



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FISIOLOGÍA VEGETAL

ACONDICIONAMIENTO Y ENCERADO PARA DISMINUIR EL ESTRÉS POR FRÍO EN NARANJA

NALLELY SARAHI VELAZQUEZ MALACARA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2014

La presente tesis titulada: **ACONDICIONAMIENTO Y ENCERADO PARA DISMINUIR EL ESTRÉS POR FRÍO EN FRUTOS DE NARANJA**, realizada por el alumno: NALLELY SARAHI VELAZQUEZ MALACARA Bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGÍA VEGETAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Nicacio Cruz-Huerta

ASESOR



Dr. Crescenciano Saucedo Veloz

ASESOR



M.C. David Jaen Contreras

ASESOR



M.C. Sergio Alberto Curtí Díaz

Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2014

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico brindado durante mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados, por la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.

Al personal del laboratorio de Fisiología Postcosecha, por las facilidades prestadas para el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Nicacio Cruz Huerta, por las aportaciones y la orientación en esta tesis.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz, por el apoyo invaluable durante el desarrollo de la investigación, por sus sugerencias y por la información prestada para la realización de esta tesis.

Al M.C. David Jaen Contreras, por su apoyo incondicional y sus consejos, así como por las aportaciones en esta investigación.

Al M.C. Sergio Alberto Curí Díaz, por el apoyo con el material vegetal de las variedades 'Marrs' y 'Valencia Late', así como por las aportaciones en el desarrollo de la investigación.

Al Dr. Angel Villegas Moter, por el apoyo con el material vegetal de la variedad 'Valencia Selección 8'.

Al M.C. Iván Franco Gaytán, por el apoyo incondicional durante los dos años de maestría, por sus consejos, así como por apoyo brindado en el trabajo de laboratorio, y las aportaciones en esta tesis.

Con dedicatoria

*A mis padres el Sr. Víctor Manuel Velázquez Aquirre y la Sra. María
Gloria Malacara Luna.*

*A mis padres el Sr. Gerardo Tovar Cruz y Sra. Mireya Malacara
Luna*

Mis hermanos Víctor y Jennifer así como a Hector Rivera Torres

A mis sobrinos Iván, Santiago y Víctor.

Gracias por alentarme a cumplir un objetivo más en mi vida

RESUMEN

En los últimos años, la aplicación de diferentes tecnologías ha permitido prolongar la vida de anaquel de productos hortofrutícolas, manteniendo su calidad. La conservación frigorífica es la tecnología por excelencia para prolongar la vida de anaquel de los productos y preservar su calidad, al disminuir el metabolismo vegetal. Sin embargo, cuando la temperatura de frigoconservación es menor a la óptima, se pueden generar desórdenes fisiológicos a nivel membrana celular denominados daños por frío. Se ha estudiado el uso de tecnologías previo a la frigoconservación, para disminuir el daño por frío. El objetivo de este trabajo fue evaluar la aplicación de una emulsión de cera y temperaturas de acondicionamiento como tecnologías para mantener la calidad externa e interna y para evaluar la fisiología postcosecha en frutos de naranjo. La investigación se desarrolló en tres fases cada una correspondiente a un experimento. Frutos de naranja uniformes y sin daños de las variedades 'Marrs', 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' fueron cosechados en madurez comercial en el estado de Veracruz. Los frutos fueron frigoconservados por largo término, i.e., 30, 38 o 60 días, y en algunos casos, posteriormente expuestos temperatura de comercialización: Los frutos sometieron a cuatro tratamientos, producto la aplicación de emulsiones de cera y de tratamiento térmico de acondicionamiento previo a la frigoconservación por cuatro días a 10°C y tres días a 7°C. Las combinaciones resultantes fueron: sin acondicionamiento sin encerado, sin acondicionamiento con encerado, con acondicionamiento sin encerado, y con acondicionamiento con encerado. Se evaluó color, índice de daños por frío y pérdida de peso (calidad externa), sólidos solubles totales, índice tecnológico, ácido

cítrico, índice de madurez, ácido ascórbico, acumulación de etanol y acetaldehído (calidad interna). A los 30 días de frigoconservación, la calidad externa solo presentó cambios significativos en la pérdida de peso en los frutos de las tres variedades durante la frigoconservación. La aplicación de temperaturas de acondicionamiento y de emulsiones de cera disminuyó la pérdida de peso por deshidratación. Aunque los daños por frío se presentaron en las tres variedades, estos fueron ligeros, esto es, representaron menos del 20% de la superficie del fruto. En la mayoría de las variables de calidad interna no hubo presentó cambios significativos durante la frigoconservación de los frutos, sin embargo la acumulación de etanol aumentó en las tres variedades por efecto del tiempo de frigoconservación y el recubrimiento de cera. La aplicación de temperaturas de acondicionamiento en naranjas disminuyó la acumulación de etanol. En las variedades expuestas a temperatura de comercialización los volátiles aumentaron a un poco más del doble, comparado con los frutos en refrigeración. Debido a que la variedad 'Valencia Selección 8', se mantuvo con calidad suficiente después de dos meses de evaluación, manteniendo una apariencia externa libre de daños por frío la hace óptima para frigoconservación prolongada.

Palabras clave: *Citrus sinensis*, Frigoconservación, Daños por frío.

ABSTRACT

In recent years, the application of different technologies has prolonged the shelf life of fruits and vegetables, maintaining their quality. Cold storage is the technology of choice for extending the shelf life of products while maintaining quality by reducing plant metabolism. However, when cold storage temperature is less than optimal, physiological disorders may be generated at cell membrane level and are known as chilling injuries. The use of technologies for reducing chilling injury prior to cold storage has been studied. The objective of this study was to evaluate the application of a wax emulsion and conditioning temperatures as technologies to maintain external and internal quality and to evaluate the postharvest physiology of orange fruits. The research was conducted in three phases, each one corresponding to an experiment. Uniform and undamaged 'Marrs', 'Valencia Late' and 'Valencia Seleccion 8' varieties of orange fruits were harvested at commercial maturity stage in the state of Veracruz. The fruits were cold stored over a long period, i.e., 30, 38 or 60 days, and in some cases, subsequently exposed to marketing temperature. The fruits were subjected to four treatments, application of wax emulsions and thermal conditioning treatment prior to cold storage for four days at 10°C and three days at 7°C. The resulting combinations were: without conditioning without wax, without conditioning with wax, with conditioning without wax, and with conditioning with wax. Color, chilling injury index and weight loss (external quality), total soluble solids, technology index, citric acid, maturity index, ascorbic acid, ethanol and acetaldehyde accumulation (internal quality) were evaluated. At 30 days of cold storage, the external quality only presented significant changes in weight loss in the

fruits of all three varieties during cold storage. Applying conditioning temperatures and wax emulsions decreased weight loss by dehydration. Although chilling injuries occurred in all three varieties, these were light, that is, they represented less than 20% of the fruit surface. In most internal quality variables, there were no significant changes during the cold storage of fruits, however ethanol accumulation in the three varieties increased by effect of cold storage time and the wax coating. Applying conditioning temperatures to oranges decreased accumulation of ethanol. In varieties exposed to market temperature volatiles increased to slightly more than double compared with the fruits in the refrigeration. Given that the late maturing 'Valencia Seleccion 8' variety maintained sufficient quality after two months of evaluation, maintaining an external appearance free of chilling injury, it is optimal for prolonged cold storage.

Keyword: *Citrus sinensis*, Cold storage, Chilling injury.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS GENERALES	3
2.1 Objetivos específicos	3
3. REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1 Importancia económica y origen de los cítricos.....	4
3.2 Taxonomía y morfología de la naranja.....	5
3.3 Composición de la naranja.....	6
3.4 Principales variedades de naranja	8
3.5 Cambios en el desarrollo y maduración de frutos cítricos	9
3.5.1 Cambios durante el desarrollo de frutos cítricos.....	9
3.5.2 Cambios durante la maduración en frutos de naranja	10
3.6 Frigoconservación.....	12
3.6.1 Respuestas fisiológicas a la frigoconservación.	15
3.7 Daños por frío (DF).	16
3.7.1 Síntomas de daños por frío (DF).	17
3.7.2 Desarrollo fisiológico de los daños por frío (DF).....	17
3.7.3 Tecnologías para el control de daños por frío (DF).	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1 Material vegetal.....	22
4.2 Preparación y aplicación de emulsiones de cera.	22
4.3 Tratamientos	22
4.4 Desarrollo de experimentos	23
4.4.1 Experimento I.	23
4.4.2 Experimento II.	23
4.4.3 Experimento III.	23
4.5 Variables.	24
4.5.1 Etanol y acetaldehído.	24
4.5.2 Solidos solubles totales (SST).....	24
4.5.3 Ácido cítrico.	24
4.5.4 Indicé de madurez.	25

4.5.5	Ácido ascórbico o vitamina C.	25
4.5.6	Pérdida fisiológica de peso.....	27
4.5.7	Grado de severidad del daño por frío e índice de daños por frío (IDF).....	27
4.5.8	Índice de color	27
4.5.9	Índice tecnológico.....	28
4.5.10	Nutrientes.....	28
5.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO	28
6.	RESULTADOS.....	29
6.1	Experimento I.....	29
6.1.1	Efecto de días de frigoconservación.....	29
6.1.2	Efecto de temperaturas de acondicionamiento.....	31
6.1.3	Efecto de la aplicación de emulsiones de cera.....	33
6.1.4	Interacciones.....	35
6.2	Experimento II.....	39
6.2.1	Efecto de días de frigoconservación y exposición a temperatura de comercialización.....	39
6.2.2	Efecto de las temperaturas de acondicionamiento.....	42
6.2.3	Interacciones.....	46
6.3	Experimento III.....	56
6.3.1	Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C). 56	
6.3.2	Efecto de las temperaturas de acondicionamiento.....	59
6.3.3	Aplicación de emulsiones de cera.....	61
6.3.4	Interacciones.....	63
7.	DISCUSIÓN	73
8.	CONCLUSIONES	84
9.	LITERATURA CITADA.....	85
10.	ANEXOS	93

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de naranja en México en 2012 (SIAP, 2012).....	4
Cuadro 2. Composición de naranja 'Valencia'. Cantidad contenida en 100 g (USDA, 2007).	7
Cuadro 3. Época de cosecha de algunos cultivares de naranjo en Veracruz (Información directa de los productores (Curti-Díaz <i>et al.</i> , 1998).	9
Cuadro 4. Calidad interna de la fruta de diferentes cultivares de naranjo en México (Veracruz) (Curti-Díaz <i>et al.</i> , 1998).....	11
Cuadro 5. Temperaturas y tiempos de conservación en diferentes variedades de naranja (Martínez-Jávega, 2002; Salvador <i>et al.</i> , 2007).	13
Cuadro 6. Efecto de días de frigoconservación en la calidad externa de frutos de naranjo 'Marrs'.....	29
Cuadro 7. Efecto de días de frigoconservación en la calidad interna de frutos de naranjo 'Marrs'.....	31
Cuadro 8. Efecto de la aplicación de temperaturas de acondicionamiento en la calidad externa en frutos de naranjo 'Marrs'.	32
Cuadro 9 . Efecto de la aplicación de temperaturas de acondicionamiento en la calidad interna en frutos de naranjo 'Marrs'.	33
Cuadro 10 . Efecto de la aplicación de emulsión de cera en la calidad externa de frutos de naranjo 'Marrs'.....	34
Cuadro 11. Efecto de la aplicación de emulsiones de cera en la calidad interna de frutos de naranjo 'Marrs'.....	35
Cuadro 12. Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20 °C) en la calidad externa de frutos naranjo 'Valencia Late'.	40
Cuadro 13 Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C) en la calidad interna de frutos naranjo 'Valencia Late'.	42
Cuadro 14. Efecto de temperaturas de acondicionamiento en la calidad externa en frutos de naranjo 'Valencia Late'.....	43
Cuadro 15. Efecto de las temperaturas de acondicionamiento en la calidad interna de frutos de naranjo 'Valencia Late'.....	44
Cuadro 16. Efecto de emulsión de cera en la calidad externa de frutos de naranjo 'Valencia Late'.	45
Cuadro 17. Efecto de emulsiones de cera en la calidad interna de frutos de naranjo 'Valencia Late'.	46
Cuadro 18. Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C) en la calidad externa de frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.....	57
Cuadro 19. Efecto de días después de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C) en la calidad interna de frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.	59

Cuadro 20. Efecto de la aplicación de temperaturas de acondicionamiento (10°C por 4 días + 7°C por 3 días) en la calidad externa de frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.	60
Cuadro 21. Efecto de la aplicación de tratamientos de acondicionamiento en la calidad interna en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.	61
Cuadro 22. Efecto de la aplicación de emulsiones de cera en la calidad externa en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.	62
Cuadro 23. Efecto de la aplicación de emulsiones de cera en la calidad interna en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precio de naranja 'Valencia' en el estado de Veracruz durante 2012 (SIAP, 2012).	5
Figura 2. Zonas básicas de la naranja: a) flavedo, b) albedo y c) endocarpo.	6
Figura 3. Efectos de la temperatura postcosecha sobre frutos y hortalizas no sensibles (tolerantes) y sensibles al frío (adaptado de Kader, 2003).	14
Figura 4. Eventos que llevan al daño por frío de acuerdo con la hipótesis de Lyons (1973).	18
Figura 5. Graficar los datos del Cuadro 5 y obtener la ecuación lineal ($y=mx+b$) que describe la curva.....	26
Figura 6. Efecto de la interacción entre días de frigoconservación (D) * aplicación de emulsiones de cera (C) en el contenido de etanol en frutos de naranjo 'Marrs'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$).....	36
Figura 7. Interacción de temperaturas de acondicionamiento (A) * aplicación de emulsiones de cera (C) en la acumulación de etanol en fruto de naranjo 'Marrs'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.....	37
Figura 8. Interacción entre triple interacción días (D) * temperaturas de acondicionamiento (A) * aplicación de emulsion de cera (C) en la acumulación de etanol en frutos de naranjo 'Marrs'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.	38
Figura 9. Interacción de tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) en el índice de color en fruto de naranjo 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$).	47
Figura 10. Interacción de tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) (A) * emulsión de cera (C) en el índice de color en fruto de naranjo 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$).	48
Figura 11. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (A) * días de frigoservación + temperatura de comercialización (D) en contenido de grados Brix en fruto de naranjo 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.	49
Figura 12. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (A) * días de frigoservación + temperatura de comercialización (D) en la acumulación de	

acetaldehído en frutos de naranjo ‘Valencia Late’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.	50
Figura 13. Interacción de tratamientos de acondicionamiento y emulsiones de cera en la acumulación de acetaldehído en frutos de naranjo ‘Valencia Late’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.	51
Figura 14. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * emulsiones de cera (C) durante los días de frigoconservación + temperatura de comercialización en la acumulación de acetaldehído en fruto de naranjo ‘Valencia Late’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	52
Figura 15. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (D) en la acumulación de etanol en frutos de naranjo ‘Valencia Late’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). ...	53
Figura 16. Interacción días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) y la aplicación de emulsiones de cera (C) en fruto de naranjo ‘Valencia Late’ en la acumulación de etanol. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	54
Figura 17. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * emulsión de cera (C) durante los días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) en la acumulación de etanol en frutos de naranjo ‘Valencia Late’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	55
Figura 18. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * días después de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) en el índice tecnológico del jugo de frutos de naranjo ‘Valencia Selección 8’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	64
Figura 19. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * días de comercialización + temperatura de comercialización (20°C) en el contenido de ácido ascórbico en frutos de naranjo ‘Valencia Selección 8’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	65
Figura 20. Interacción días de frigoconservación + temperaturas de comercialización (D) * emulsiones de cera (C) en la pérdida de peso en frutos de naranjo ‘Valencia Selección 8’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	66

Figura 21. Interacción de emulsiones de cera (C) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) en el índice tecnológico en jugo de frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	67
Figura 22. Interacción emulsiones de cera (C) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) en la acumulación de etanol en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	68
Figura 23. Interacción emulsión de cera (C) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) en la acumulación de acetaldehído en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	69
Figura 24. Interacción de emulsiones de cera (C) * tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) en la pérdida de peso en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	70
Figura 25. Interacción emulsiones de cera (C) * tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) en el índice de color en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	71
Figura 26 Interacción emulsiones de cera (C) * tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) en los daños por frío en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).	72

1. INTRODUCCIÓN

En México se cosecha naranja (*Citrus x sinensis*) durante todo el año. Sin embargo, durante el año se tienen fuertes variaciones que dan lugar a que la cosecha este más acentuada en algunos meses que en otros, lo que hace que se identifiquen claramente las temporadas de cosecha máxima (septiembre a diciembre), cosecha media (enero y febrero) y cosecha mínima (marzo a agosto) (Segura, 1983). La temporada de cosecha en el estado de Veracruz está determinada por los cultivares utilizados. De esta forma existen naranjas de maduración temprana ('Marrs', 'Hamlin', 'Manila', entre otras) que se cosechan de agosto a principios de enero, y maduración tardía (como 'Valencia' y 'Valencia Frost'), que se cosechan de enero a junio (Cuti-Díaz *et al.*, 1998). Por consecuencia, los precios se encuentran sujetos a la estacionalidad, y el precio que recibe el citricultor es bajo. Por lo anterior, es deseable el uso de tecnologías postcosecha que permitan a los productores almacenar la fruta conservando la calidad de la misma durante el tiempo necesario para que alcance mejores precios, e idealmente el máximo precio.

La producción nacional de naranja en nuestro país durante el periodo 2002-2012 oscilo en 4.02 a 3.67 millones toneladas. La disminución está relacionada con la presencia de plagas y enfermedades, así como de fenómenos climatológicos que han afectado su producción; como el caso de las sequias en 2009-2011 que implicaron una reducción del 2.6% en cada año (SIAP, 2012). Otras causas del decremento y la baja productividad que están relacionadas incluyen: a) desinterés del productor para invertir en su huerto, debido a la inestabilidad y predominancia de precios bajos de la fruta, b) individualismo para producir y comercializar la fruta, c) falta de información en la mayoría de los productores sobre la tecnología existente para elevar dicha productividad, y d) Insuficiente investigación y/o validación de tecnologías apropiadas para cada región (Curti-Díaz *et al.*, 1998) y e) Falta de organización de los productores.

