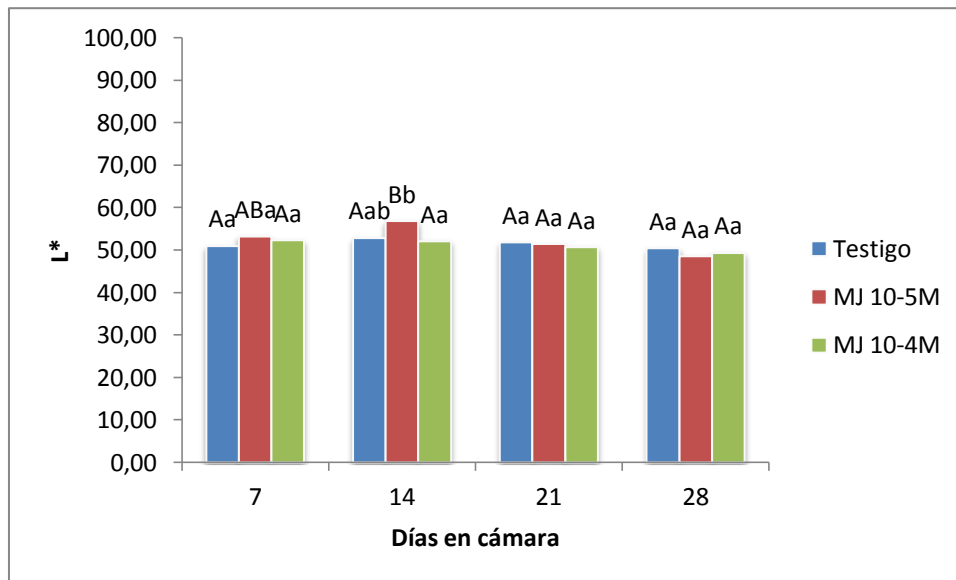
viraje hacia el rojo y el amarillo no lograron expresarse del todo, probablemente debido a los daños fisiológicos que ocurren debido a la exposición a bajas temperaturas, Salveit y Morris (1990) mencionan que entre los síntomas de daño por frío se encuentra la falla en la maduración de la fruta la cual obedece según Kratsch y Wise (2000) a que los carotenoides se dañan cuando la fruta se expone a temperaturas causantes de daño por frío y por esto no se consigue la expresión de los pigmentos que dan los colores amarillo y rojo e incluso se presentan zonas de retención de color verde.

A 12°C el comportamiento de las variables  $a^*$  (figuras 40 y 41) y  $b^*$  (figuras 44 y 45) fue más acorde a lo esperado en el proceso normal de maduración de una fruta, mostrando en la figura 40 y 44, una tendencia hacia un aumento paulatino en la expresión del color rojo y amarillo propios de una fruta de mango maduro. Al final de las evaluaciones toda la fruta almacenada a 12°C presentó un desarrollo de color adecuado y sin presencia de retención de verde u otros desórdenes fisiológicos.



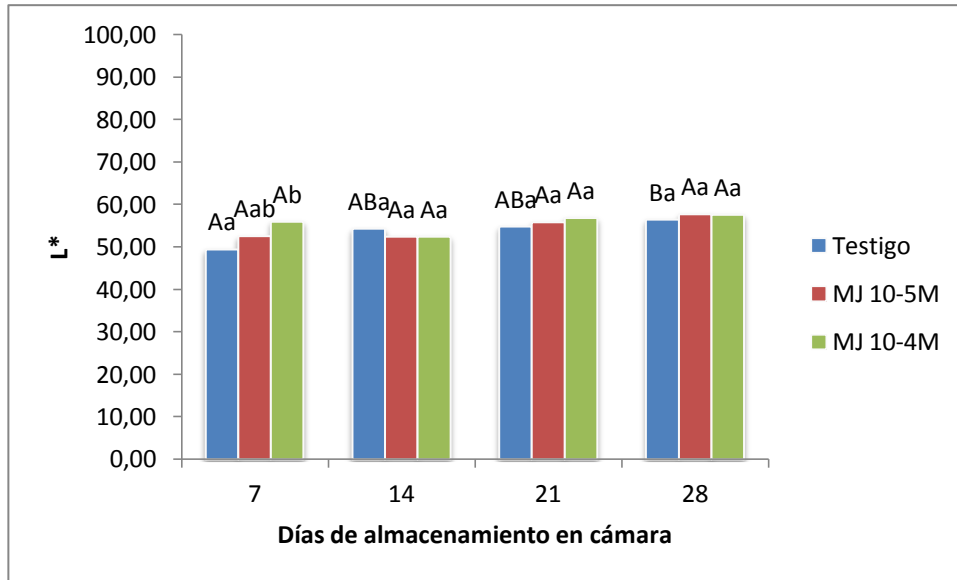
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 34.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable L\* en frutos de mango.