La frigoconservación es el método más adecuado para la conservación de los frutos de naranja. Sin embargo, la naranja al ser una especie de clima tropical, presenta escasa

resistencia al frío y puede generar respuestas fisiológicas que demeriten su calidad (Henriod, 2006), las temperaturas óptimas oscilan entre 2 a 5°C dependiendo de la variedad (Salvador *et al.*, 2007). Estas temperaturas reducen las pérdidas de características cualitativas y cuantitativas (Martínez-Jávega *et al.*, 2004), ocasionadas por factores de deterioro como: pérdida de agua por transpiración, pudriciones y marchitamiento. Cuando la temperatura de frigoconservación es menor a la óptima, se pueden presentar desórdenes fisiológicos denominados “daños por frío (DF)” (Agustí, 2003). La susceptibilidad a este tipo de daños está influenciada por el patrón, la variedad, las condiciones ambientales, y el manejo durante el cultivo, entre otros factores (Palacios, 2005).

En años recientes se ha investigado sobre el uso de tecnologías previo a la frigoconservación para reducir el daño por frío. Entre ellas están las temperaturas de acondicionamiento y la aplicación de ceras. Las temperaturas de acondicionamiento reducen alteraciones en la membrana celular, afectan la velocidad de respiración (Sapitnitskaya *et al.*, 2006) y de transpiración (Terdwongworakul *et al.*, 2009) y que en conjunto incrementan la tolerancia del fruto al frío (Vázquez *et al.*, 2002). Sin embargo, la duración y la temperatura del acondicionamiento requieren de estudios precisos para producir el efecto deseado (Vázquez y Martínez-Jévega, 1999). En relación a la aplicación de ceras, se ha visto que la presencia de una barrera artificial alrededor de los frutos, puede disminuir las concentraciones de O₂ y aumentar las de CO₂, mantener el contenido de agua y retardar los procesos fisiológicos que demeritan la calidad de los frutos (Pérez *et al.*, 2005). Al respecto, en naranja ‘Valencia’ producida en el noroeste de México se encontró que la aplicación de cera disminuyó la pérdida de peso y la incidencia de pudriciones cuando la fruta fue almacenada a 2°C y 6°C durante cinco a seis semanas, en comparación con las frutas sin aplicación de cera (Rodríguez *et al.*, 2007).

Hace falta información específica sobre el potencial de las variedades cultivadas en Veracruz para ser frigoconservados por más de seis semanas. Por lo tanto, en el presente trabajo se plantearon los siguientes:

2. OBJETIVOS GENERALES

Evaluar la aplicación de una emulsión de cera y temperaturas de acondicionamiento como tecnologías para mantener la calidad externa e interna y para evaluar la fisiología postcosecha en frutos de naranjo 'Marrs', 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8'.

2.1 Objetivos específicos:

- Evaluar la fisiología y la calidad en frutos de naranja 'Marrs' en tiempo de frigoconservación prolongada.
- Evaluar la fisiología y la calidad en frutos de naranja 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' en tiempo de frigoconservación y exposición a temperatura de comercialización.

3. REVISION DE LITERATURA

3.1 Importancia económica y origen de los cítricos.

El origen de los cítricos se localiza en Asia oriental, en una zona que abarca desde la vertiente del Himalaya hasta China meridional, Indochina, Tailandia, Malasia e Indonesia. Actualmente se extiende por la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales comprendidas entre los paralelos 44°N y 41°S (Agustí, 2003).

La producción mundial de cítricos es 108, 382,118 de toneladas; los principales países productores son: China (24%), Brasil (19%), Estados Unidos (10%), India (7%) y México (6%) (FAO, 2012). En México la superficie cosechada de naranja en 2012 fue de 323,357.14 toneladas distribuidas en 27 estados. Los principales estados productores son (Cuadro 1): Veracruz (48.8%), Tamaulipas (14.3%), San Luis Potosí (8.8%), Puebla (6.0%) y Nuevo León (5.6%) (SIAP, 2012).

Cuadro 1. Producción de naranja en México en 2012 (SIAP, 2012).

Estados	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)
Veracruz	166255	160515	1789224	11.15
Tamaulipas	33022.5	32193	522573	16.23
San Luis Potosí	38117.5	37427	324213	8.66
Puebla	18014.0	17925	219546	12.25
Nuevo León	25445.98	25446	204750	8.05
Resto del país	333073.77	323357	3666790	11.34

De acuerdo con el sistema de información de atención primaria (SIAP), el naranjo dulce (*Citrus Sinensis*) es una de las frutas más populares en México por alto contenido de vitamina C, así como por su uso en la elaboración de mermeladas, y la obtención de aceites y esencias, aromatizantes y saborizantes. El SIAP registro que durante el 2012 el precio de naranja 'Valencia' se mantuvo constante con un promedio de 4.22 pesos por kilo durante los meses de enero, febrero y marzo; sin embargo el precio aumentó durante

los meses de junio, julio y agosto donde los precios alcanzaron en promedio 7.96 pesos por kilo siendo durante el mes de agosto donde el precio aumento hasta los 10.07 pesos por kilo; esta tendencia fue similar para años anteriores que van desde 2008 a 2011 (Figura 1). Esta relación de precios puede relacionarse con el hecho de que la naranja 'Valencia' es una variedad tardía, inicia su producción en enero y finaliza en mayo de acuerdo con datos obtenidos por productores del estado de Veracruz citado por Curti-Díaz *et al.*, (1998) (Cuadro 3) por lo que el aumento durante los meses junio-agosto se relaciona con la falta de demanda del fruto.

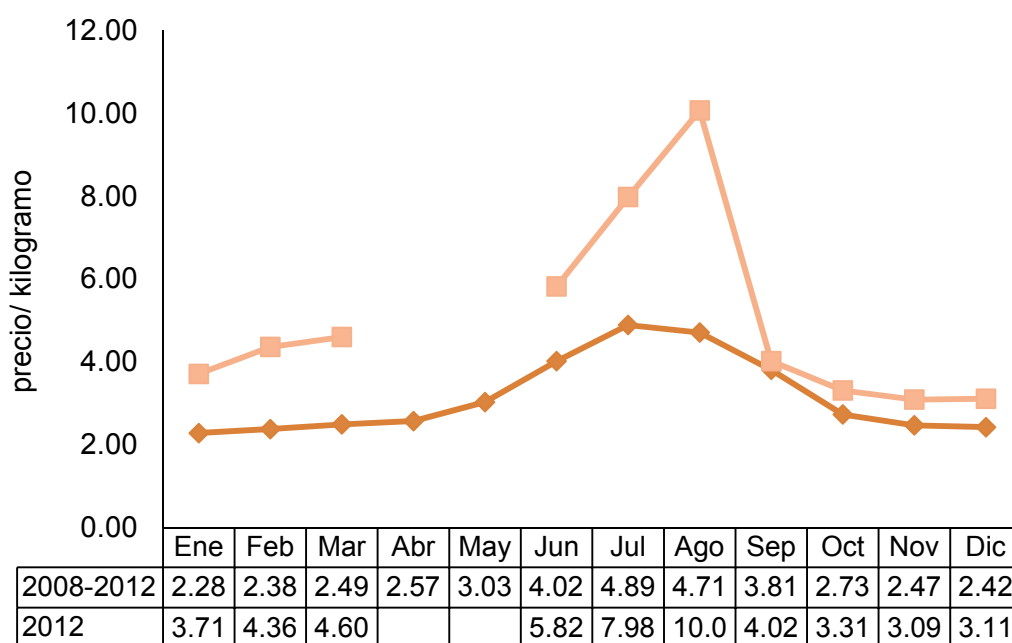


Figura 1. Precio de naranja 'Valencia' en el estado de Veracruz durante 2012 (SIAP, 2012).

3.2 Taxonomía y morfología de la naranja.

El naranjo dulce pertenece a la familia Rutaceae, del genero *Citrus*. De porte reducido, ramas poco vigorosas y tronco corto; sus hojas se caracterizan por ser de limbo grande, alas pequeñas y espinas poco acusadas, sus flores ligeramente aromáticas, solas o agrupadas con o sin hojas (Amorós, 2003). Su fruto es una baya compuesta o hesperidio. En la cascara se distinguen dos zonas: una externa coloreada y compacta llamada

flavedo que está constituido por el epicarpio que se forma de epidermis e hipodermis; lo más notable del flavedo son las glándulas de aceite muy desarrolladas que aparecen en la superficie de la fruta como puntos redondos. La segunda zona es llamada albedo que está constituido por tejidos blancos y esponjosos que se prolongan hacia el interior de la fruta y forman los tabiques que separan a los carpelos o gajos de la naranja. El endocarpo o pulpa se compone de unos 10 carpelos o gajos, llenos de vesículas transparentes fusiformes y fijadas a las paredes por una base delgada y fuerte. Estas vesículas se encuentran llenas de jugo azucarado (Agustí, 2003) (Figura 2).

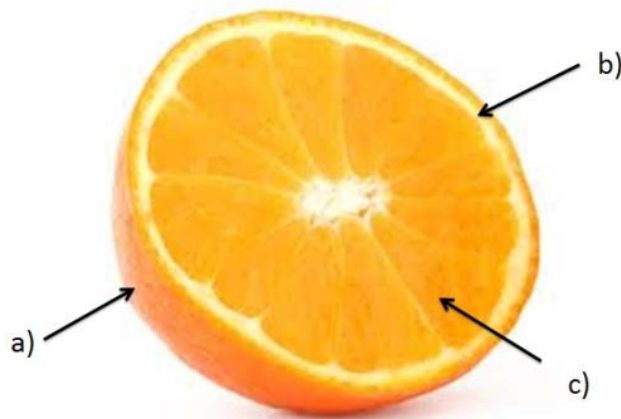


Figura 2. Zonas básicas de la naranja: a) flavedo, b) albedo y c) endocarpo.

3.3 Composición de la naranja.

La naranja está conformada en una gran cantidad por agua y proteínas y es un alimento bajo en grasas, buena fuente de fibra y vitamina C. Los principales carbohidratos incluyen monosacáridos como la glucosa y fructosa; oligosacáridos como la sucrosa; y polisacáridos como las pectinas (Davies y Albrigo, 1994). La composición de los frutos cítricos varía en cada tipo de tejido (Cuadro 2). El albedo de la cáscara es rico en celulosa, hemicelulosa, lignina, sustancias pécticas y compuestos fenólicos (Ligor y Buszewski, 2003); por su parte, los constituyentes más importantes del flavedo son compuestos carotenoides y aceites (Cancalon, 1994).

Cuadro 2. Composición de naranja 'Valencia'. Cantidad contenida en 100 g (USDA, 2007).

	Unidades	Naranja con cascara	Naranja sin cascara	Cascara de naranja
Componentes principales				
Agua	G	82.3	86.75	72.5
Energía	Kcal	63	47	97
Proteínas	G	1.3	0.94	1.5
Lípidos totales	G	0.3	0.12	0.2
Cenizas	G	0.6	0.44	0.8
Carbohidratos	G	15.5	11.75	25
Fibra total	G	4.5	2.4	10.6
Azúcares total	G	-	9.35	-
Minerales				
Calcio	Mg	70	40	161
Hierro	Mg	0.8	0.1	0.8
Magnesio	Mg	14	10	22
Fósforo	Mg	22	14	21
Potasio	Mg	196	181	212
Sodio	Mg	2	0	3
Zinc	Mg	0.11	0.07	0.25
Cobre	Mg	0.057	0.045	0.092
Manganeso	Mg	-	0.025	-
Selenio	Mg	0.7	0.5	1
Vitaminas				
Vitamina C	Mg	71	53.2	136
Tiamina	Mg	0.1	0.087	0.12
Riboflavina	Mg	0.05	0.04	0.09
Niacina	Mg	0.5	0.282	0.9
Ácido Pantoténico	Mg	0.33	0.25	0.49
Vitamina B-6	Mg	0.093	0.06	0.176
Folatos, total	Mg	30	30	30
Colina, total	Mg	-	8.4	-
Vitamina A	IU	250	225	420
Vitamina E	Mg	-	0.18	0.25
Otros				
Beta-caroteno	Mcg	-	71	-
Alfa-caroteno	Mcg	-	11	-
Beta-criptoxantina	Mcg	-	116	-
Luteína + zeaxantina	Mcg	-	129	-

3.4 Principales variedades de naranja.

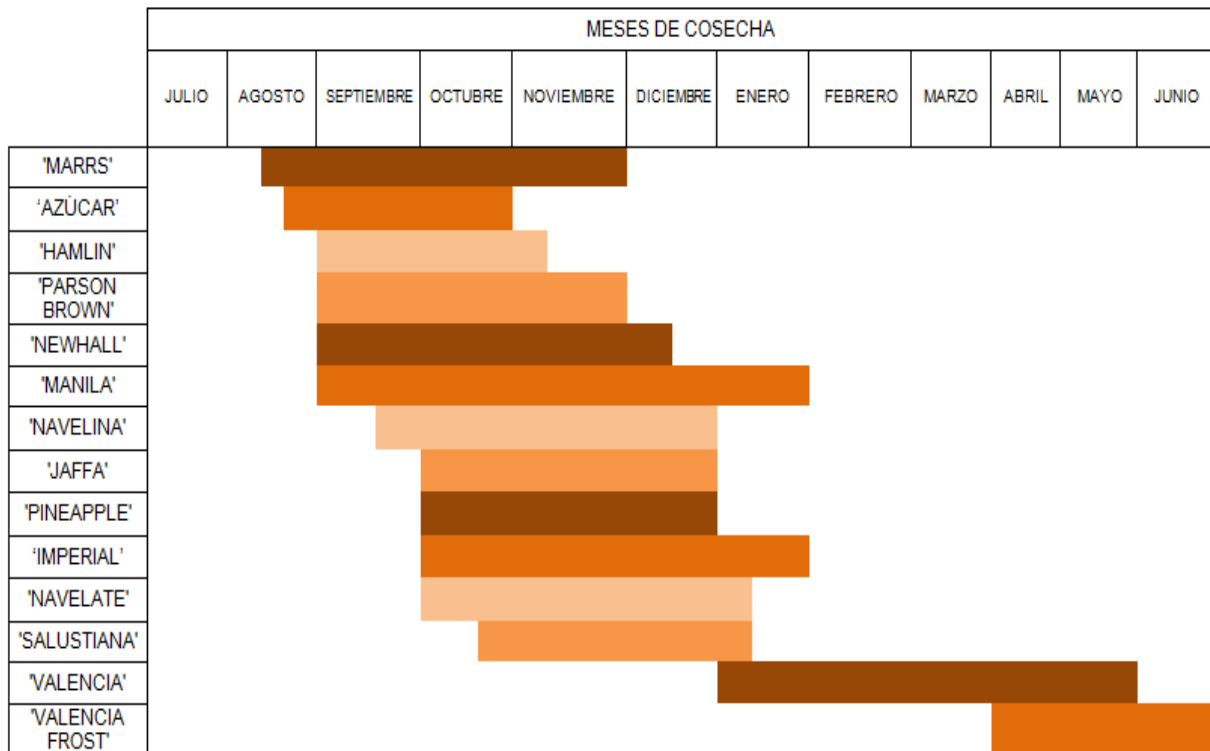
Las principales variedades de naranja cultivadas en el mundo se encuentran dentro de los tres grupos siguientes (Soler y Soler, 2006; Agustí 2003):

- Grupo Navel: buena presencia, frutos partenocárpicos de gran tamaño, muy precoces. Destacan las variedades: 'Navelate', 'Navelina', 'Newhall', 'Washington Navel', 'Lane Late' y 'Thompson'. Se caracterizan por tener buen vigor.
- Grupo Blancas: dentro de este tipo destaca la 'Salustiana' y 'Valencia Late' (presenta frutos de buena calidad con una o muy pocas semillas y de buena conservación). Se caracterizan por ser árboles de gran vigor, frondosos, tamaño medio a grande y hábito de crecimiento abierto, aunque tienen tendencia a producir chupones verticales, muy vigorosos, en el interior de la copa.
- Grupo Sanguinas: variedades muy productivas, en las que la fructificación predomina sobre el desarrollo vegetativo. Son variedades con brotaciones cortas y los impedimentos en la circulación de la savia dan lugar al endurecimiento de ramas. Destaca la variedad 'Sanguinelli'.

Sin embargo, la clasificación de especies y variedades, puede determinarse de acuerdo a la época de maduración, las variedades de naranja se clasifican en: a) tempranas; b) de media estación; y c) tardías (Palacios, 1987).

La temporada de cosecha en algunas regiones de México como el estado de Veracruz está determinado por los cultivares utilizados (Cuadro 3), como naranjas de maduración temprana como 'Marrs', 'Hamlin', 'Manila', entre otras (cosecha de agosto a principios de enero) y maduración tardía como 'Valencia' y 'Valencia Frost' (cosecha de enero a junio) (Curti-Díaz *et al.*, 1998).

Cuadro 3. Época de cosecha de algunos cultivares de naranjo en Veracruz (Información directa de los productores (Curti-Díaz *et al.*, 1998).



3.5 Cambios en el desarrollo y maduración de frutos cítricos.

3.5.1 Cambios durante el desarrollo de frutos cítricos.

En los cítricos el crecimiento del fruto tiene una curva sigmoideal, desde la antesis hasta la maduración, caracterizada por tres periodos o fases:

Periodo de crecimiento exponencial o fase I: abarca desde la antesis hasta el final de la caída fisiológica de los frutos, y se caracteriza por un rápido crecimiento del fruto provocado por la división celular, con el consiguiente aumento del número de células de todos sus tejidos en desarrollo, excepto del eje central. Tanto el aumento de tamaño del fruto, así como el volumen del flavedo, mesocarpo y endocarpo es producto de la división celular (Agustí, 2003).

Periodo de crecimiento lineal o fase II: este periodo abarca desde el final de la caída fisiológica del fruto hasta poco antes de su cambio de color. Su duración es diferente según la variedad: corta en variedades precoces (2-3 meses) y largas en las más tardías (5-6 meses). Se caracteriza por una expansión marcada de los tejidos, acompañada por un agrandamiento celular y formación de un mesocarpo esponjoso. Es esta fase, el aumento de tamaño se debe principalmente al desarrollo de los lóculos, en cuyo interior las vesículas de jugo llegan a su máxima longitud y volumen y el contenido en jugo de sus células aumenta (Agusti, 2003). Este período en Valencia, corresponde al período de rápido crecimiento, y la tasa de aumento en el diámetro de la fruta es paralela a la de aumento de su peso, hasta que el color cambia de verde a amarillo. Después de este período, el incremento en diámetro de fruta es menor, mientras que el aumento de peso continúa por un período de 6 semanas (Hulme, 1971).

Periodo de maduración o fase III: este periodo se caracteriza por una reducida tasa de crecimiento mientras el fruto se mantiene en el árbol y comprende todos los cambios asociados a la maduración. Durante esta fase, el crecimiento del flavedo puede llegar a ser importante en algunas variedades. Los segmentos de la pulpa crecen muy poco y en ocasiones, puede perder jugo. La pigmentación del flavedo es consecuencia de la degradación enzimática de las clorofilas del flavedo y de la síntesis de carotenoides. Este proceso normalmente coincide con la maduración interna. El contenido en sólidos solubles, sobre todo azúcares y compuestos nitrogenados aumenta, mientras que los ácidos libres disminuyen progresivamente como consecuencia de su dilución y metabolismo (Agustí, 2003).

3.5.2 Cambios durante la maduración en frutos de naranja.

Durante la maduración los frutos desarrollan cambios físico-químicos a consecuencia de la actividad bioquímica motivada por los procesos fisiológicos propios del fruto (Soler y Soler, 2006). El proceso de maduración abarca cuatro aspectos fundamentales: aumento gradual del jugo, disminución de la concentración de acidez, aumento de sólidos solubles (azúcares) y desenvolvimiento de color, aroma y sabor (Cuadro 4).

En la maduración de los frutos cítricos el color del flavedo varía como resultado de los cambios coordinados entre el contenido y composición de carotenoides, así como de la degradación de la clorofila que se descompone y del aumento de los pigmentos de color naranja o amarillo en este. Conforme la fruta madura, los carotenoides aumentan en el flavedo y en el jugo, y en la fruta verde madura, la fracción soluble en metanol (xantofilas) es el componente predominante del grupo. Cuando el fruto ha alcanzado su máximo contenido de carotenoides, la fracción de éter de petróleo (hidrocarburo y ésteres) es más alta (Gross, 1987; Palacios, 1987).

Cuadro 4. Calidad interna de la fruta de diferentes cultivares de naranjo en México (Veracruz) (Curti-Díaz *et al.*, 1998).

Cultivar	Sólidos solubles totales (SST) (%)	Ácido cítrico (%)	Relación SST/Ac. cítrico
'Marrs'	10.0	1.13	8.8
'Imperial'	9.6	1.88	5.1
'Jaffa'	10.5	1.19	8.7
'Manila'	10.5	1.31	8.0
'Parson Brown'	9.0	0.81	11.1
'Pineapple'	10.3	1.13	9.1
'Navelina'	9.8	0.76	12.9
'Navelate'	9.4	0.98	9.6
'Newhall'	10.0	0.70	14.3
'Salustiana'	8.8	1.14	7.7
'Valencia'	12.8	1.22	10.48

La acidez desempeña un papel importante en el sabor de las frutas cítricas. La naranja dulce mantiene un porcentaje que varía del 1 al 2% (Palacios, 1987). La disminución de la acidez titulable se considera que es debida a la dilución, cuando la fruta aumenta el tamaño y el contenido de jugo. La disminución de la concentración de ácido con el aumento gradual de azúcares totales durante el desarrollo da como resultado un aumento en la relación de sólidos solubles totales-acidez, que es la base para la

determinación de su palatabilidad (Hulme, 1971). La reducción de azúcares es mayor con la madurez, al aumentar la fracción de solubles en alcohol en la cáscara, hay una disminución correspondiente de los sólidos insolubles en alcohol, que son principalmente la pared celular y componentes citoplasmáticos (Hulme, 1971).

Las frutas cítricas contienen cantidades considerables de cationes, principalmente de potasio, calcio y magnesio. El pH de los jugos de cítricos en naranjas maduras es 5, sin embargo en naranjas 'Valencia' y 'Washington Navel' oscila entre 2 y 3.9, el ácido libre se incrementa durante su desarrollo y después este es constante (Ladaniya, 2008).

3.6 Frigoconservación.

La frigoconservación es una técnica utilizada para alargar la vida postcosecha y preservar la calidad (Carmona *et al.*, 2007), esta puede perseguir diversos fines comerciales como: alargar el período de comercialización de variedades tardías aprovechando períodos favorables, mantener la calidad durante el transporte a mercados distantes, conservar los frutos en períodos de alto riesgo de helada en campo, tratamientos cuarentenarios para el control de insectos en frutos exportados a determinados países que los exigen, etc.(Salvador *et al.*,2007). La conservación refrigerada de frutos tropicales y subtropicales varían dependiendo de la especie por ejemplo en aguacate 7-13°C, banano13-14°C, mango10-14°C, piña 7-13°C; mientras que en cítricos como el pomelo 10-15°C, limón 10-13°C y naranja 1-9°C (Luchinger, 1999).

En naranja se han reportado diferentes temperaturas y tiempos de conservación. En México se reportan temperaturas de 4°C por 8 semanas en naranja 'Valencia' (Fortiz *et al.*, 2011), en esta misma variedad en España temperaturas de 5°C por 5 a 16 semanas (Contreras-Oliva *et al.*, 2012), la misma temperatura fue utilizada en naranjas 'Valencia' en Argentina por 4 semanas (Meier *et al.*, 2004); mientras que en naranja 'Navel' de California se han reportado temperaturas de 5°C por 2 – 6 semanas (Obenland *et al.*, 2003; Obenland *et al.*, 2008). Las temperaturas adecuadas, permite reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas debidas a desórdenes fisiológicos y podredumbres, retrasar

la maduración y senescencia y prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumo en fresco o industrial (Artés, 1987 y Martínez-Jávega, 1999). Sin embargo las condiciones de almacenamiento son diferentes para cada variedad (Cuadro 5) Por ejemplo, en Washington ‘Navel’, ‘Lanelate’, ‘Salustiana’ y ‘Valencia’ las temperaturas de almacenamiento van de 2 a 3°C (Martínez-Jávega, 1999; Salvador *et al.*, 2007).

Cuadro 5. Temperaturas y tiempos de conservación en diferentes variedades de naranja (Martínez-Jávega, 2002; Salvador *et al.*, 2007).

Variedad	Temperatura (°C)	Tiempo (meses)
‘Blanca común’	2-3	2-3
‘Caracara’	3-4	1.5-2.0
‘Lanelate’	2-3	2-3
‘Navel Washington’	2-3	2-3
‘Navelate’	3-4	1.5-2.5
‘Navelina’	2-3	2-3
‘Powell’	4-5	1.0-1.5
‘Rhode Summer’	4-5	1.5-2.5
‘Salustiana’	2-3	2-3
‘Valencia Delta’	4-5	1.5-2.0
‘Valencia late’	2-3	2.5-3.5
‘Valencia Midnight’	4-5	1.5-2.0

Sin embargo la conservación a bajas temperaturas presenta limitaciones en productos de origen tropical y subtropical como la sensibilidad a las bajas temperaturas que se manifiesta por diferentes alteraciones como: daños por frío ‘picado’ o ‘pitting’(que se manifiesta en la piel de forma más o menos circular, con ligera decoloración que posteriormente oscurece), ‘escaldado’, ‘bronceado’ o ‘scald’(se observa a veces oscurecimiento difuso de la piel de forma irregular que se extiende paulatinamente por la

superficie del fruto) y la ‘descomposición acuosa’ o ‘watery breakdown’ (los frutos adquieren aspecto blando y esponjoso como si se hubiesen congelado)(Martínez-Jávega, 1999).

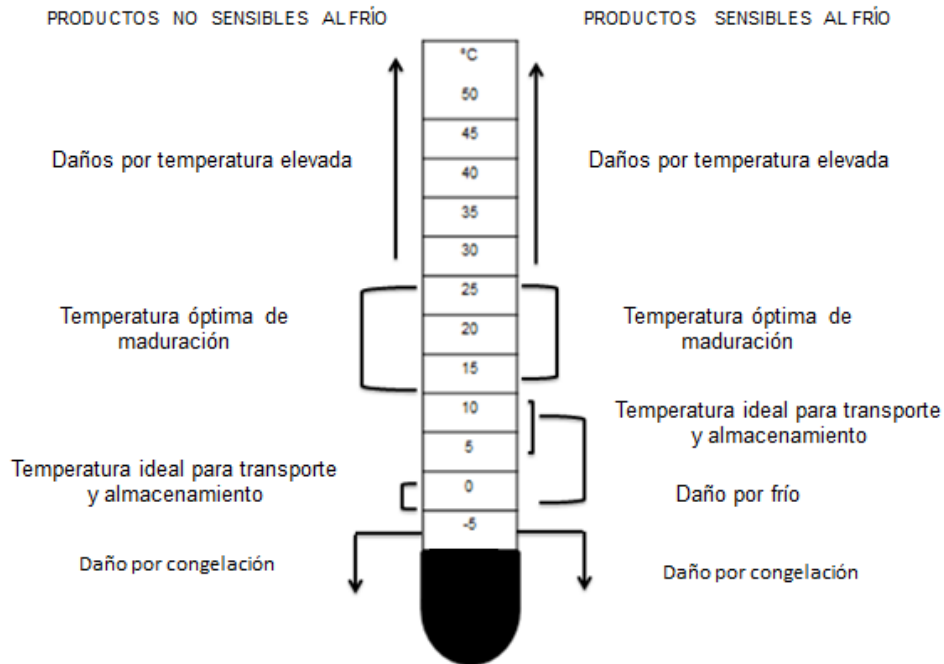


Figura 3. Efectos de la temperatura postcosecha sobre frutos y hortalizas no sensibles (tolerantes) y sensibles al frío (adaptado de Kader, 2003).

En cítricos la conservación a bajas temperaturas retarda la maduración y la senescencia, y disminuye la velocidad de los procesos metabólicos (respiración) inherentes al producto (Magaña *et al.*, 2004). Sin embargo, cuando el almacenamiento es prolongado puede presentarse diferentes alteraciones o desordenes fisiológicos. En naranja ‘Valencia’ el almacenamiento prolongado a temperaturas entre 6 y 7 °C ocasionó alta transpiración y deshidratación del fruto (Schirra y Cohen, 1999). Mientras que temperaturas inferiores favorecen los síntomas de daños por frío (chilling injury) y consecuentemente incrementan la susceptibilidad a pudriciones, especialmente cuando las frutas son removidas a temperatura ambiente (20 a 30 °C).

3.6.1 Respuestas fisiológicas a la frigoconservación.

3.6.1.1 Actividad enzimática.

Algunos de los sistemas enzimáticos que se ven afectados seriamente por las bajas temperaturas, han sido asociados con membranas. Las curvas de Arrhenius de los sistemas enzimáticos de membranas, muestran un rompimiento a la misma temperatura donde sufren transición de la fase líquida cristalina a un estado del sólido (Lyons *et al.*, 1979).

3.6.1.2 Respiración.

En los frutos la actividad respiratoria está estrechamente relacionada con los cambios en la maduración, calidad y vida postcosecha (Guadarrama, 2001). El aumento de la tasa respiratoria en frutos después de cosechado usualmente está acompañado de la producción de etileno e incremento de la transpiración, lo cual acelera su deterioro postcosecha (Muayed y Bushra, 2002). En naranjita china (*Citrus x microcarpa Bunge*) durante el primer día después de la cosecha presentó un valor mínimo de actividad respiratoria de $7.34 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, para luego incrementarse entre el segundo día a 20 y 23 $\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ respectivamente. Estos resultados indican que en los frutos de naranjita china aumenta la producción de CO_2 a medida que transcurre el tiempo de maduración (Guadarrama y Peña 2013).

La respiración es el principal proceso de deterioro de los frutos. Este proceso es atenuado por las bajas temperaturas, que además logran disminuir la pérdida de agua, y la velocidad de las reacciones bioquímicas y enzimáticas. La velocidad de respiración de un fruto se reduce a la mitad por cada 10°C en que disminuye la temperatura (Guerra, 1996). El resultado final de la respiración es el deterioro del producto y su senescencia. Es deseable someter al producto a las mínimas condiciones de temperatura para abatir la respiración, pero al mismo tiempo cuidando al máximo la exposición del tejido a temperaturas que lo puedan dañar (Liu, 1992).

3.6.1.3 Producción de etileno.

La síntesis de etileno es estimulada por el estrés de frío en un gran número de plantas y tejidos, siendo la parte de la síntesis de ACC (ácido 1-aminocicloporpanocarboxílico). La síntesis etileno disminuye después del estímulo inicial aun con niveles altos de ACC, fallando en la biosíntesis el paso final de ACC a etileno. En tanto los frutos se mantienen a bajas temperaturas, los niveles de ACC, actividad de ACC sintasa, y la producción de etileno permanecen bajos. Sin embargo una vez que son transferidos a temperaturas más altas se incrementan rápidamente y por un corto periodo (Martínez-Jávega *et al.*, 1992).

3.6.1.4 Transpiración.

La principal causa de deterioro fisiológico en cítricos es el estrés de agua producido al separarse de la planta madre debido a la transpiración y no-reposición (Martínez-Jávega *et al.*, 1992); La transpiración causa desecación, arrugamiento, ablandamiento y acelera la senescencia. En el almacenamiento a baja temperatura se reduce el gradiente de presión de vapor de agua entre el fruto y la atmósfera de almacenamiento, con lo que disminuye la velocidad de pérdida de agua por transpiración (Martínez-Jávega, 2002).

3.7 Daños por frío (DF).

Los cambios físicos y fisiológicos que se presentan en los vegetales por acción de las bajas temperaturas, por encima de las temperaturas de congelación (0° a -1.5°C) son denominados daños por frío (DF). Cuando las temperaturas de frigoconservación son menores a la óptima, se presentan DF. La piel (flavedo) colapsa y forma lesiones hundidas que dejan una clara demarcación entre las lesiones y el tejido epidérmico sano (Agustí, 2003).

Los factores que contribuyen al desarrollo de los daños por frío son varios, tales como la especie, el cultivar y los factores ambientales a los que están expuestos los tejidos vegetales antes de ser almacenados en frío (Saltveit y Morris, 1990).

3.7.1 Síntomas de daños por frío (DF).

La susceptibilidad a los daños está influenciada, entre otros factores, por el patrón, variedad, condiciones ambientales, de la temperatura y tiempo de exposición al frío, grado de madurez, de las características climáticas de la zona de cultivo y de las temperaturas anteriores a la cosecha manejo durante el cultivo (Magaña *et al.*, 2004; Lurie y Crisosto, 2005; Palacios, 2005). En frutos cítricos, como la mandarina 'Fortuna' se ha comprobado que la susceptibilidad al frío está relacionada con las condiciones ambientales en las que se desarrollan los frutos, más que con la maduración en sí (González-Aguilar *et al.*, 2000).

Las alteraciones más comunes asociadas a los DF son lesiones superficiales, fundamentalmente el picado y formación de las áreas necróticas de la piel, la ruptura de las membranas celulares, la desorganización de la estructura celular, la exudación del tejido, el oscurecimiento de la pulpa, la decoloración interna del tejido, inhibición del desarrollo, aceleración de senescencia y muerte de la planta o del tejido en cuestión (Morris, 1982; Agustí, 2003).

Aunque los síntomas de DF pueden aparecer durante la exposición del tejido a las bajas temperaturas, su aparición es más rápida y los daños son más visibles, cuando el tejido se trasfiere a temperaturas superiores o temperatura ambiente (Morris, 1982; Gross *et al.*, 2002). En cítricos la manifestación de estos síntomas puede darse en la cámara de conservación después de un tiempo de permanencia en frío, este periodo de 'latencia' puede variar se ha observado en mandarina 'Fortune' a los 7 días (Salvador *et al.*, 2003) y en 'Nova' a los después de los 30 días; la aparición de síntomas es mayor cuanto mayor es el tiempo de almacenamiento en la cámara a una temperatura menor (Salvador *et al.*, 2007).

3.7.2 Desarrollo fisiológico de los daños por frío (DF).

La aparición de los daños por frío (DF) se desarrolla en dos etapas. La primera etapa ocurre instantáneamente a una temperatura crítica y posteriormente se originarían otros procesos secundarios, dependiendo de la temperatura y tiempo de exposición que

conducirían a los síntomas visibles de la lesión (Markhart, 1986); durante esta etapa, el daño primario ocurre en la estructura de las membranas celulares, ya que los lípidos pasan de un estado flexible a otro rígido, derivando en deshidratación celular por pérdida de líquidos, al igual que en fugas de solutos y perturbación de las funciones celulares; con la consecuente alteración celular y con una severidad que depende de la intensidad y duración del estrés. El cambio de estado físico de las membranas puede conducir a respuestas secundarias o cambios irreversibles (Figura 4), dependiendo de la temperatura, el tiempo de exposición y la susceptibilidad de las especies (Upchurch, 2008).