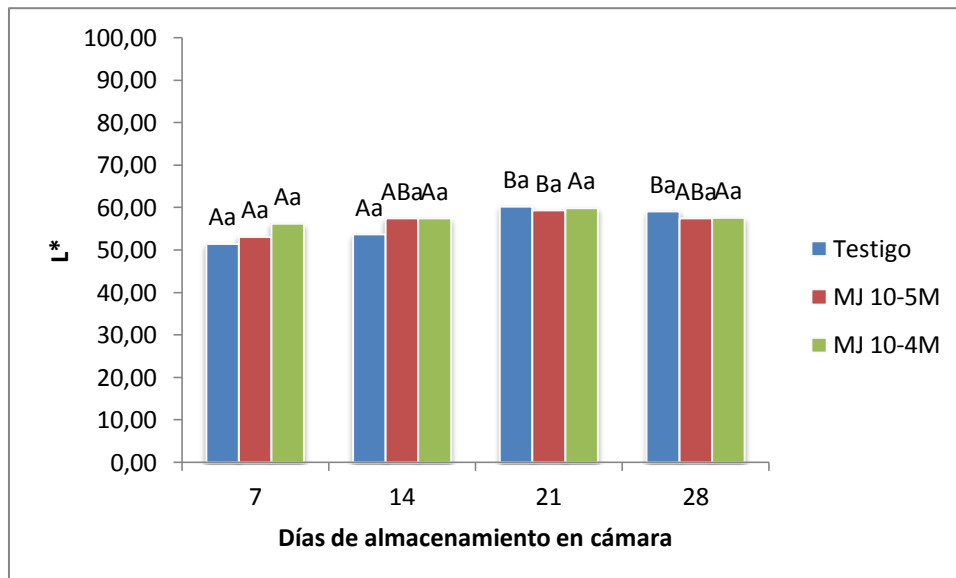
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 35.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable L\* en frutos de mango.



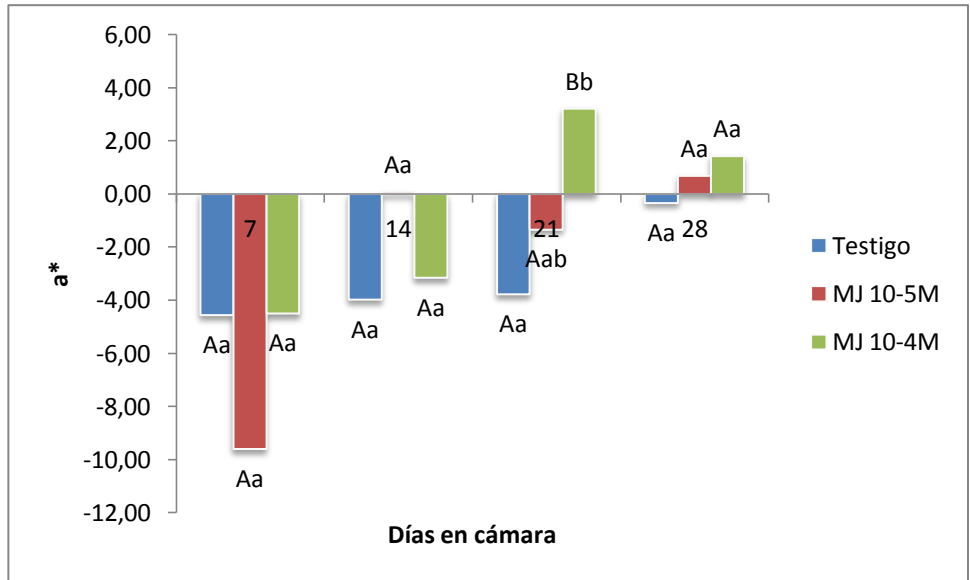
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 36.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable L\* en frutos de mango.



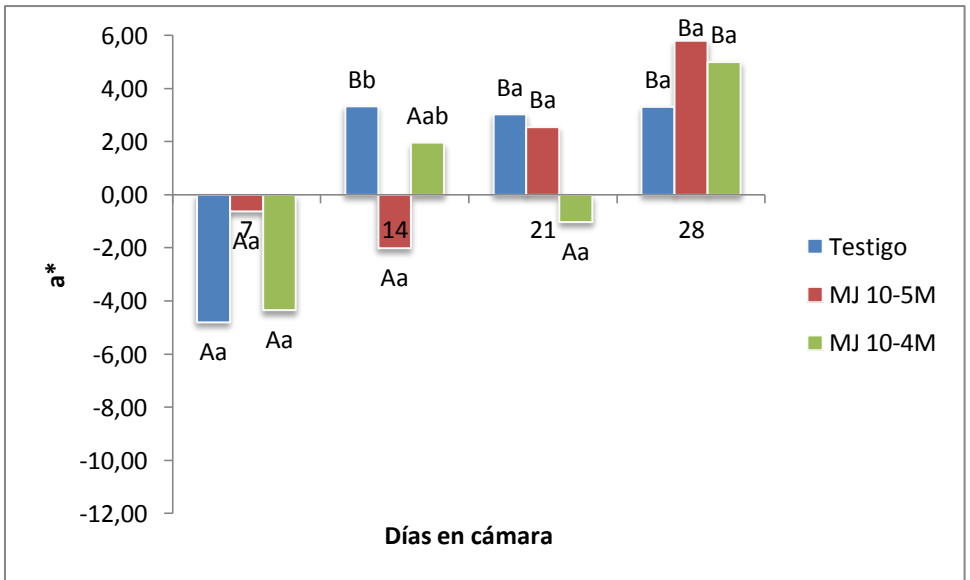
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 37.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable L\* en frutos de mango.