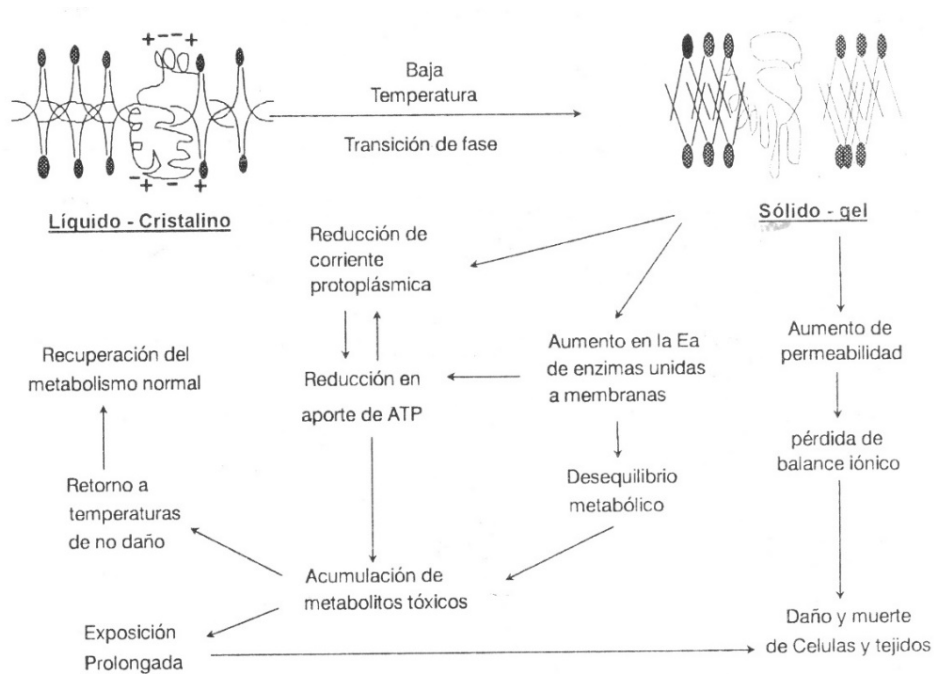


Figura 4. Eventos que llevan al daño por frío de acuerdo con la hipótesis de Lyons (1973).

En la segunda etapa de los DF tienen lugar los síntomas visibles y los daños son irreversibles. La elevación moderada de la temperatura solo contribuye a acelerar su desarrollo (Artes, 2000). Los síntomas de DF incluyen marchitamiento, clorosis, necrosis y eventualmente, muerte del tejido (Allen y Ort, 2001). Un estrés severo por un choque de frío, que produce daños de manera muy rápida, ejerce un efecto irremediable y a veces letal, sin que llegue a producir la congelación de los tejidos (Artes, 2000).

Entre los diversos parámetros relacionados con los daños por frío, está la pérdida de agua y electrolitos, emisión de aceites esenciales, activación de enzimas relacionadas con el metabolismo de fenoles, producción de etileno, respiración y carotenoides volátiles (Vázquez y Martínez-Jávega, 1999).

3.7.3 Tecnologías para el control de daños por frío (DF).

El uso de tecnologías postcosecha, como el acondicionamiento a bajas y altas temperaturas, calentamientos intermitentes, inmersión en baños de agua caliente, aplicación de recubrimientos entre otras (Wang, 1993) han resultado efectivas para prolongar el almacenamiento a bajas temperaturas; estos métodos aumentan la tolerancia al frío de los tejidos vegetales (Morris, 1982). Sin embargo la eficacia de las tecnologías postcosecha depende de factores tales como las condiciones ambientales durante la recolección, la especie, la variedad y del estado de maduración (Wang, 1993).

3.7.3.1 Temperaturas de acondicionamiento.

Los tratamientos de acondicionamiento, o almacenamiento previo a temperaturas altas o moderadas, son tratamientos físicos no contaminantes que pueden modificar considerablemente la susceptibilidad de la mayoría de los productos hortícolas al daño por frío e incrementan la tolerancia del fruto al frío (Vázquez y Martínez-Jávega, 1999). El uso de temperaturas de acondicionamiento para dar tolerancia al frío a los frutos se basa en que las membranas celulares están compuestas por diversos lípidos, todos ellos con diferente punto de congelación dependiendo de su grado de saturación. A medida que las membranas son expuestas a temperaturas progresivamente más bajas la composición de estos lípidos puede cambiar, de tal manera que aquellos con bajo punto de congelación dominarán en la cáscara del fruto. Por lo anterior, la aplicación de temperaturas de acondicionamiento evitan alteraciones en la membrana celular, reducen la velocidad de respiración (Sapitnitskaya *et al.*, 2006) y de transpiración (Terdwongworakul *et al.*, 2009). Cuando los frutos son sometidos a temperaturas elevadas (15 – 40°C) previo a un almacenamiento a bajas temperaturas, los frutos se someten a un ligero estrés de agua en la flavedo. Este estrés induce un aumento de ácido abscísico (ABA), que en el caso de cítricos es modificado el balance de los

reguladores de crecimiento y éste, a su vez, el metabolismo bioquímico y biofísico del mecanismo de resistencia a daños por frío (Lyons, 1973).

El acondicionamiento a temperaturas de 15 – 25°C durante 2 – 7 días antes de la frigoconservación permite almacenar posteriormente naranjas, limones y pomelos a temperaturas cercanas a 2 °C durante 15 – 20 días sin que aparezcan alteraciones (Agustí, 2003) aumentando la resistencia al frío. En algunos frutos esto se encuentra relacionado con el aumento de los ácidos grasos insaturados, ácido abscísico, escualeno o poliaminas (Vázquez y Martínez-Jávega, 1999).

Meier *et al.* (2004), reporta que la menor temperatura de almacenamiento (2°C) determinó, en general, los menores niveles de acetaldehído y de etanol en jugo sin provocar daños por frío. El acondicionamiento de naranjas a altas temperaturas (36°C) determinó un incremento en el contenido de estos volátiles. Además los frutos acondicionados mostraron daños en la piel. Tanto en naranja como en mandarina se observa un incremento en el nivel de volátiles del jugo al transferir los frutos a 20°C.

3.7.3.2 Emulsiones de ceras

En la citricultura las emulsiones de cerea que se utilizan para el acondicionamiento del fruto son ceras, recubrimientos comestibles y envolturas plásticas. La aplicación de ceras es una forma de conservar la vida útil postcosecha de frutas cubriéndolas con barreras comestibles semipermeables a gases y vapor de agua. Con la aplicación de recubrimientos se logra controlar la respiración, transpiración, fisiopatías, deterioro debido a microorganismos, y al mismo tiempo, confieren una mejor apariencia, textura y manejo (Domínguez *et al.*, 2003). La presencia de una barrera artificial o cera natural de difusión alrededor de los frutos, puede causar diversos efectos, tales como: disminución en los niveles de O₂ y aumento en las concentraciones de CO₂, alteración en las concentraciones de etileno, disminución en el porcentaje de agua y cambios en los procesos fisiológicos (Pérez *et al.*, 2005; Fonseca *et al.*, 2000). El encerado se realiza con ceras al agua, que pueden ser soluciones de resinas o emulsiones acuosas (Agustí, 2003).

La aplicación del recubrimiento en combinación con las temperaturas de almacenamiento (7° y 10° C) en 'Llimón Mexicano' (*Citrus aurantifolia* Swingle) producido en Michoacán disminuyeron en mayor proporción la pérdida fisiológica de peso y el daño por frío (Domínguez *et al.*, 2003), y en frutos de pomelo (*Citrus x paradisi*) la aplicación de encerado disminuyó la manifestación del daño por frío en los frutos (Franco, 2012), mientras que en mandarina 'Clemenules' el encerado redujo la transpiración de las frutas durante el almacenamiento y comercialización (20°C), aunque el contenido de etanol y acetaldehído se incrementó, no se produjeron malos sabores, ni se detectaron alteraciones fisiológicas o pudriciones, y el índice de madurez se mantuvo estable (Cáceres *et al.*, 2003).

Contreras-Oliva (2012), encontró que tras cinco semanas de frigoconservación en naranja 'Valencia', la cera comercial (CC) al 10% SS y el quitosano al 0.6 % SS redujeron 10 % la pérdida de peso respecto al testigo. Al prolongar el almacenamiento, el quitosano al 0.6 % fue menos eficaz que la CC en la reducción de la pérdida de peso pero mantuvo los niveles de CO₂ y O₂ internos cercanos a los de las naranjas sin recubrir, a diferencia de la CC que restringió significativamente el intercambio gaseoso, aumentó el CO₂ y disminuyó el O₂ interno, respecto de los frutos no recubiertos. La aplicación de los recubrimientos no afectó la calidad nutricional de los frutos.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Material vegetal.

Se cosecharon frutos de naranja de las variedades 'Marrs', 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' en madurez comercial procedentes del estado de Veracruz, durante 2012 y 2013. Las condiciones de cada una de las variables se presentan en los cuadros 1A, 2A y 3A.

Después de la cosecha, los frutos se lavaron con una solución jabonosa (ROMA® al 10 %, silicato de sodio y fosfatos. La Corona S.A. de C.V., México), posteriormente fueron seleccionados 260 frutos de naranja (libres de daños y de tamaño uniforme) y divididos en 4 lotes (que corresponde a cada uno de los tratamientos) con 65 frutos cada uno, este procedimiento fue repetido para todos los experimentos.

4.2 Preparación y aplicación de emulsiones de cera.

El recubrimiento aplicado fue una cera soluble en agua (Ultra Wax®, Jifkins, México) con una concentración de 12% de sólidos solubles; se aplicó a dos lotes por aspersión con un rociador manual.

4.3 Tratamientos.

Los tratamientos aplicados a cada lote fueron los siguientes:

- 1) Sin acondicionamiento con cera (SA+CE) refrigerado a 5°C por 30 días.
- 2) Sin acondicionamiento sin cera (SA+SC) refrigerado a 5°C por 30 días.
- 3) Acondicionamiento con cera (AC+CE) 10°C por 4 días + 7°C por 3 días + 5°C por 30 días.
- 4) Acondicionamiento sin cera (AC+SE) 10°C por 4 días + 7°C por 3 días + 5°C por 30 días.

4.4 Desarrollo de experimentos.

La investigación se desarrolló en tres fases cada una correspondiente a un experimento. El procedimiento de selección, lavado, la aplicación del recubrimiento y la asignación de tratamientos en los frutos de naranja de las distintas variedades fue igual en todos los experimentos.

4.4.1 Experimento I.

Durante este experimento se evaluó el comportamiento de la variedad 'Marrs' durante la frigoconservación. Al comienzo de los experimentos se realizó un análisis inicial (Cuadro 1A) para conocer las condiciones del fruto a su llegada, así como un análisis nutrimental. Las evaluaciones en este experimento se realizaron a los 30, 34 y 38 días durante refrigeración.

4.4.2 Experimento II.

Se evaluó el efecto de frigoconservación y exposición a temperatura ambiente de 20 °C en naranja 'Valencia' de 30 a 60 días. Al inicio del experimento se realizó un análisis inicial para conocer las condiciones del fruto a su llegada (Cuadro 2A). A los 30 días después de frigoconservación los frutos fueron expuestos durante 4 y 8 días a temperatura ambiente se realizaron análisis de calidad externa e interna. Se cosecharon 260 frutos que fueron divididos en dos lotes de 130 cada uno, para la primera (marzo) y segunda etapa correspondiente (mayo). Se mantuvieron solo 15 frutos en refrigeración hasta los 60 días, para cuantificar daños por frío.

4.4.3 Experimento III.

Se evaluó el efecto de frigoconservación y exposición a temperatura ambiente, durante dos meses en la variedad 'Valencia Selección 8'. Al inicio del experimento se realizó un análisis inicial para conocer las condiciones del fruto a su llegada (Cuadro 3A). A los 30 días después de la frigoconservación se realizaron análisis de calidad externa e interna, después los frutos fueron expuestos para simular temperatura de comercialización (20°C) realizando análisis a los 4 y 8 días; se repitió el proceso anterior a los 60 días

realizando análisis a los 4 y 8 días después de frigoconservación (DDF). Manteniendo solo 15 frutos en refrigeración hasta los 68 días para cuantificar daños por frío.

4.5 Variables.

4.5.1 Etanol y acetaldehído.

Se determinó mediante la metodología propuesta por Davis y Chace (1969), tomando cinco muestras de jugo por tratamiento, cada extracto compuesto de un fruto y se colocó 5 mililitros (mL) de cada extracto en un vial y se selló, posteriormente se incubó a baño maría a 32° C/10 minutos. Una vez incubados se agitaron por 5 segundos. Finalmente se tomó 1 mL del espacio libre del vial y se analizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo. 5890 II. Las temperaturas de operación fueron de 170°C en la columna (inyector inlet), 180°C en el detector A o TCD (detector de conductividad térmica), 180°C en el detector B o FID (detector de ionización de flama) y 150°C en el horno.

Conjuntamente a la preparación de las muestras se prepararon patrones con concentraciones conocidas de etanol y acetaldehídos y 118.4 miligramo/100 cantidad conocida (cc) y 1.57 miligramo/100 cantidad conocida (cc), respectivamente. Los resultados se expresaron como mg de etanol o acetaldehídos / 100 mL de jugo.

4.5.2 Sólidos solubles totales (SST).

Se determinaron mediante un refractómetro automático Atago modelo. Pr-100, haciendo la corrección correspondiente de temperatura al momento de hacer la determinación y la contribución del ácido cítrico presente en la muestra. Los datos se reportaron como grados Brix (°Brix).

4.5.3 Ácido cítrico.

Se determinó en muestras de jugo de cinco frutos de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC (1988). Para la cual se tomó 5 mL del jugo de cada fruto y se neutralizaron con hidróxido de sodio (NaOH) 0.3125 N utilizando fenolftaleína como indicador. Los datos se reportaron como porcentaje (%) de ácido cítrico, tomando en cuenta que la

acidez valorada es de un 85 a 90% ácido cítrico y el resto otros ácidos orgánicos. Los valores de acidez se calcularon de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido de Ácido Cítrico (\%)} = \frac{\text{mL de NaOH (N)}(0.064)(100)}{\text{mL de alícuota}}$$

Donde:

mL de NaOH = mL de NaOH gastados durante la titulación

N = Normalidad del NaOH

0.064 = miliequivalentes del ácido cítrico

4.5.4 Índice de madurez.

Se obtuvo la relación de sólidos solubles totales (SST) / ácido cítrico que es un indicador confiable del grado de madurez en cítricos. Los datos obtenidos se reportaron como un índice de calidad y de cosecha.

4.5.5 Ácido ascórbico o vitamina C.

Se determinó de acuerdo al método 2,6-dicloroindofenol descrito por la AOAC (1984). Se pesaron 10mg de ácido ascórbico (Vitamina C) y se disolvieron en 100mL de ácido oxálico al 0.5%. Concentración final (concentración 0.1mg/mL, 100µg/mL). De esta disolución se realizaron 12 diluciones para preparar una curva estándar. Se tituló con 2,6- Dicloroindofenol para determinar el gasto de acuerdo a cantidad de ácido ascórbico presente en la solución (Figura 5).

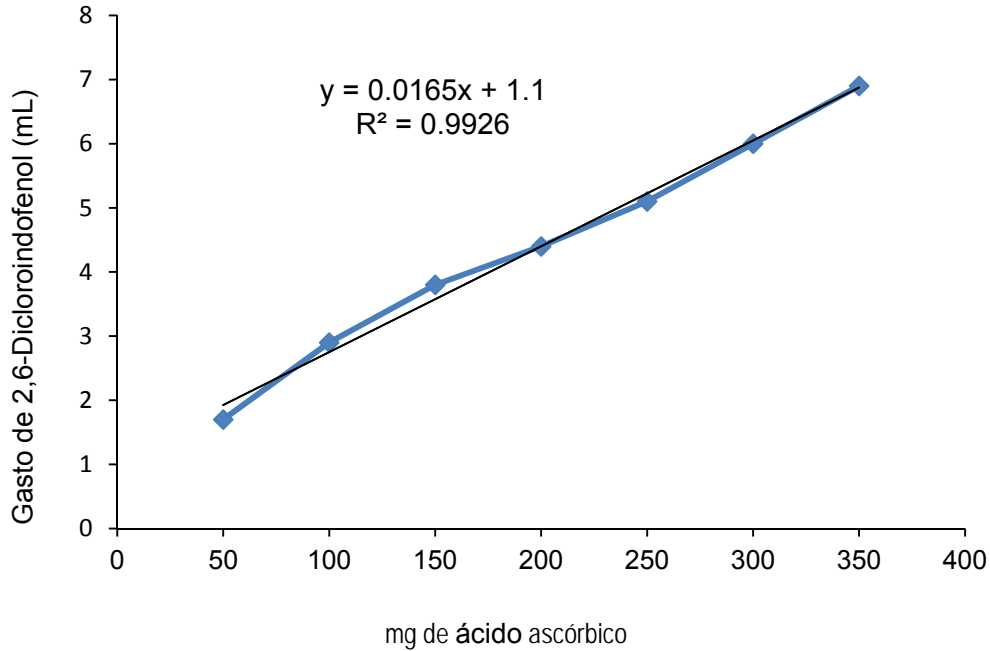


Figura 5. Graficar los datos del Cuadro 5 y obtener la ecuación lineal ($y=mx+b$) que describe la curva.

5. La ecuación resultante fue la siguiente.

$$Y = mx+b$$

$$Y = 0.0165X+1.1$$

Donde:

Y = mL de 2,6- Dicloroindofenol

X= μ g de ácido ascórbico

Es necesario despejar la ecuación para obtener el contenido de ácido ascórbico las muestras desconocidas.

$$X = (Y-1.1)/0.0165 \mu\text{g de ácido ascórbico} = (\text{mL de 2-6 Dicloroindofenol}-1.1)/0.0165$$

Se procedió conforme a la metodología de la AOAC (1984) por titulación con 2,6-Dicloroindofenol. Se utilizó una muestra de 2 mL de jugo de naranja en 20 mL de ácido oxálico 0.05%. Los datos se expresaron como mg/100mL de jugo.