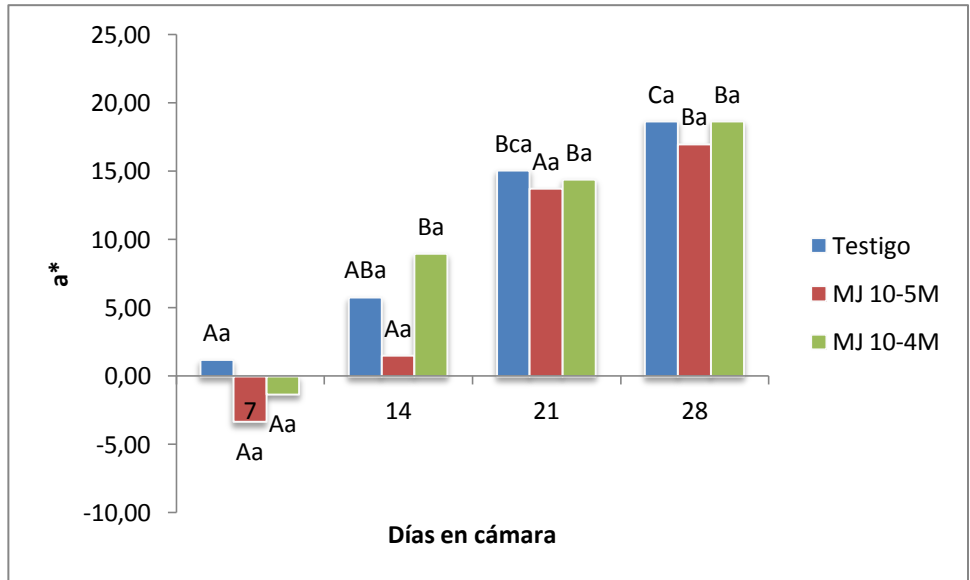
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 38.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable a\* en frutos de mango.



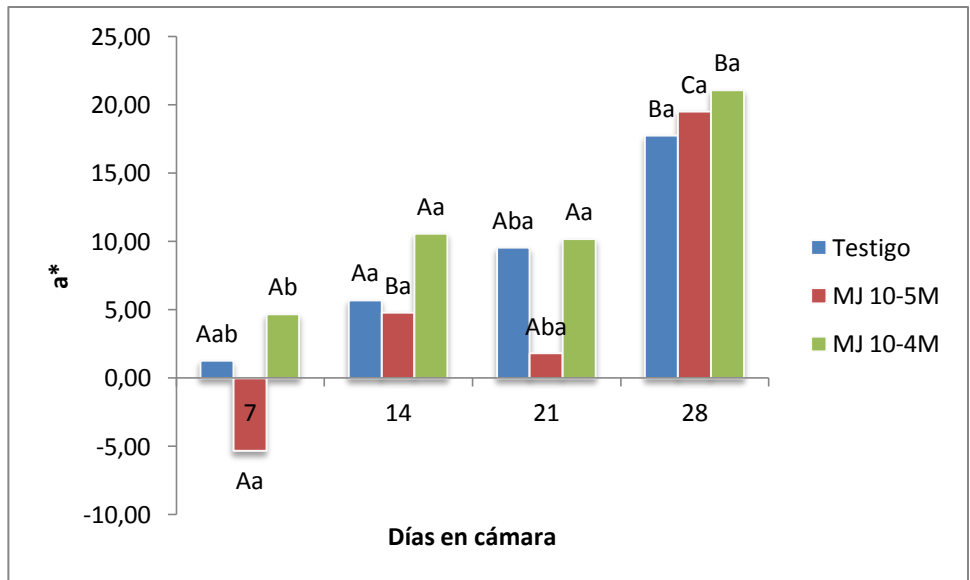
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 39.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable a\* en frutos de mango.



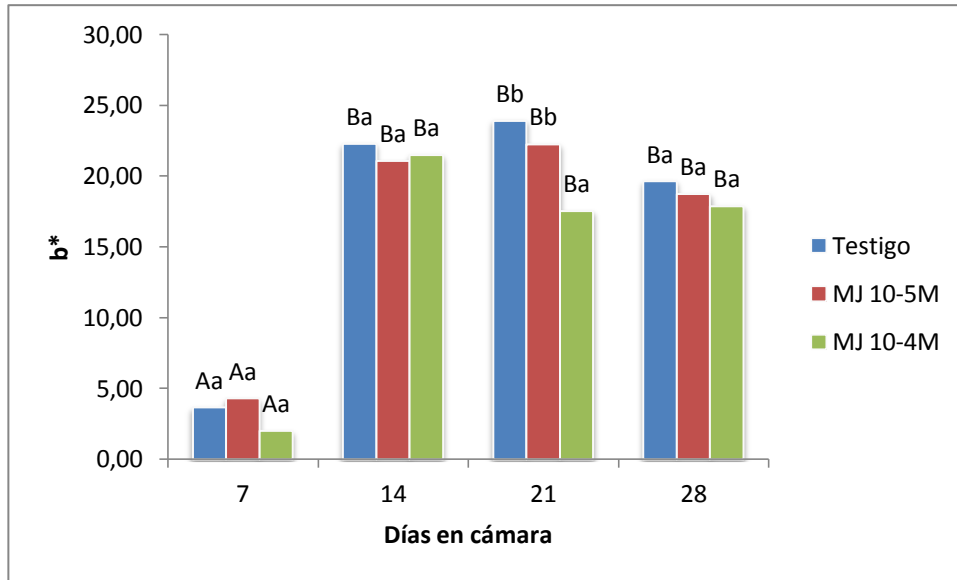
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 40.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable a\* en frutos de mango.



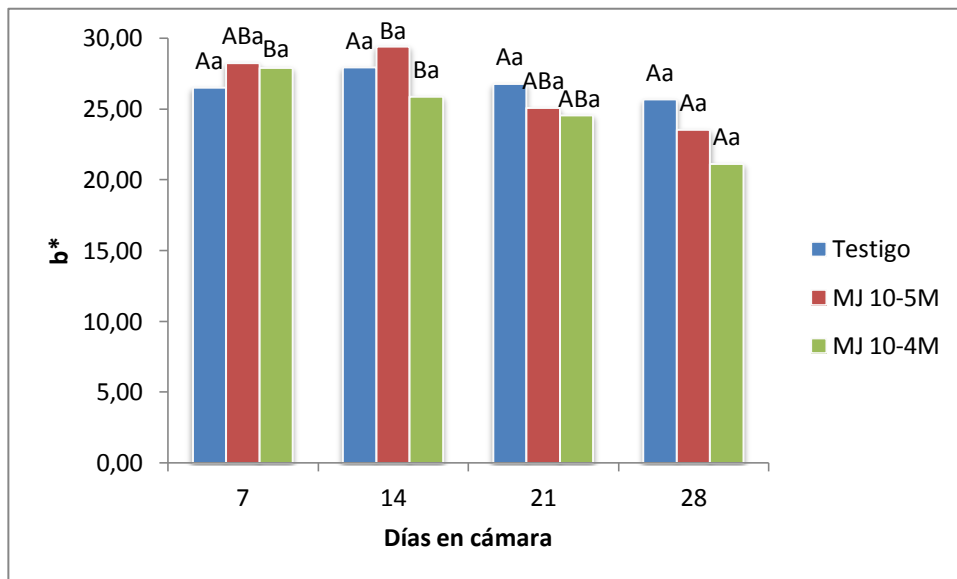
†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 41.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable a\* en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

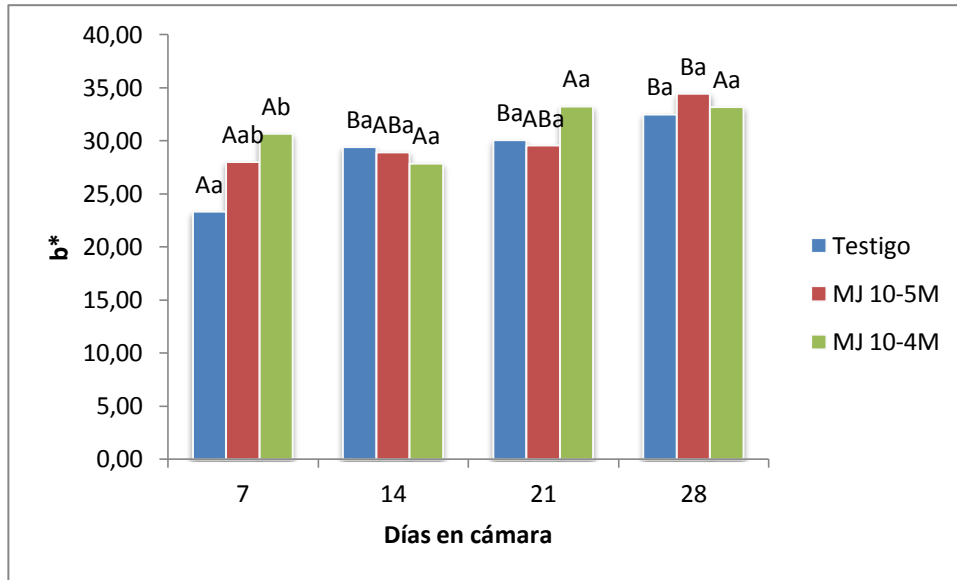
**Figura 42.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable b\* en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