4.5.6 Pérdida fisiológica de peso.

Se determinó sobre 10 frutos previamente identificados durante el periodo de conservación. Los datos se expresaron como porcentaje de pérdidas de peso de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\% \text{ pp} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso final}} \times 100$$

4.5.7 Grado de severidad del daño por frío e índice de daños por frío (IDF).

Se cuantificó de manera subjetiva, según el grado de severidad mostrado en la superficie (flavedo) del fruto, en 10 frutos por tratamiento, se estableció una relación de escala basada en el grado de necrosis superficial y de la intensidad de oscurecimiento:

- 1) Fruto Sano: sin ningún daño
- 2) Daño Ligero: Manchado disperso menor al 10% de la superficie del fruto
- 3) Daño Moderado: Manchas compactas en no más del 10 al 20% de la superficie del fruto
- 4) Daño Severo: Manchas extendidas y oscuras en más del 20% de la superficie del fruto

Se utilizó la siguiente ecuación para determinar el índice de daños por frío (IDF):

$$\text{IDF} = \frac{n1 + n2 + n3 + n4}{N} \times 100$$

Dónde:

n: Número de frutos dañados

N: Número de frutos por grupo o tratamiento

Los datos se reportaron en porcentaje (%) con el grado de severidad del daño.

4.5.8 Índice de color.

Se determinó en la zona ecuatorial en la piel o flavedo de diez frutos de naranjo por tratamiento al inicial y durante el desarrollo del experimento, basado en la medida de las

coordenadas Hunter. Estas son **L** que mide luminosidad y varía de cero (color negro) a 100 (blanco), coordenada **a**, que mide la coloración verde (valores negativos) y roja (valores positivos), y la coordenada **b**, que mide el color azul (valores negativos) y el amarillo (valores positivos). Para esta determinación se utilizó un colorímetro Hunter Lab D25A y el IC se calculó según la siguiente expresión propuesta por Jiménez-Cuesta *et al.* (1981):

$$IC = (1000 \cdot a) / (L \cdot b)$$

4.5.9 Índice tecnológico.

Se determinó sobre con la relación de sólidos solubles totales (°Brix) y contenido de jugo (%) del fruto y el correspondiente peso del jugo (p/p) de diez frutos por tratamiento.

4.5.10 Nutrientes.

En el muestreo inicial correspondiente a la variedad 'Marrs' se determinó la concentración Fósforo (P), Hierro (Fe), Potasio (K), Manganeso (Mn), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Nitrógeno (N). El análisis de nutrientes se hizo en 10 repeticiones. El N se determinó de acuerdo con la metodología de MicroKjeldahl (Bremere, 1965); P por el método de colorimetría (Olsen *et al.*, 1954) y Ca y Mg se determinaron por absorción atómica (Bradfield y Spencer, 1965).

5. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Estadísticamente mediante un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2x2, con pruebas de comparación de medias por el método de Tukey y Pruebas de "t" de Student ($p \leq 0.05$) para comparar los valores iniciales con frigoconservación a los 30 días, utilizando el paquete SAS (Statistic Analysis System).

6. RESULTADOS

6.1 Experimento I.

6.1.1 Efecto de días de frigoconservación.

La frigoconservación prolongada (30, 34 y 38 días) en frutos de naranjo 'Marrs' afectó la pérdida de peso, el color (IC), índice de madurez, acumulación de etanol y favoreció a los daños por frío; no así el índice tecnológico, sólidos solubles totales (SST), contenido ácido ascórbico (vitamina C), ácido cítrico y la acumulación de acetaldehídos que no fueron afectados (Cuadro 1A).

Durante la frigoconservación prolongada, la pérdida de peso se incrementó al aumentar el tiempo de almacenamiento, alcanzando después de 30 días de frigoconservación (DFF) un total de 6.9%; aumentando de manera significativa hasta 8.4% a los ocho días después de 30 DFF (Cuadro 6). Estas pérdidas de peso favorecieron la aparición del desorden fisiológico "necrosis peripeduncular o stem-end rind breakdown" (SERB).

El color del epicarpio en frutos de naranjo, evaluado por el $IC=1000 *a / b*L$, presentó cambios significativos ($P < 0.01$) durante la frigoconservación prolongada al pasar de -16.2 a -14.3 tras 30 DDF hasta -9.9 a los 38 días, todo lo cual significó la disminución del color verde del epicarpio dado por la degradación de clorofila como consecuencia del avance del fenómeno de senescencia (Cuadro 6). De acuerdo con los resultados obtenidos, la aparición de daños por frío en frutos de naranjo 'Marrs', se presentó únicamente en todos los frutos sin encerar, sin embargo, estos fueron incipientes con grado de severidad < 2 y caracterizado por oscurecimiento de lenticelas. El daño por frío en los frutos incrementó el grado de severidad significativamente de los 30 a 38 días en función del número de lenticelas dañadas, no obstante los frutos presentaron apariencia aceptable (Cuadro 6). El índice tecnológico en el jugo de los frutos de la variedad 'Marrs' no presentó diferencia significativa a lo largo de los días de frigoconservación, al inicio se presentaron valores de 4.1 aumentando hasta los 4.6 hasta los 38 DDF (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de días de frigoconservación en la calidad externa de frutos de naranjo 'Marrs'.

Días	Variables ^z			
	PP	IC	IT	DF ^y
Inicial	-	-16.2 (<0.001) ^x	4.1 (0.147)	-
30	6.9 bw	-14.3 b	4.6	1.0 b
34	7.7 ab	-11.7 ab	4.7	1.4 ab
38	8.4 a	-9.9 a	4.6	1.8 a
Pr > F	0.002	< 0.001	0.994	< 0.001

^z PP = pérdida de peso (%); IC = índice de color [$1000 \cdot a / (L \cdot b)$]; IT= índice tecnológico (contenido de jugo * SST/100); Daño por frío = grado de severidad del daño por frío. ^y Escala de daño en frutos: 1) Sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (>del 20% de manchado). ^x Valor P de la prueba de t entre el valor inicial y el valor a los 30 días. ^w Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

El contenido de SST en frutos de naranjo 'Marrs' no presentó cambios significativos durante la frigoconservación con valores de 8.8° Brix al momento de la cosecha y 9.4° los 30 días de almacenamiento. No así la concentración de ácido cítrico él se incrementó de manera significativa de 0.32% al momento de cosecha hasta 80% a los 38 días de frigoconservación, lo que sugiere un fenómeno de interconversión de azúcares a ácidos orgánicos (Cuadro 7). Aunque el contenido del ácido cítrico no presentó diferencia estadística a lo largo de la frigoconservación prolongada, el índice de madurez de los frutos presentó diferencia significativa al disminuir con la prolongación del periodo de frigoconservación, pasando de 27.5 hasta 14.3 y 11.9 a los 30 y 38 días, respectivamente, lo que significó una disminución del 2 y 2.3 veces, en el mismo orden. Esta respuesta se relacionó con en el contenido de ácido cítrico y solidos solubles totales durante el almacenamiento (Cuadro 7).

La acumulación de volátiles aumentó conforme los días de frigoconservación; el etanol en el jugo aumentó significativamente (P <0.05) en relación al valor inicial pasando de

12 a 415 mg de etanol/ 100 mL a los 38 días de refrigeración (5°C), es decir, en una proporción de 35 veces mayor; así como en 12 veces tras 30 días de almacenamiento; mientras que el contenido de acetaldehídos no presentó diferencia estadística, se incrementó la acumulación de este volátil al prolongarse el tiempo frigoconservación hasta en una proporción de 2.4 y 3.1 a los 30 y 38 días, siendo este cambio relacionado, al igual que etanol, con el avance de la senescencia (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de días de frigoconservación en la calidad interna de frutos de naranjo 'Marrs'.

Días	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Inicial	8.8 (0.052) ^y	0.32(<0.001)	27.5 b	88.0 (0.378)	12(0.055)	8.2 (0.005)
30	9.4 a ^x	0.70 a	14.3 a	96.7 a	145 b	20.0 a
34	9.1 a	0.81 a	12.1 a	91.8 a	364 a	25.7 a
38	9.1 a	0.80 a	11.9 a	102.4 a	415 a	25.2 a
Pr > F	0.14	0.17	0.04	0.28	<.0001	0.15

^z SST = sólidos solubles totales (°Brix); AC= ácido cítrico (%); IM = índice de madurez (SST /AT); AA = ácido ascórbico o vitamina C (mg/100 mL de jugo); ETA = etanol (mg/100 mL de jugo) ; ACE = acetaldehído (mg/ 100 mL de jugo). ^y Valor P de la prueba de t entre el valor inicial y el valor a los 30 días. ^x Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

6.1.2 Efecto de temperaturas de acondicionamiento.

La aplicación de temperaturas de acondicionamiento (10°C/ 4 días + 7°C/ 3 días) previo al refrigeración a 5° C afectó el índice de color (IC), el contenido de SST (°Brix) y la acumulación de etanol en jugo. Después de los tiempos de frigoconservación establecidos, el IC alcanzó un valor de -14.5 en los frutos sin acondicionamiento, siendo significativamente mayor en los frutos con acondicionamiento con -10.6; lo que indicó que el acondicionamiento favoreció la degradación de clorofila. Por otro lado, los SST (°Brix) de los frutos no acondicionados resultaron significativamente menores (8.9) respecto a los tratados con temperaturas de acondicionamiento (9.5)(Cuadro 9).Es de

señalar que los frutos con y sin acondicionamiento presentaron daños por frío incipientes, es decir con grados de menor que 2 (Cuadro 8). La acumulación de etanol de etanol en jugo fue significativamente mayor en los frutos sin acondicionamiento (327 mg de etanol / 100 mL de jugo) respecto a los acondicionados (279 mg de etanol/ 100 mL de jugo), estos últimos como producto del avance en la senescencia; con relación al valor inicial (12 mg de etanol / 100 mL) el contenido de etanol se elevó en 28 y 23 veces, respectivamente (Cuadro 9). En las variables pérdidas de peso, IT, daños por frío, IM, así como contenido de ácido cítrico, contenido de ácido ascórbico y acumulación de acetaldehídos, no se presentaron diferencias significativas, siendo indicativo de que el acondicionamiento no afectó estas variables (Cuadro 8 y Cuadro 9). Es de señalar que los frutos con y sin acondicionamiento presentaron daños por frío incipientes, es decir con grados de menor que 2, por otro lado las pérdida de peso obtenidas presentaron síntomas de necrosis “peripeduncular o stem-end rind breakdown” (SERB).

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de temperaturas de acondicionamiento en la calidad externa en frutos de naranjo ‘Marrs’.

Temperaturas	Variables ^z			
	PP	IC	IT	DF ^y
Acondicionamiento ^x	7.4 a ^v	-14.5 b	4.6 a	1.4 a
Sin acondicionamiento ^w	7.9 a	-10.6 a	4.8 a	1.4 a
Pr > F	0.142	<.0001	0.604	0.91

^z PP = pérdida de peso(%); IC = índice de color [1000*a/(L*b)]; IT= Índice tecnológico (contenido de jugo*SST/100); Daño por frío = grado de severidad del daño por frío. ^y Escala de daño en frutos: 1) Sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (> del 20% de manchado). ^x 10°C por 4 días + 7°C por 3 días. ^w frigoconservación a 5°C. ^v Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 9 . Efecto de la aplicación de temperaturas de acondicionamiento en la calidad interna en frutos de naranjo ‘Marrs’.

Temperaturas	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Acondicionamiento ^y	8.9 b ^w	0.76 a	12.7 a	93.4 a	337 a	23.0 a
Sin acondicionamiento ^x	9.5 a	0.77 a	12.8 a	100.5 a	279 b	24.2 a
Pr > F	<.0001	0.78	0.92	0.19	<0.001	0.64

^z SST = sólidos solubles totales(°Brix); AC =ácido cítrico (%); IM = índice de madurez (SST /AT); AA= ácido ascórbico o vitamina C (mg/100 mL de jugo); ETA = etanol (mg/100 mL de etanol); ACE = Acetaldehído (mg/100 mL de acetaldehído). ^y 10°C por 4 días + 7°C por 3 días. ^x frigoconservación directa a 5°C. ^w Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

6.1.3 Efecto de la aplicación de emulsiones de cera.

La aplicación de la emulsión de cera manifestó diferencias significativas en las variables pérdidas de peso y contenido de etanol en jugo, no así en el resto de las variables donde no se observaron diferencias significativas al final de la frigoconservación (Cuadro 10). En este sentido, las pérdidas de peso fueron significativamente mayores (8.2%) en los frutos sin encerar, respecto a los encerados (7.1%); el índice de color no presentó diferencia estadística en la aplicación de emulsiones de cera al presentar valores 5.8 y 5.9 en frutos con y sin encerar. El índice tecnológico no mostro diferencia estadística en cuanto a la aplicación de emulsiones de cera se refiere.

Cuadro 10 . Efecto de la aplicación de emulsión de cera en la calidad externa de frutos de naranjo 'Marrs'.

Emulsiones	Variables ^z			
	PP	IC	IT	DF ^y
Cera	7.1 a ^x	-13.2 a	4.6 a	1.4 a
Sin cera	8.2 b	-12.0 a	4.7 a	1.3 a
Pr > F	0.002	0.19	0.848	0.56

^z PP = pérdida de peso (%); IC = índice de color [$1000 \cdot a / (L \cdot b)$]; IT= índice tecnológico (contenido de jugo*SST/100; Daño por frío = grado de severidad del daño por frío. ^y Escala de daño en frutos: 1) Sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (> del 20% de manchado). ^x Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

En cuanto a la calidad interna el contenido de SST, ácido cítrico, índice de madurez y ácido ascórbico y la acumulación acetaldehído, no presentaron diferencia estadística como se muestran en el Cuadro 11; sin embargo la acumulación de etanol resultó significativamente mayor en los frutos no encerados (410 mg de etanol/ 100 mL de jugo) con relación a los frutos encerados (206 mg de etanol /100 mL); estos últimos como producto del avance de la senescencia y constituyendo un aumento en la concentración de este metabolito en 34 y 17 veces, en el mismo orden, con relación al valor inicial (12 mg de etanol / 100 mL de jugo) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de la aplicación de emulsiones de cera en la calidad interna de frutos de naranjo 'Marrs'.

Emulsiones	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Cera	9.1 a ^x	0.80 a	12.2 a	92.9 a	405 a	25.1 a
Sin cera	9.3 a	0.74 a	13.4 a	101.0 a	206 b	22.2 a
Pr > F	0.09	0.29	0.16	0.14	<.0001	0.27

^z SST = sólidos solubles totales(°Brix); AC = ácido cítrico (%); IM = índice de madurez (SST /AT); AA=ácido ascórbico o vitamina C (mg/100 ml de jugo); ETA = etanol (mg de etanol/ 100 mL de jugo); ACE=acetaldehído (mg de acetaldehído/ 100 mL de jugo).^x Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

6.1.4 Interacciones.

En este experimento solo se presentó diferencia significativa en cuanto a la acumulación de etanol, en las interacciones: días de frigoconservación (D) * aplicación de emulsiones de cera (C); así como temperaturas de acondicionamiento (A) * aplicación de emulsiones de cera (C) y la triple interacción días de frigoconservación (D) * temperaturas de acondicionamiento (A) * aplicación de emulsiones de cera (C). Con relación a la primera interacción D * C, tras 38 días de frigoconservación, los frutos con cera tendieron a acumular significativamente más etanol (556 mg de etanol /100 mL de jugo), respecto a los frutos no encerados (275 mg de etanol /100 mL de jugo) (Figura 6).

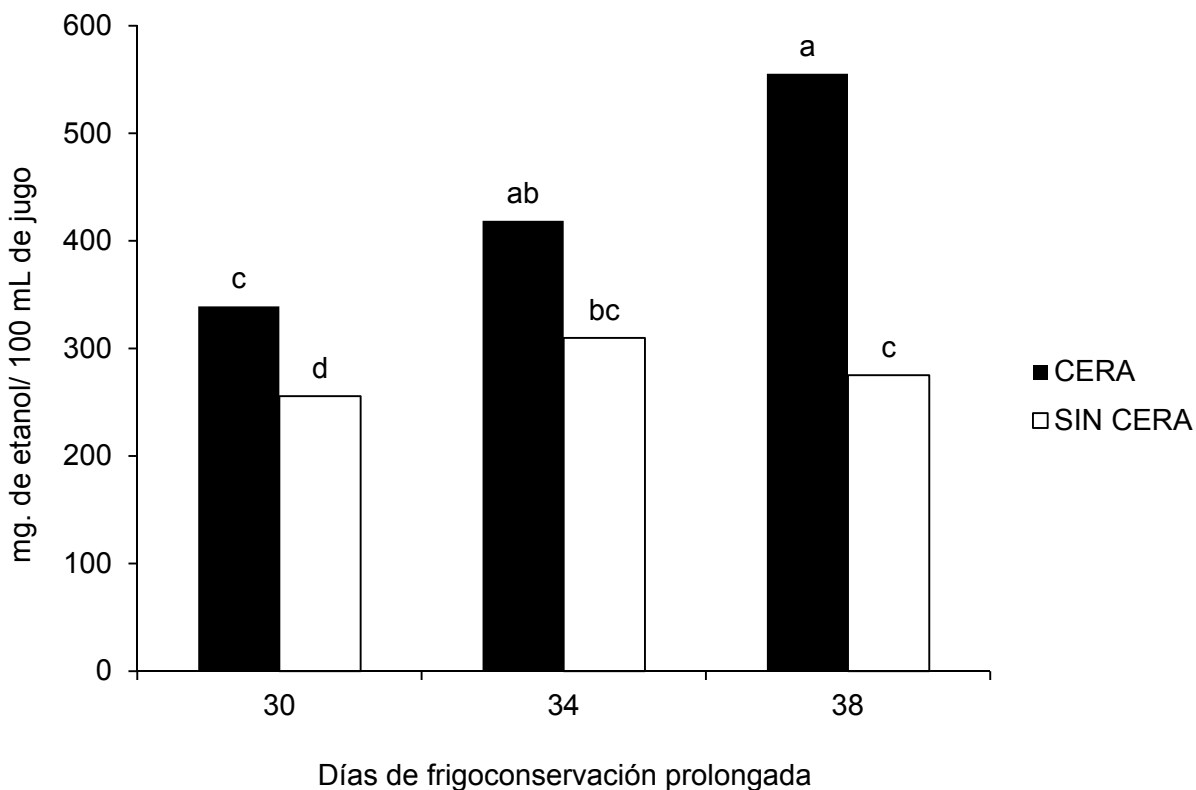


Figura 6. Efecto de la interacción entre días de frigoconservación (D) * aplicación de emulsiones de cera (C) en el contenido de etanol en frutos de naranjo 'Marrs'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

La segunda interacción mostró que los frutos A * C, presentaron significativamente la mayor acumulación de etanol (480 mg de etanol/100 mL de jugo) y la menor correspondió a los frutos sin acondicionamiento y sin encerar con 195 mg de etanol /100 mL de jugo (Figura 7).