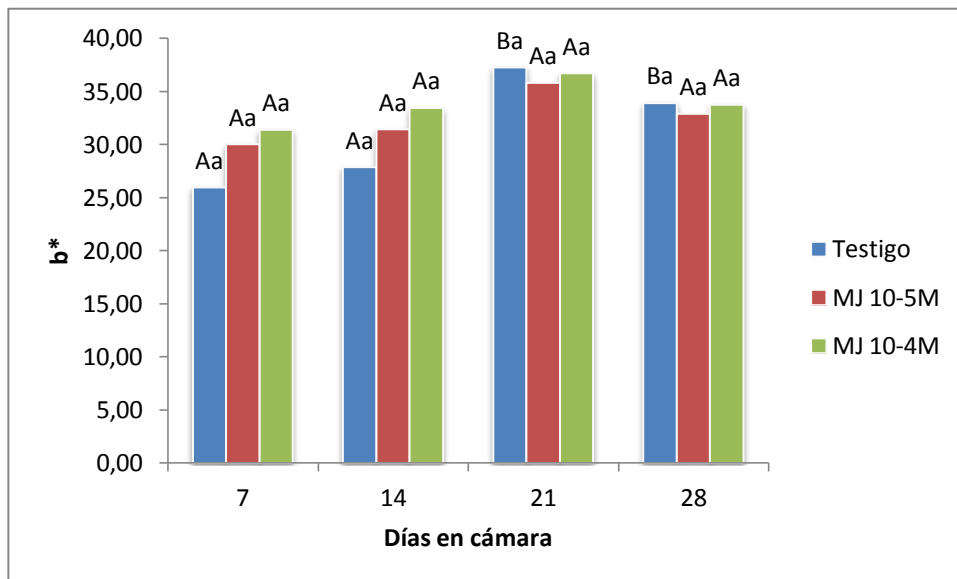
**Figura 43.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 7°C sobre la variable b\* en frutos de mango.





†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 44.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (0 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable b\* en frutos de mango.



†Medias del mismo tratamiento en diferentes periodos de evaluación con letra mayúscula igual o medias de distintos tratamiento del mismo periodo de evaluación con letra minúscula igual, no difieren entre sí según prueba DMS al 5%

**Figura 45.** Efecto del MJ y el tiempo de almacenamiento al ambiente (5 días) después de 7, 14, 21 y 28 días a 12°C sobre la variable b\* en frutos de mango.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

#### ***Jocote***

- El uso de Metil Jasmonato permitió la reducción del Índice de daño por frío en frutos de jocote almacenados a 7°C incluso después de 5 días a 20°C, esto se observó en una disminución de la presencia de manchas y hundimientos en la cáscara del jocote con respecto a los tratamientos donde no hubo efecto sobre esta variable.
- El Metil Jasmonato no tuvo efecto significativo positivo sobre las variables: Tasa de fuga de electrolitos, Porcentaje de sólidos solubles y Porcentaje de acidez titulable en los frutos de jocote almacenados a 7°C ni a 12°C por lo que las variaciones en dichas variables pueden atribuirse al efecto de la maduración. El hecho de que no existiera efecto en estas variables podría ser ventajoso en caso de que el MJ se utilizara comercialmente ya que las características de acidez y sólidos solubles no se verían afectadas.
- El desarrollo del color de los frutos de jocote almacenado a 7°C no se vio afectado por el Metil Jasmonato ya que tanto la fruta tratada como la no tratada presentaron una tendencia similar en cuanto a la aparición de rojos y amarillos, sin embargo, estos no se llegaron a expresar por completo, probablemente debido al daño sufrido por los carotenoides a

causa de la temperatura. Por otro lado la fruta almacenada a 12°C alcanzó coloraciones más uniformes y no se dio la presencia de áreas de retención de color verde.

- El almacenar a 12°C a 0 días ocasionó leves síntomas de daño por frío en las frutas de jocote, dichos daños no afectan en gran medida la apariencia general de la fruta y no le restan valor comercial.

## ***Mango***

- El Metil Jasmonato tuvo efecto positivo en la reducción del Daño por Frío del mango después de que este permaneció 5 días a 20°C. El testigo tuvo una tendencia a aumentar el porcentaje de DF hasta valores de 25%, mientras que la fruta tratada con MJ permaneció con daños del orden de 15% considerado un daño moderado por lo que podría tener algunos inconveniente en caso de comercializarse.
- El Metil Jasmonato no tuvo efecto sobre las variables: Tasa de fuga de electrolitos, Porcentaje de sólidos solubles, Porcentaje de acidez titulable y Firmeza en los frutos de mango ya que los valores obtenidos en estas variables con muy similares tanto a 7°C como a 12°C por lo que la variación se podría atribuir a los periodos de almacenamiento. Comercialmente esto podría significar una ventaja, ya que ni la firmeza ni el contenido de sólidos solubles o acidez titulable es afectado por la aplicación de MJ.

- El Metil Jasmonato no tuvo efecto sobre el desarrollo del color, ya que a 7°C se presentaron pequeñas áreas con retención de color verde probablemente causadas por los daños sufridos en los cloroplastos a causa de la exposición a temperaturas causantes de Daño por frío. A 12°C el proceso de maduración no se vio afectado por lo que la expresión de los colores se dio con normalidad y se obtuvo una fruta con las características propias de un mango maduro.
- Al almacenar la fruta a 12°C esta no presentó los síntomas ocasionados por la exposición a temperaturas causantes de Daño por frío, ya que se ha demostrado que a esta temperatura no ocurren daños en la fruta de mango.

## CAPITULO VI

### LITERATURA CITADA

ARAFAT L, A. 2005. Chilling injury in mangoes. PhD. Thesis Wageningen University, Horticultural Production Chains Group, Department of Plant Sciences, the Netherlands.

ARTÉS F; ARTÉS-HERNÁNDEZ F. 2003. Daños por frío en la posrecolección de frutas y hortalizas. Avances en ciencias y técnicas del frío. UPCT y SECYTEF. 299-310.

AZOFEIFA A. 2007. Desarrollo de metodologías para la caracterización fenotípica y molecular de materiales de jocote (*Spondias purpurea* L) y determinación de las condiciones para el rescate de embriones y el cultivo de yemas *in vitro*. Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 154.

BLANCO F. 2001. Métodos apropiados de análisis estadístico subsiguientes al análisis de varianza (ANDEVA). Agronomía Costarricense 25(1): 53-60.

BOONTONGTO N; SRILAONG V; UTHAIRATANAKIJ A; WONGS-AREE C; ARYUSUK, K. 2007. Effect of methyl jasmonate on chilling injury of okra pod. Acta Horticulturae 746: 323-328.

- BUTA J, G Y MOLINE H, E. 1998. Methyl jasmonate extends shelf life and reduces microbial contamination of fresh-cut celery and pepper. *J. Agric. Food Chem.* 46 (4): 1253-1256.
- CABRERA R Y SALTVEIT M. 1990. Physiological Response to Chilling Temperatures if Intermittently Warmed Cucumber Fruit. *Journal Amer. Soc. Hort. Sci.* 115 (2): 256-261.
- CÁCERES I; MULKAY T; RODRÍGUEZ J; PAUMIER A. Sin fecha. Conservación de Productos hortícolas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical/FAO. Cuba. 3-17.
- CERDAS M; UMAÑA G. 2008. Desarrollo del daño por frío en productos tropicales con potencial de exportación (mango y jocote). UCR, FITTACORI. Informe final. San José, Costa Rica. 67.
- COTÉ F; THOMPSON J, E; WILLEMOT C. 1993. Limitation to the use of electrolyte leakage for the measurement of chilling injury in tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 3(2): 103-110.
- CREEMAN R.A. Y MULLET J.E. 1997. Biosynthesis and action of jasmonate in plants. *Annual. Review. Plant Physiology. Plant Molecular. Biology.* 48: 355-381.

CURTIS R, W. 1984. Abscission-inducing properties of methyl jasmonate, ABA, and ABA-methyl ester and their interactions with ethephon, AgNO<sub>3</sub>, and malformin. *Journal of Plant Growth Regulation* 3(1-4):157-168.

CZAPSKI J; HORBOWICZ M; SANIEWSKI M. 1992. The effect of methyl jasmonate on free fatty acids content in ripening tomato fruits. *Biologia Plantarum* 34 (1-2): 71-76.

DE LA CRUZ J; HERNÁNDEZ P; REBOLLEDO A; GARCÍA, H. 2007. Efecto de la aplicación de metil jasmonato sobre la fisiología postcosecha de piña (*Ananas comosus* cv. MD-2) y su relación con el daño por frío. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. 82-91.

DING C, K.; WANG C, Y.; GROSS K, C.; SMITH D, L. 2002. Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related-protein and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta* 214(6): 895-901

DROBY S; PORAT R; COHEN L; WEISS B; SHAPIRO B; PHILOSOPH-HASAS S; MEIR S. (1999). Suppressing green mold decay in grapefruit with postharvest jasmonate application. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124 (2): 184-188.