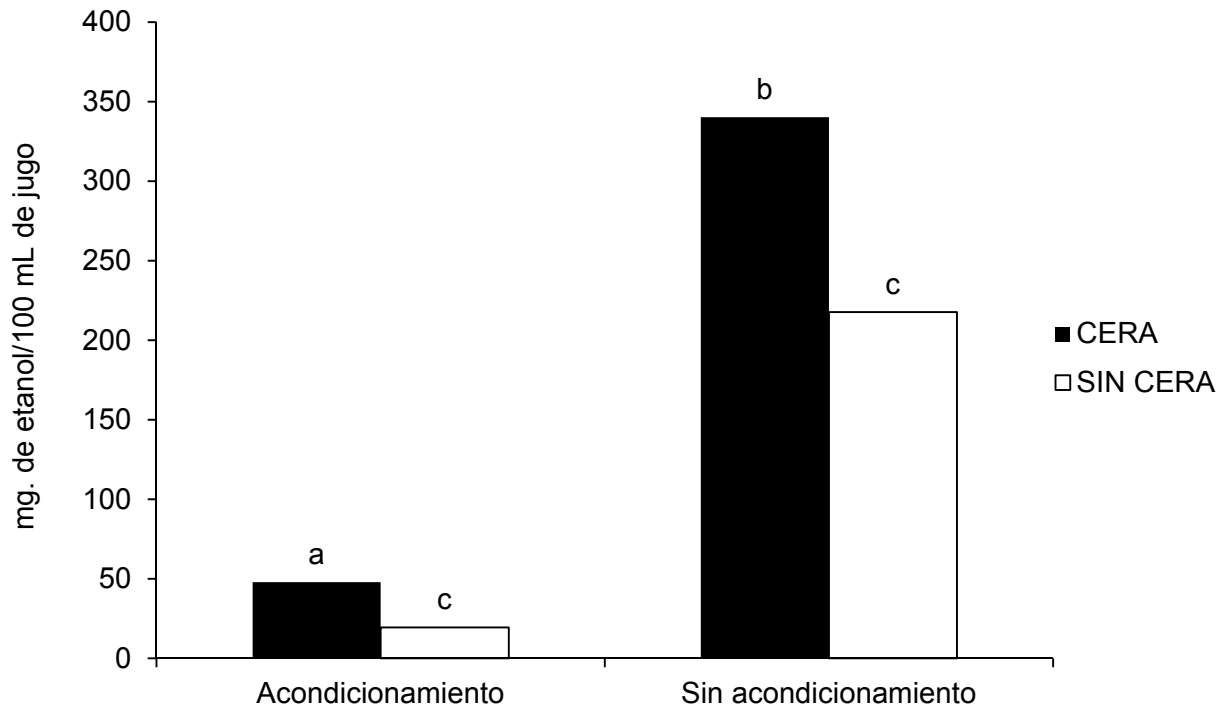


Figura 7. Interacción de temperaturas de acondicionamiento (A) * aplicación de emulsiones de cera (C) en la acumulación de etanol en fruto de naranjo 'Marrs'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.

En cuanto a la triple interacción D * A * C, los resultados mostraron que la menor síntesis de etanol se presentó en los frutos sin cera, almacenados por 30 días con acondicionamiento (351 mg etanol / 100mL de jugo) y sin acondicionamiento (327 mg de etanol/100mL), presentando la mayor acumulación de etanol los frutos almacenados por 38 días a 5° C, con cera y sin acondicionamiento con 682 mg de etanol /100 mL de jugo; todo lo cual pone de manifiesto el efecto de la cera aplicada en la acumulación de este metabolito (Figura 8).

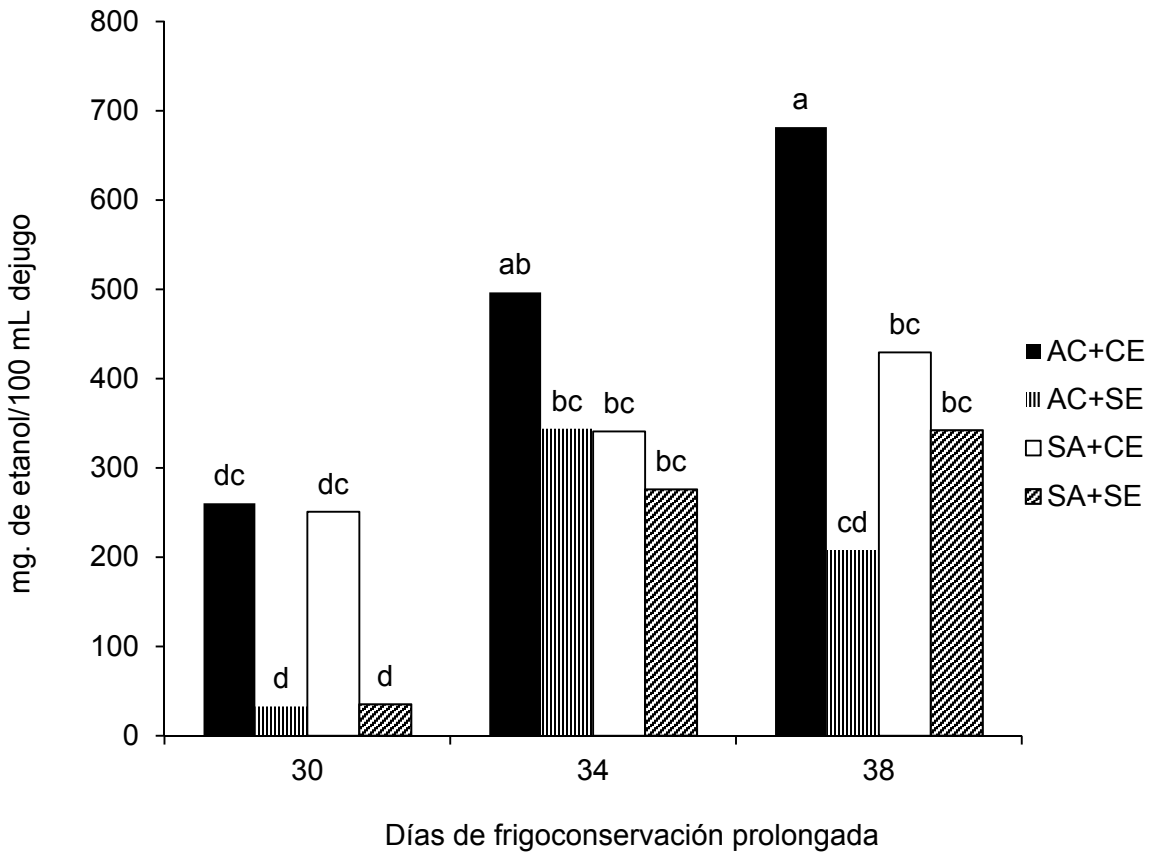


Figura 8. Interacción entre triple interacción días (D) * temperaturas de acondicionamiento (A) * aplicación de emulsión de cera (C) en la acumulación de etanol en frutos de naranjo 'Marrs'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.

6.2 Experimento II.

6.2.1 Efecto de días de frigoconservación y exposición a temperatura de comercialización.

Los días de frigoconservación y la exposición a temperatura de comercialización (20°C) en los frutos de naranja 'Valencia Late', afectó la pérdida de peso, color, ácido cítrico, contenido de ácido ascórbico (vitamina C) y la acumulación de volátiles como etanol y acetaldehído; sin embargo no afectó los sólidos solubles totales (SST), índice de madurez (IM), el índice tecnológico y los daños por frío (Cuadro 5A).

La pérdida de peso mostró significancia ($P < 0.05$), durante los primeros 30 días de frigoconservación (DDF) los frutos perdieron en promedio 0.13% de su peso por día, y este aumento 0.18% por día en los siguientes 8 días de frigoconservación, sin embargo la pérdida de peso aumentó 0.46% a los 60 DDF (Cuadro 12). Durante el periodo de frigoconservación (30 y 60 días) y la exposición de los frutos a temperatura de comercialización (20°C) ocurrió una degradación en la clorofila de los frutos de naranja 'Valencia Late', como lo indica el cambio en el índice de color (IC). Durante los primeros 30 días, el cambio en IC fue ligero, es decir de 5.04 a 6.06 (valor $P < 0.005$), que indica el cambio ligero de verde hacia rojo. Este cambio en los frutos se mantuvo durante los siguientes 8 DDF + temperatura de comercialización. A los 60 días de frigoconservación el color de naranja 'Valencia Late' se conservó de 5.04 a 5.07 en comparación con el valor inicial. El índice tecnológico no presentó diferencia estadística al presentar valores de 7.4 en promedio durante los días de frigoconservación y la exposición de los frutos de comercialización. El daño por frío no presentó cambios significativos al presentar valores < 2 en cuanto al grado de severidad, sin embargo al igual que el experimento 1 se presentó el desorden fisiológico "necrosis peripeduncular o stem-end rind breakdown" (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20 °C) en la calidad externa de frutos naranjo 'Valencia Late'.

Días ^v	Variables ^z			
	PP	IC	IT	DF ^y
Inicial	-	5.0(<0.001) ^x	7.1 (0.251)	-
30 + 0	4.0 c ^w	6.0 a	7.9 a	1.3 a
30 + 4	4.7 c	6.2 a	7.3 a	1.3 a
30 + 8	5.5 b	6.2 a	7.1 a	1.4 a
60 + 0	7.7 a	5.0 b	7.4 a	1.6 a
Pr > F	<0.0001	0.002	0.09	0.309

^zPP=pérdida de peso(%); IC= índice de color (1000*a /L*b); IT= índice tecnológico Daño por frío = grado de severidad del daño por frío. ^y Escala de daño en frutos: 1) Sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (> del 20% de manchado). ^x Entre paréntesis, valor P de la prueba de t entre el valor inicial y el valor a los 30 días. ^w Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05). ^v Días de frigoconservación + exposición a temperatura de comercialización (20°C).

En cuanto a la calidad interna de los frutos de 'Valencia Late', el contenido de SST no presentó diferencias estadísticas al presentar en promedio 12.6°Brix durante el periodo de frigoconservación y temperatura de comercialización; aunque el porcentaje de ácido cítrico se mantuvo sin cambios estadísticos a los 30 DDF y 8 días a temperatura de comercialización, sin embargo los frutos a 60 DDF presentaron diferencia significativa (P< 0.05) comparados con el resto con un aumento de 0.16% de ácido cítrico (Cuadro 13); por su parte el índice de madurez no presentó diferencia estadística durante la frigoconservación ni la exposición de los frutos a temperatura de comercialización al presentar en promedio 15.2 en el IM durante estos periodo. Mientras que el contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) se mantuvo sin cambios estadísticos a los 30 días de frigoconservación + 8 días a temperatura de comercialización (20°C) con un valor inicial de 47.76 mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo y aumentando hasta un 4.42 mg de

ácido ascórbico/100 mL de jugo. El mayor contenido de ácido ascórbico se encontró a los 60 días de frigoconservación con un valor de 76.2 mg de ácido ascórbico/100 ml de jugo (Cuadro 13).

La acumulación de volátiles presentaron diferencia significativa; en cuanto al acetaldehído la máxima acumulación se presentó a los 30 días de frigoconservación con 43 mg de etanol/100mL de jugo, después de 4 y 8 días a temperaturas de comercialización los frutos perdieron volátiles con un 55.8% y 58.1% respectivamente. Después de 60 DDF los frutos acumularon 47.3% más cantidad de acetaldehído en jugo con respecto a los iniciales (Cuadro 13). La acumulación de etanol en el jugo de naranja 'Valencia Late' presentó una relación proporcional con el aumento de días de frigoconservación y la temperatura de comercialización (20°C). Durante los primeros 30 días de frigoconservación se acumuló 10% en comparación con el valor inicial; al pasar de 23 a 43 mg de etanol/100 mL de jugo. Después de pasar los frutos a temperatura de comercialización (20°C) Se presentó la mayor acumulación a los 30 + 8 días con 1933 mg de etanol/ 100 ml de jugo en comparación con el valor inicial. A los 60 días de frigoconservación la acumulación de etanol fue 156 mg de etanol/ 100 mL de jugo esto es, 73% en comparación con el valor inicial (Cuadro 13).

Cuadro 13 Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C) en la calidad interna de frutos naranjo ‘Valencia Late’.

Días ^x	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Inicial	11.8(<0.001) ^y	0.87(0.15)	-	47.6(<0.001)	23(<.0001)	9.4(0.31)
30+0	13.0 a	0.90 b	19.6 a	47.8 b	43 c	45.1 a
30+4	12.3 a	0.80 b	15.9 a	50.7 b	87 bc	19.9 b
30+8	12.6 a	0.90 b	14.1 a	52.2 b	193 a	18.9 b
60+0	12.7 a	1.03 a	12.5 a	76.2 a	156 ab	17.9 b
Pr > F	0.46	<.0001	0.15	<.0001	<.0001	<.0001

^z SST = sólidos solubles totales (°Brix); AC = ácido cítrico (%); IM = índice de madurez (SST /AT); AA = ácido ascórbico o vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo); ETA = etanol (mg de etanol/100 mL de jugo); ACE = acetaldehído (mg de acetaldehído/100 mL de jugo). ^y Entre paréntesis, valor P de la prueba de t entre el valor inicial y el valor a los 30 días. ^x Días de frigoconservación + exposición a temperatura de comercialización (20°C). ^w Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

6.2.2 Efecto de las temperaturas de acondicionamiento.

La aplicación de temperaturas de acondicionamiento (10°C por 4 días + 7°C por 3 días) previo a la refrigeración a 5°C así como la temperatura comercialización (20°C) en frutos de naranjo ‘Valencia Late’ afectó la pérdida de peso, el color, el contenido ácido ascórbico (vitamina C) y la acumulación de acetaldehído; sin embargo los sólidos solubles totales, el índice tecnológico, el daño por frío, contenido de ácido cítrico, el índice de madurez y el etanol no presentaron cambios estadísticos significativos (Cuadro 2A).

La aplicación de temperaturas de acondicionamiento previo a la frigoconservación en frutos de naranjo ‘Valencia Late’ disminuyó la pérdida de peso por transpiración en comparación con los frutos que fueron frigoconservados a temperatura directa a 5°C al

presentar pérdidas del 6% en sus frutos comparado con 5% en frutos con acondicionamiento (Cuadro 14). La frigoconservación directa a 5°C favoreció la calidad externa de los frutos con un aumento de 0.81 de índice de color (tendiendo a rojo) en comparación a los frutos acondicionados (10°C por 4 días + 7°C por 3 días) previo a la frigoconservación (Cuadro 14). El índice tecnológico no presentó diferencia estadística al presentar valores 4.6 y 4.8 entre tratamientos de acondicionamiento. De acuerdo con los resultados obtenidos, la aparición de daños por frío en frutos fueron mínimos e incipientes con grado de severidad <2 esto en los con los frutos con y sin tratamiento de acondicionamiento (Cuadro 14).

Cuadro 14. Efecto de temperaturas de acondicionamiento en la calidad externa en frutos de naranjo 'Valencia Late'.

Temperaturas	Variables ^z			
	PP	IC	IT	DF ^y
Acondicionamiento ^x	5.0 b ^v	5.5 b	4.6 a	1.4 a
Sin acondicionamiento ^w	6.0 a	6.2 a	4.8 a	1.4 a
Pr > F	<.0001	<.0001	0.604	0.567

^z PP = pérdida de peso(%); IC = índice de color [1000*a/(L*b)]; IT= índice tecnológico (contenido de jugo* SST/100); DF= daños por frío (grado de severidad del daño por frío).

^y Escala de daño en frutos: 1) Sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (> del 20% de manchado). ^x 10°C por 4 días + 7°C por 3 días ^w frigoconservación a 5°C. ^v Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

En la calidad interna la aplicación de temperaturas de acondicionamiento solo presentó diferencias estadísticas en el contenido de ácido ascórbico, ya que la pérdida fue poca pero significativa (P< 0.05) en temperaturas de frigoconservación. La aplicación de temperaturas de acondicionamiento (10°C por 4 días + 7°C por 3 días) previo a la frigoconservación a 5°C en frutos de naranjo 'Valencia Late' favoreció la conservación de vitamina C evitando la oxidación de la misma, al presentar 17.46% de ácido ascórbico

(62.12 mg ácido ascórbico/100 mL de jugo) más que los frutos que fueron frigoconservados directamente a temperaturas de 5°C (51.27 mg de ácido ascórbico). La acumulación de volátiles como acetaldehído presentó la mayor acumulación de acetaldehído con 32.9 mg de acetaldehído / 100 mL en frutos acondicionados previo a la frigoconservación, esto comparado con los frutos que fueron frigoconservados a temperatura directa de 5°C donde el contenido de volátiles fue menor, esto es, apenas el doble del contenido inicial de acetaldehído (Cuadro 15).

Cuadro 15. Efecto de las temperaturas de acondicionamiento en la calidad interna de frutos de naranjo ‘Valencia Late’.

Temperaturas	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Acondicionamiento ^y	12.9 a ^w	0.93 a	14.4 a	62.1 a	110a	32.9 a
Sin acondicionamiento ^x	12.4 a	0.89 a	16.7 a	51.3 b	130 a	18.0 b
Pr > F	0.13	0.23	0.32	<.0001	0.42	<.0001

^z SST = sólidos solubles totales (°Brix); AC= ácido cítrico (%); IM = índice de madurez (SST /AT); AA = ácido ascórbico o vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo); ETA = etanol (mg de etanol/100 mL de jugo); ACE=acetaldehído (mg de acetaldehído/ 100 mL de jugo). ^y 10°C por 4 días+7°C por 3 días ^x frigoconservación a 5°C. ^w Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

6.1.1. Aplicación de emulsiones de cera.

La aplicación de emulsiones de cera afectó el peso, sólidos solubles totales (SST) y la acumulación de etanol. Sin embargo, el color, índice tecnológico, grado de severidad, ácido ascórbico (vitamina C), ácido cítrico, índice de madurez y el acetaldehído no fueron afectados por la aplicación de recubrimiento de cera.

La pérdida de peso en los frutos de la variedad ‘Valencia Late’ disminuyó hasta un 1.2% en los frutos encerados en comparación con los frutos no encerados, ya que presentaron la mayor pérdida de peso. Mientras que el IC, índice tecnológico y los daños por frío no

presentaron diferencia estadística en cuanto a la aplicación de emulsiones de ceras se refiere (Cuadro 16).

Cuadro 16. Efecto de emulsión de cera en la calidad externa de frutos de naranjo 'Valencia Late'.

Emulsión	Variables ^z			
	PP	IC	IT	GS ^y
Cera	4.9b ^x	5.8 a	4.6 a	1.35 a
Sin cera	6.0 a	5.9 a	4.7 a	1.48 a
Pr > F	<.0001	0.740	0.848	0.341

^z PP = pérdida de peso (%); IC = índice de color [$1000 \cdot a / (L \cdot b)$]; IT= índice tecnológico (contenido de jugo \cdot SST/100); Daño por frío = grado de severidad del daño por frío. ^y Escala de daño en frutos: 1) Sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (> del 20% de manchado). ^x Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

En la calidad interna la aplicación de emulsiones de cera presento diferencia estadística para el contenido de SST, los frutos de naranjo 'Valencia Late' que no fueron recubiertos con cera presentaron el mayor contenido con 12.9°Brix en comparación con los frutos recubiertos con cera al presentar valores de 12.3°Brix. Mientras que la aplicación de emulsiones de ceras no presento efecto significativo sobre el contenido de ácido cítrico, índice de madurez y ácido ascórbico (Cuadro 17)

Cuadro 17. Efecto de emulsiones de cera en la calidad interna de frutos de naranjo 'Valencia Late'.

Emulsiones	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Cera	12.33 b ^y	0.92 a	13.85 a	57.21 a	158 a	27.61 a
Sin cera	12.91 a	0.90 a	17.22 a	56.18 a	82 b	23.28 a
Pr > F	0.05	0.71	0.14	0.70	0.00	0.092

^z SST = sólidos solubles totales (°Brix); AC= ácido cítrico (%); IM = índice de madurez (SST /AT); AA=ácido ascórbico o vitamina C (mg ácido ascórbico/100 mL de jugo); ETA= etanol (mg de etanol/ 100 mL de jugo); ACE=acetaldehído (mg de acetaldehído /100 mL de jugo). ^y Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

La aplicación de recubrimiento con cera incrementó la acumulación de etanol en el jugo casi al doble, comparado con la no aplicación de cera (Cuadro 17). En ambos casos, los valores son superior al valor inicial de 23 mg/100 mL de etanol (Cuadro 17). No hubo efecto significativo del encerado sobre el contenido de acetaldehído, sin embargo, el contenido promedio mostrado en el Cuadro 13 es de dos a tres veces mayor que el contenido inicial.

6.2.3 Interacciones.

En este experimento se presentó diferencia significativa en las interacciones temperaturas de acondicionamiento (10°C por 4 días + 7°C por 3 días)(A), aplicación de emulsión de cera (C) y días de frigoconservación (D) para las variables índice de color (A*C y A*C), sólidos solubles totales (D*A y D*C), ácido ascórbico (D*A), acetaldehído (D*A, A*C y D*A*C) y etanol (D*A, D*C y D*A*C) (Cuadro 2A).El índice de color mostro efecto significativo (P< 0.05) en la interacción A*D, presentando el valor más bajo a los 60 días en frigoconservación, pero sin cambios estadísticos en días evaluados (Figura 9).

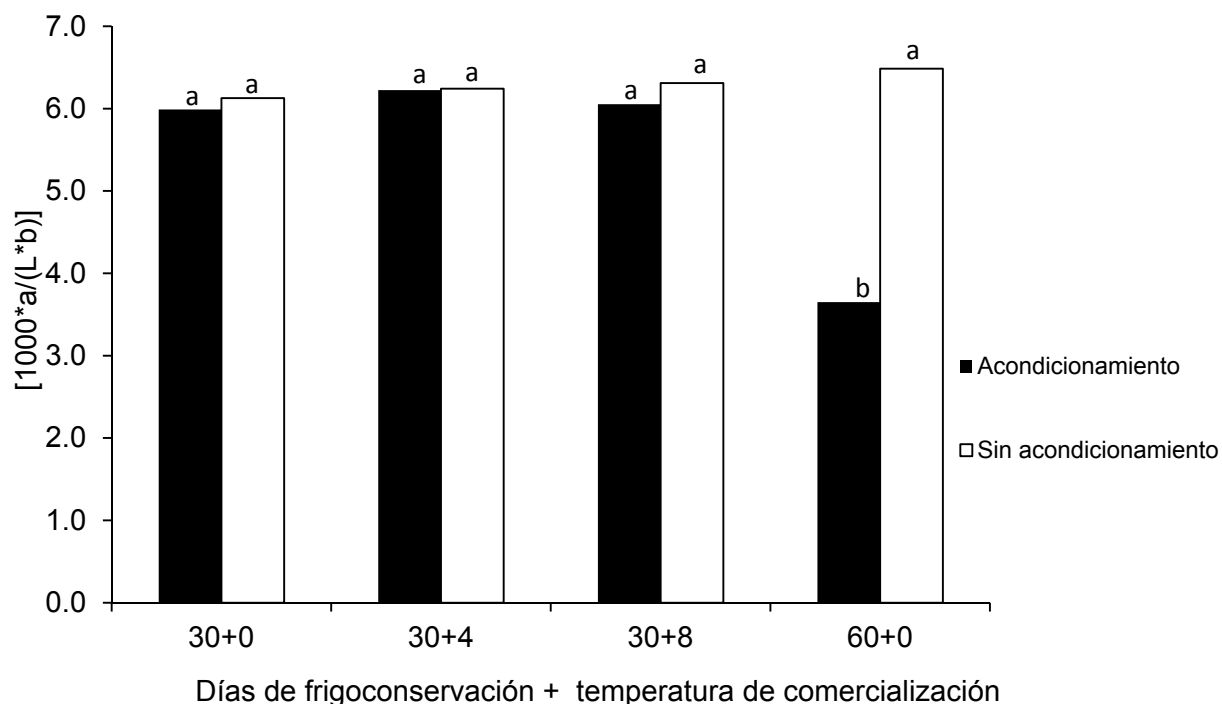


Figura 9. Interacción de tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) en el índice de color en fruto de naranja 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

El índice de color en relación a la interacción A*C, los frutos que no se les aplicó cera fueron los que presentaron el valor de IC más alto con 6.59, y el más bajo, con 5.26, en tanto que el IC de los tratamientos con cera ya sea con o sin acondicionamiento fueron intermedios (Figura 10).

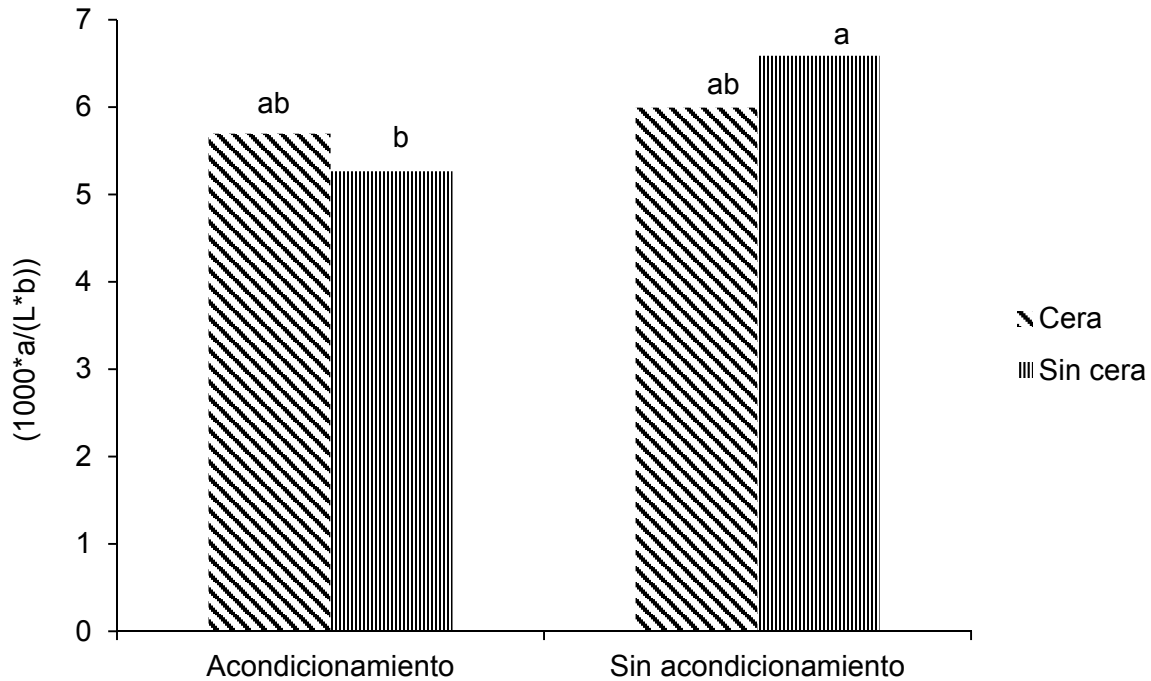


Figura 10. Interacción de tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) (A) * emulsión de cera (C) en el índice de color en fruto de naranjo 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

El contenido de sólidos solubles totales (SST) presento diferencia significativa ($P < 0.05$) en la interacción D * A, como se muestra en la figura 11, se observa que los frutos con acondicionamiento disminuyeron su contenido de SST de 14.2 a 12.3°Brix con 30 y 60 días en refrigeración respectivamente. Los frutos con acondicionamiento que estuvieron a temperatura de comercialización, resultaron intermedios. Por el contrario, en los frutos sin acondicionamiento no hubo tales cambios.

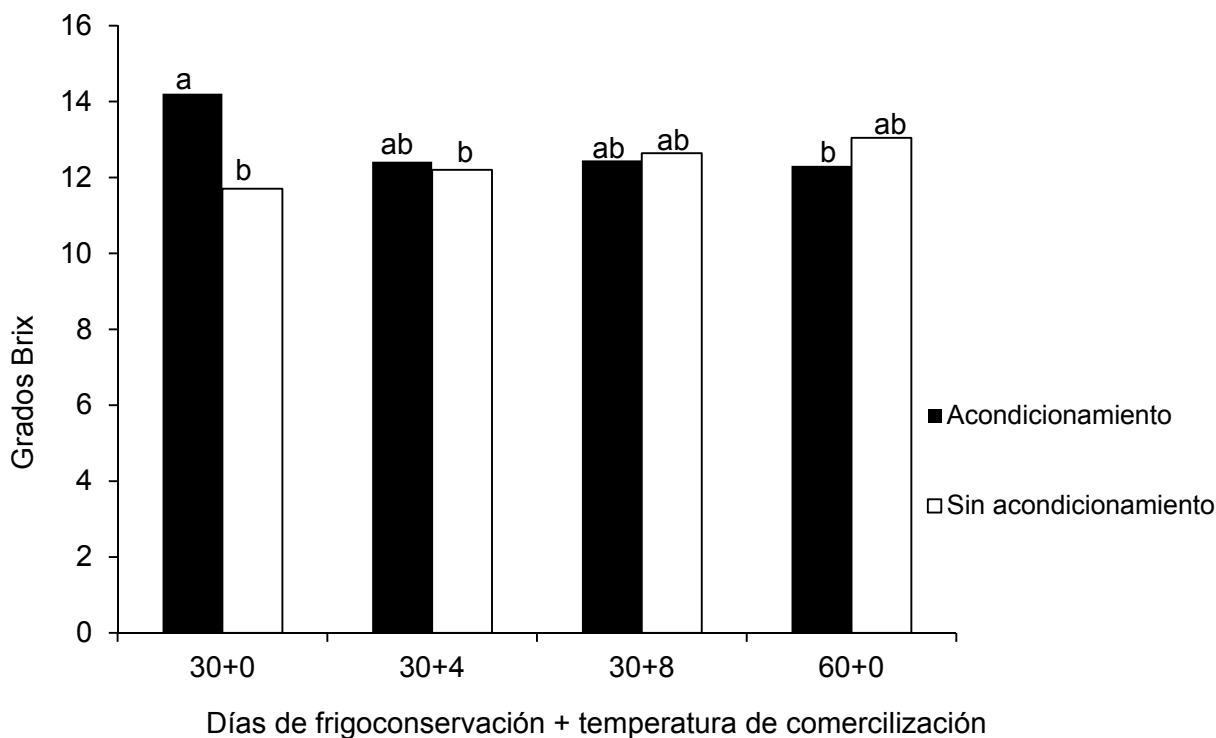


Figura 11. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (A) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (D) en contenido de grados Brix en fruto de naranja 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.

La acumulación de acetaldehído presentó diferencia estadística ($P < 0.05$), en las interacciones A*D y A*C. En la interacción A*D se debió a que a los 30 días después de inicio de frigoconservación, el tratamiento con acondicionamiento presentó 73.6 mg de acetaldehído/100 mL de jugo, lo cual es más alto que las demás combinaciones de entre 15.6 y 21.8 mg /100 mL de jugo, lo cual representa una disminución de entre 70 y 82% (Figura 12).

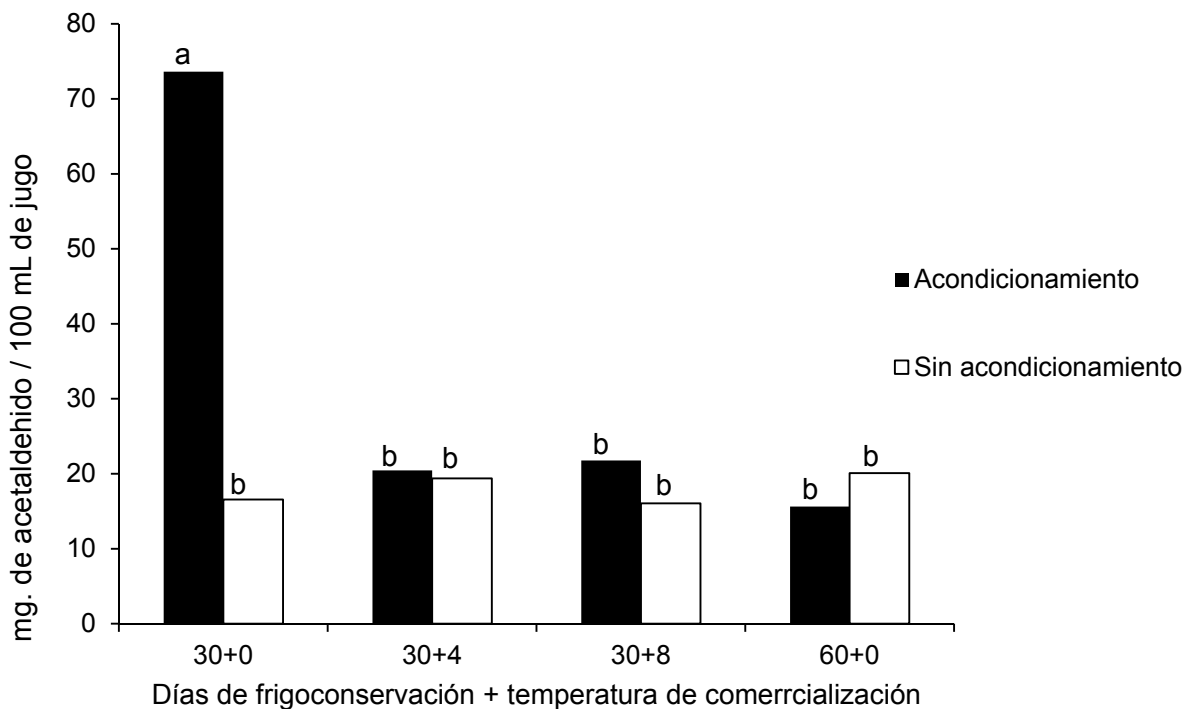


Figura 12. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (A) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (D) en la acumulación de acetaldehído en frutos de naranjo 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.

El contenido de acetaldehído presentó diferencia significativa ($P < 0.05$) al presentar la mayor acumulación en la interacción C * A con 37.64 mg de acetaldehído/100 mL de jugo mientras que la menor acumulación se presentó en la interacción sin acondicionamiento con cera (Figura 13).