- FAN X; MATTHEIS J, P; FELLMAN J, K. 1998. Responses of apples to postharvest jasmonate treatments, *J. Amer. Soc. Hortic. Sci* 123(3): 421-425.
- FAN X; MATTHEIS J,P; FELLMAN J, K; PATTERSON M, E. 1997.Effect of methyl jasmonate on ethylene and volatile production by Summerred apples depends on the fruit development stage, *J. Agric. Food Chem.*, 45 (1): 208-211
- FARMER E; RYAN C. 1990. Interplant communication: Airborne methyl jasmonate induces synthesis of proteinase inhibitors in plant leaves. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 87: 7713-7716.
- FUCHS Y; ZAUBERMAN G; ROT I; WEXSLER, A. 1989. Chilling injury and electrolyte leakage in cold stored mango and avocado fruits. *Acta Horticulturae* 258: 303-308.
- GARCÍA M; VARGAS I; GARDEA A; TIZNADO M; MARTINEZ M. 2005. Daño por frío en melón Cantaloupe en dos estados de madurez. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 28(002): 161-170.
- GHASEMNEZHAD M; JAVAHERDASHTI M. 2008. Effect of Methyl jasmonate treatment on antioxidant capacity internal quality and postharvest life of raspberry fruit. *Caspian Journal Enviromental Science* 6(1): 73-78



- GONZÁLEZ-AGUILAR G, A; FORTIZ J; CRUZ R; BAEZ R; WANG C. 2000. Methyl Jasmonate Reduces Chilling Injury and Mantains Postharvest Quality of Mango Fruit. *Journal Agricultural Food Chemistry* 48: 515-519.
- GONZÁLEZ-AGUILAR G, A; BUTA J, G; WANG C, Y. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of “Kent” mangoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(13): 1244-1249.
- GONZÁLEZ-AGUILAR G, A.; BUTA J, G; WANG C, Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya ‘Sunrise’. *Postharvest Biology and Technology* 28(3): 361-370.
- GONZÁLEZ-AGUILAR G; TIZNADO-HERNÁNDEZ M; ZAVALA-GATICA R; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. 2004. Methyl jasmonate treatment reduce chilling injury and activate the defense response of guava fruits. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 313(3): 704-711.
- GONZÁLEZ-AGUILAR G, A; ZAVALA-GATICA, R; TIZNADO-HERNÁNDEZ M, E. 2007. Efecto del metil jasmonato en las respuestas fisiológicas de guayaba (*Psium guajava*) almacenadas a bajas temperaturas. *Revista Chapingo* 13(1): 63-69.

- HARVEY T; CHAN JR; SANXTER S; COUEY M, H. 1985. Electrolyte Leakage and Ethylene Production Induced by Chilling Injury of Papayas. Horticultural Science 20(6): 1070-1072.
- KONDO S. 2006. The roles of jasmonates in fruit color development and chilling injury. Acta Horticulturae 727: 45-53.
- KRATSCH H Y WISE R. 2000. The ultrastructure of chilling stress: invited review. Plant, Cell and Environment. 23: 337-350.
- LALEL H; SINGH Z; TAN S. 2003. The role of methyl jasmonate in mango ripening and biosynthesis of aroma volatile compounds, J. Hortic. Sci. Biotechnol. 78: 470.
- LYONS J; WHEATON T; PRATT H. 1964. Relationship between the physical nature of mitochondrial membranes and chilling sensitivity in plants. Plant Physiology. 39: 262.
- LYONS J Y RAISON J. 1970. Oxidative Activity of Mitochondria Isolated from Plant Tissues Sensitive and Resistant to Chilling Injury. Plant Physiology. 45: 386-389.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2007. Agrocadena del jocote (*Spondias purpurea*). Boletín Técnico 1. San José, Costa Rica. 14.

- MANUAL DE COLOR: MINOLTA. 1998. Precise Color Communication. ABFBJS. Japón. 59.
- MARTIN-CLOSAS L; TORO F.J; CALVÓ G; PELACHO A, M. 2004. Effect of Methyl Jasmonate on the First Developmental Stages of Globe Artichoke Acta Horticulturae 660: 185-190.
- MINORSKY P. 1985. An heuristic hypothesis of chilling injury in plants: a role for calcium as the primary physiological transducer of injury. Plant Cell environ. 8: 75.
- MITRA S, K Y BALDWIN E, A.1997. Mango.Postharvest Phisiology and Storage of Tropical and Subtropical fruits. CAB International, Wallingford, UK. 85-122.
- MONTERO M; CERDAS M. 2000. Manejo poscosecha del mango para el mercado fresco. Centro de Investigaciones Agronómicas, Laboratorio de Tecnología Poscosecha. San José, Costa Rica. 220.
- MURATA N; ISHIZAKI-NISHIZAWA O; HIGASHI S; HAYASHI H; TAsAKA Y; NISHIDA I. 1992. Genetically engineered alteration in the chilling sensitivity of plants. Nature. 356: 710-713.

- NAIR S Y SINGH Z. 2009. Chilling injury during storage influences ripening process in Kensington Pride mango fruit. *Acta Horticulturae* 820: 745-751.
- NAIR S., SINGH Z. 2009a. Chilling injury during storage affects respiration rate and fruit quality in Kensington Pride mango fruit. *Acta Horticulturae* 820: 737-744.
- NILPRAPRUCK P; PRADISTHAKARN N; AUTHANITHEE F; KEEBJAN P. 2008. Effect of Exogenous Methyl Jasmonate on Chilling Injury and Quality of Pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Pattavia. *Silpakorn U Science & Tech J.* 2(2): 33-42.
- PARTIER B. 1990. Jasmonates: Hormonal regulators or stress factors in leaf senescence. *Journal of Plant Growth Regulation* 9 (1-4): 57-63.
- PEREIRA L; DE MELO S; ELESBAO A; CUNHA H, A. 2003. Fisiologia do dano pelo frio em ciriguela (*Spondias purpurea* L). *Rev. Bras. Frutic.* 25(1): 1-8
- PEREZ A, G; SANZ C; RICHARDSON D; OLÍAS J.1993.Methyl jasmonate vapor promotes  $\beta$ -carotene synthesis and chlorophyll degradation in Golden Delicious apple peel, *Journal of Plant Growth Regulation* 12(3), 163-167.

- PEREZ A; SAUCEDO C; ARÉVALO M, L; MURATALLA A. 2004. Efecto del grado de madurez en la calidad y vida postcosecha de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Revista Fitotecnia Mexicana. 22(002): 133-139.
- RAISON J., ORR G. 1990. Proposals for a better understanding of the molecular basis of chilling injury. *In*: Chilling injury of horticultural crops, Ed. by Wang C. CRC Press, Boca Raton, Florida. 145-161.
- SALISBURY F Y ROSS C. 1994. Fisiología Vegetal. Trad. Por Virgilio Gonzáles. Editorial Iberoamericana, México.759.
- SALTVEIT M Y MORRIS L. 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. *In*: Chilling injury of horticultural crops, Ed. by Wang C. CRC Press, Boca Raton, Florida. 5-15.
- SANIEWSKI M. 1995. Methyl jasmonate in relation to ethylene production and other physiological processes in selected horticultural crops. Acta Horticulturae 394: 85-98.
- SEMBDNER G; PARTHIER B. 1993. The biochemistry and the physiological and molecular action of jasmonates. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 44: 569-589.

TOIVONEN P Y BEVERIGE T. 2005. Maturity, Ripening, and Quality Relationships. *In*: Lamikanra, O; Imam, S; Ukuku, D. Produce Degradation: Pathways and Prevention. CRC Press, Boca Raton, Florida. 55-77.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS. LABORATORIO DE TECNOLOGÍA POSCOSECHA. 2007. Sistema de la Calidad. Requisitos Técnicos. Determinación de Sólidos Solubles en Frutas y Hortalizas Frescas. Código CIA-SC09-02-P03. 5.

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA. CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS. LABORATORIO DE TECNOLOGÍA POSCOSECHA. 2007a. Sistema de la Calidad. Requisitos Técnicos. Determinación de Acidez Titulable en Frutas y Hortalizas Frescas. CIA-SC09-02-P02. 6.

UREÑA A; GONZALEZ J; CONTRERAS R; BARRANTES E. 2007. Agrocadena de mango. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Alajuela, Costa Rica. 1-45.

VARITH J; HYDE G, M; FELLMAN J, K. 2001. Quantification of damage severity and integrity of apple tissues using and electrolyte leakage technique. Manuscript of Postharvest Biology and Technology.

- WANG C Y; BUTA G. 1994. Methyl jasmonate reduces chilling injury in *Curcubita pepo* through its regulation of abscisic and polyamine levels. *Environmental and Experimental Botany* 43(4): 427-432.
- WANG C, Y. 1990. Chilling injury of horticultural crops. CRC Press, Boca Raton, Florida. 313.
- WANG C, Y. 1994. Reduction of chilling injury by methyl jasmonate. *Acta Horticulturae* 368: 901-907.
- WANG C, Y. 2001. Improving storage quality of blueberries with methyl jasmonate, in *Improving Postharvest Technologies of Fruits, Vegetables and Ornamentals: IIR Conference Proceedings*, Artés, F., Gil, M.I., and Conesa, M.A., Eds. 206.
- WANG C,Y; FUNG R,W.M; DING C,K. 2005. Reducing Chilling Injury and Enhancing Transcript Levels of Heat Shock Proteins, PR-proteins and alternative oxidase by methyl jasmonate and methyl salicylate in tomatoes and peppers. *Acta Horticulturae* 682: 481-486.
- WANG, C.Y. 2006. Reducing chilling injury and maintaining quality of horticultural crops with natural products and their derivatives. *Acta Horticulturae* 712: 285-290.

YAMANE H; TAKAGI H; ABE H; YOKOTA T. 1981. Identification of Jasmonic Acid in Three Species of Higher Plants and Its Biological Activities. *Plant and Cell Physiology* 22: 689-697.

ZAUBERMAN G; FUCHS Y; ROT I; WEXLER A. 1988. Chilling Injury, Peroxydase and Cellulase Activities in the peel of mango fruit at low temperature. *Hort Science*. 23(4): 732-733.

ZHENG Y, H; JIN P; CHENG C,M; GAO H, Y; CHEN W, X; CHEN H, J. 2006. Effect of Methyl Jasmonate Treatment on Fruit Decay and Quality in Peaches during Storage at Ambient Temperature. *Acta Horticulturae* 712: 711-716.