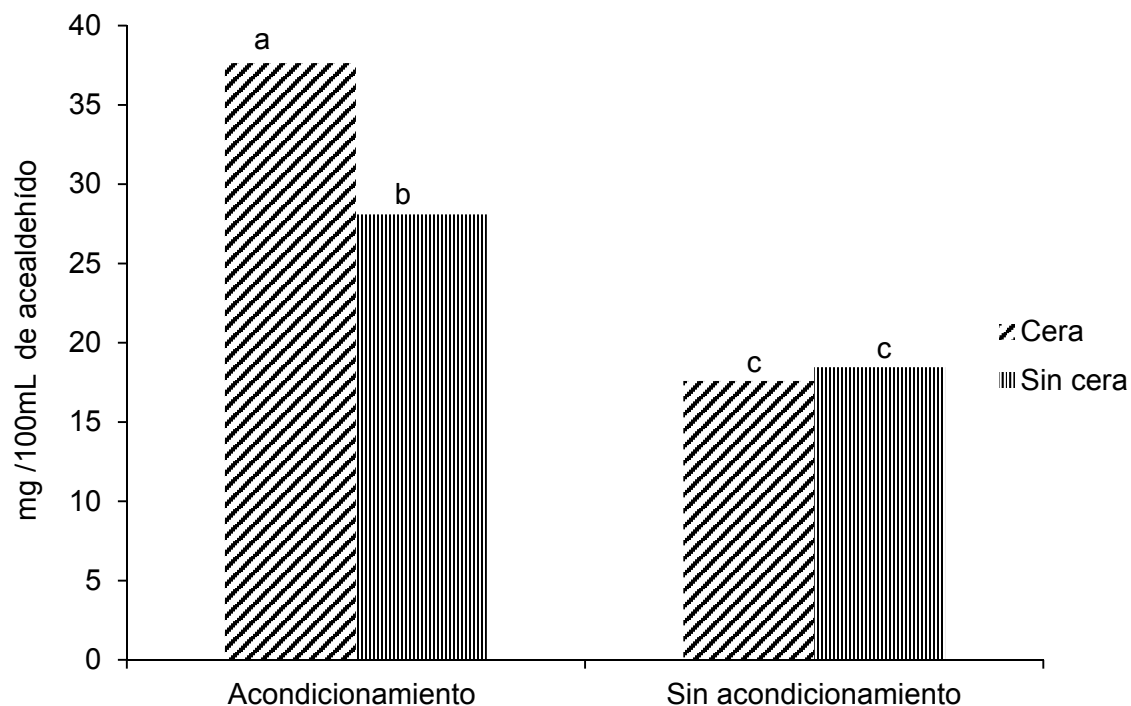


Figura 13. Interacción de tratamientos de acondicionamiento y emulsiones de cera en la acumulación de acetaldehído en frutos de naranjo ‘Valencia Late’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$). Acondicionamiento térmico: 4 días a 10°C + 3 días a 7°C previo a la frigoconservación.

En relación a la interacción $C * A$ el contenido de acetaldehído fue mayor con acondicionamiento con ceras y sin ceras, comparado con el tratamiento sin acondicionamiento. La triple interacción $A * D * C$, la mayor acumulación de acetaldehído a los 30 días, sin acondicionamiento, ya sea con cera (89 mg acetaldehído/ 100 mL jugo) o sin cera (58 mg de acetaldehído /100 mL jugo). El contenido de acetaldehído para el resto de las combinaciones fue estadísticamente igual (Figura 14).

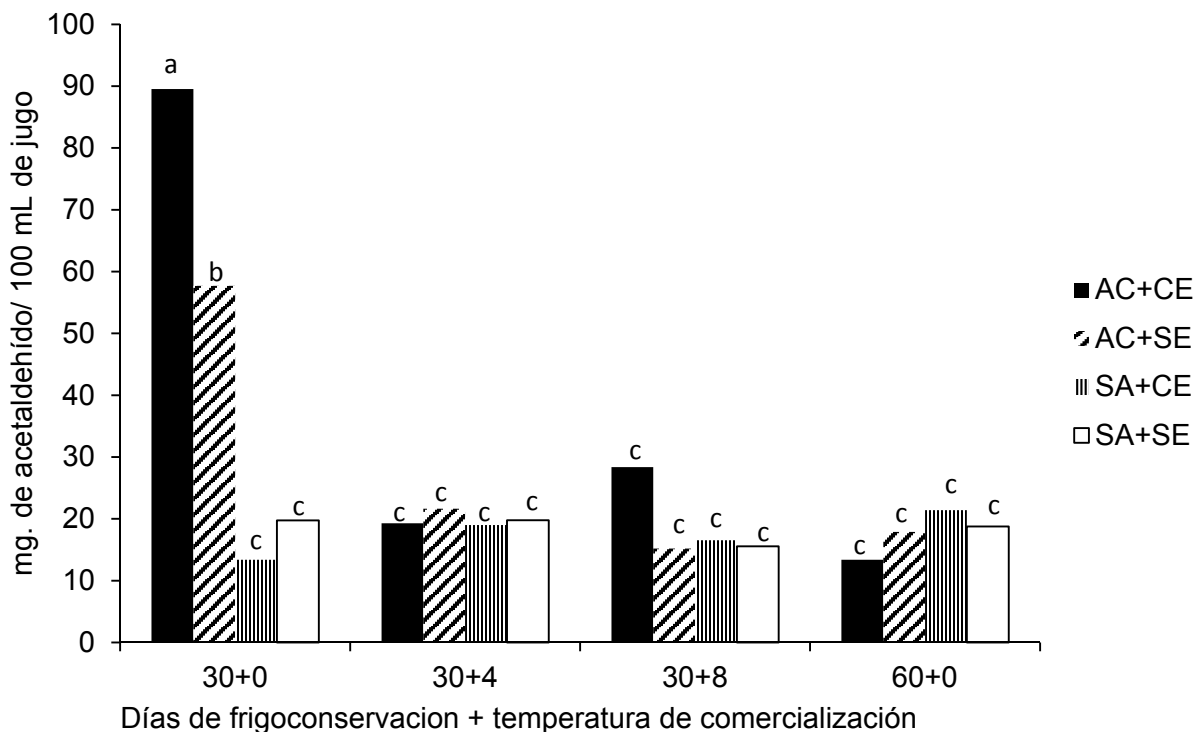


Figura 14. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * emulsiones de cera (C) durante los días de frigoconservación + temperatura de comercialización en la acumulación de acetaldehído en fruto de naranja 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Las interacciones D*A, D*C y D*A*C fueron significativas ($P \leq 0.05$) para el contenido de etanol. En interacción A*D la mayor acumulación de etanol durante los primeros 30 días de frigoconservación se presentó en los frutos sin acondicionamiento (64 mg etanol/100 mL de jugo) frigoconservados a temperaturas de 5°C siendo menor en los frutos tratado con temperaturas de acondicionamiento (22 mg/100 mL de etanol), sin embargo a los 30+8 días a temperatura de comercialización la acumulación de etanol aumento en frutos a temperaturas de acondicionamiento 289mg/100mL presentándose el contenido más alto en comparación con los frutos no tratados 980 mg/100 mL de etanol. A los 60 días de frigoconservación la acumulación de este volátil fue mayor para los frutos no acondicionados (244 mg de etanol/100 mL de jugo) en comparación con los frutos que si fueron acondicionados (Figura 15).

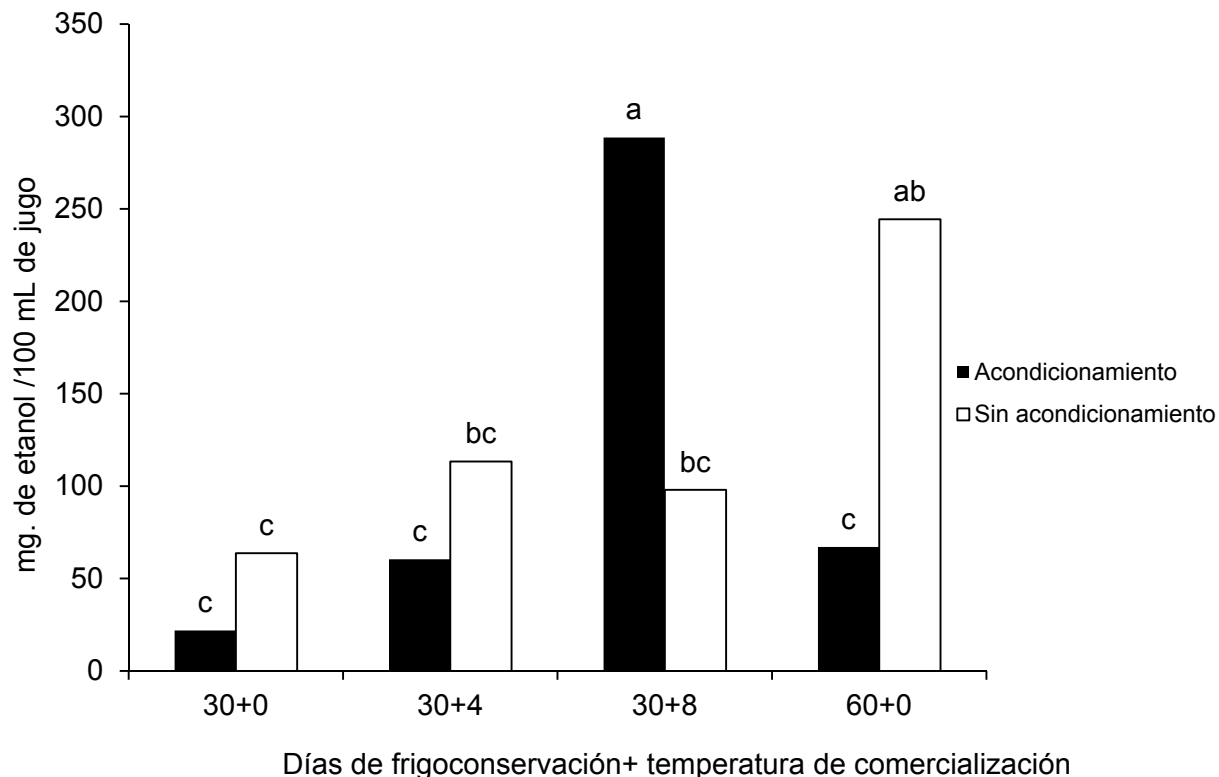


Figura 15. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (D) en la acumulación de etanol en frutos de naranjo 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La acumulación de etanol en la interacción D*C presentó diferencia significativa. A los 30 días de frigoconservación la acumulación de etanol no presentó diferencia entre tratamientos encerados y sin encerar (43 mg de etanol/100 mL), manteniendo esta tendencia hasta los 30+4 días a exposición a temperatura de comercialización, sin embargo fue a hasta los 30+8 días cuando el contenido de etanol aumentó un 15% en frutos sin encerar y 85% en frutos encerados. La mayor acumulación de etanol a los 60 días de refrigeración se presentó en frutos encerados al aumentar 57.9% (Figura 16).

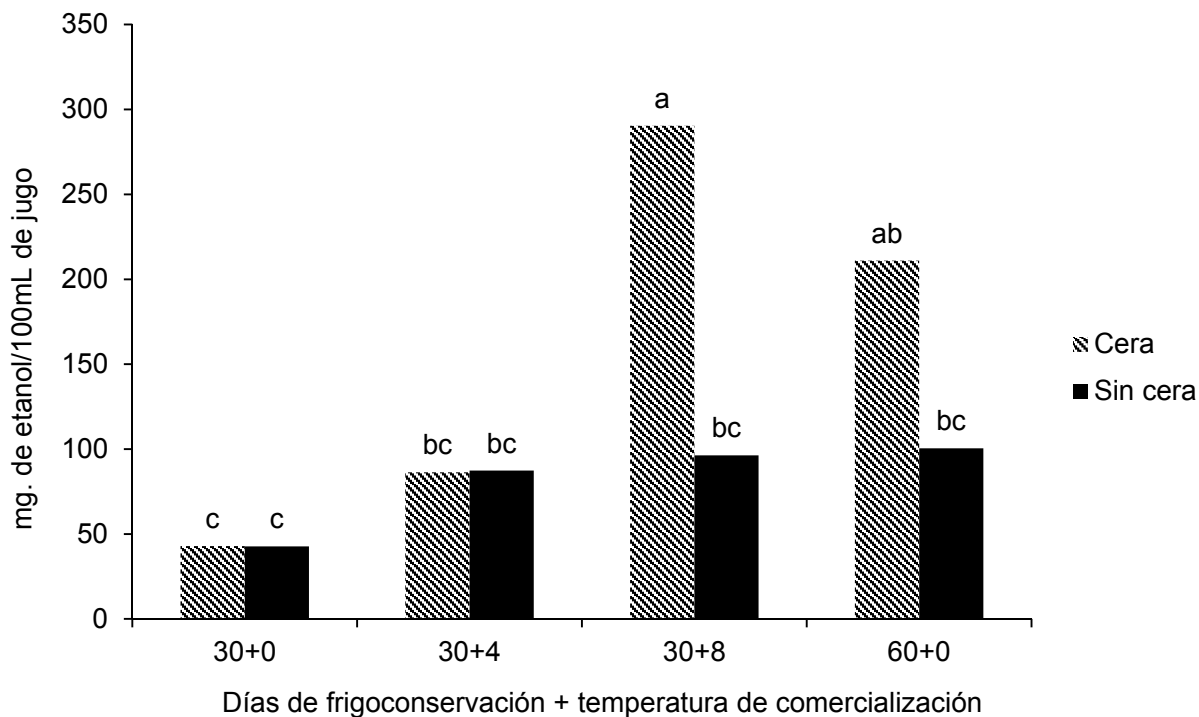


Figura 16. Interacción días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) y la aplicación de emulsiones de cera (C) en fruto de naranjo ‘Valencia Late’ en la acumulación de etanol. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La triple interacción D*A*C presento diferencia estadística ($P < 0.05$), se observó que la interacción a los 38 días el tratamiento SA+C acumulo el mayor contenido de etanol durante los días posteriores a la frigoconservación con 467 mg/100 mL de jugo. Con respecto a los 30 y 30+4 días la tendencia de los frutos en todos los tratamientos fue a aumentar conforme pasaron los días hasta llegar a su máximo hasta los 30+8 días. Siguiendo el mismo comportamiento los frutos frigoconservados durante 60 días de frigoconservación presentaron una concentración del volátil baja, con excepción de las naranjas expuestas a temperaturas de acondicionamiento (10°C por 4 días + 7°C por 3 días) y encerado que presentaron un valor de 361 mg de etanol/100 mL de jugo (Figura 17).

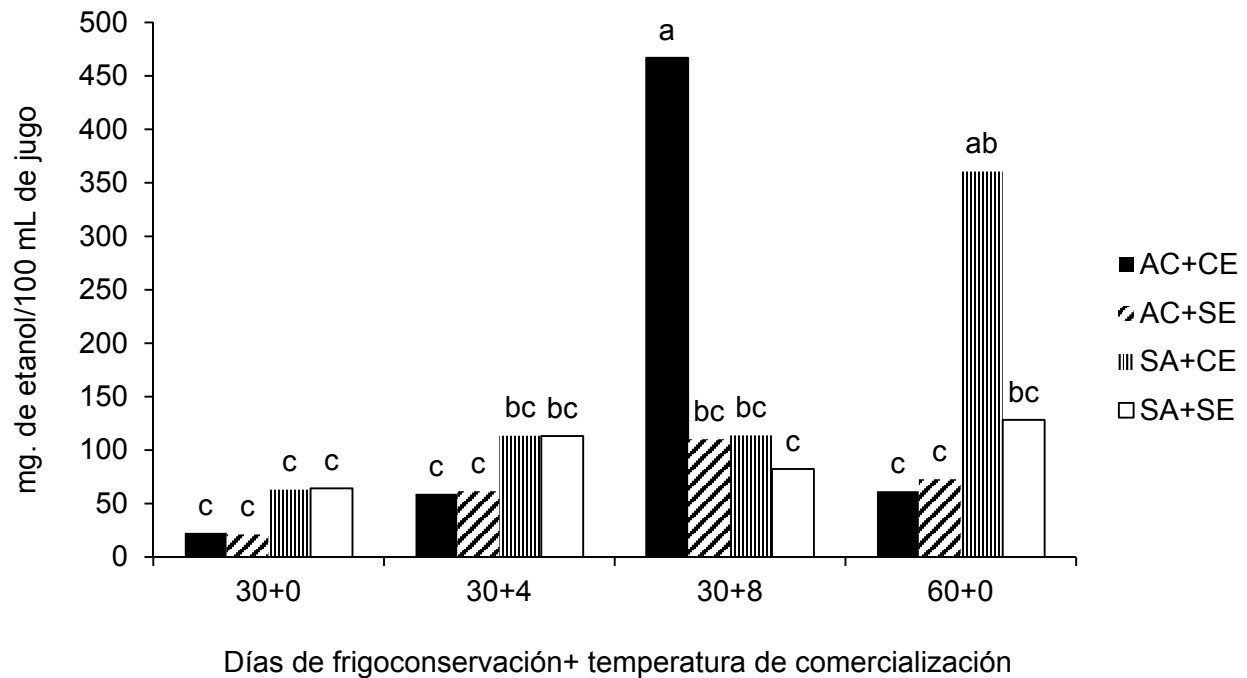


Figura 17. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * emulsión de cera (C) durante los días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) en la acumulación de etanol en frutos de naranja 'Valencia Late'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

6.3 Experimento III.

6.3.1 Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C).

El almacenamiento en frigoconservación de frutos de naranjo 'Valencia Selección 8' se dividió en dos periodos para su evaluación. El primero correspondió al primer mes de almacenamiento (5°C/ 30 d) y exposición a temperatura de comercialización (20°C / 8 d). El segundo periodo fue de 60 días de frigoconservación y exposición a temperatura de comercialización (20°C / 8 d), durante los días de frigoconservación y la temperatura de comercialización afectó la pérdida de peso, el porcentaje de jugo, sólidos solubles totales, el contenido de ácido ascórbico (vitamina C), daños por frío, contenido etanol y acetaldehído. Sin embargo el índice de color, ácido cítrico e índice de madurez no fueron afectados (Cuadro 6A).

Durante los primeros 30 días de frigoconservación (DDF) los frutos perdieron en promedio 0.19% de agua diariamente y 0.12% a temperatura de comercialización. La fruta almacenada durante 60 DDF perdió 0.13% de agua diariamente hasta los 68 y 0.21% a temperatura de comercialización aumentando la pérdida en comparación con el primer mes (Cuadro 18).

El índice tecnológico fue significativo, presento 7.1 al inicio, sin embargo este índice aumento 7.7 a los 30 DDF; a los 30+4 y 30+8 posterior al periodo de frigoconservación los índices tecnológicos aumentaron hasta 8.0 y 7.8 con respecto al valor inicial. Este incremento se presentó hasta los 60DDF (8.1). Mientras que las lesiones en el flavedo producto del daño por frío en los frutos aumentaron paulatinamente conforme los frutos estuvieron expuestos a baja temperatura. El nivel del daño por frío fue ligero para ambos lotes de evaluación. En el primer mes en frigoconservación, el daño no se presentó, y fue hasta los ocho días a temperatura de comercialización que las lesiones incipientes se observaron (grado de severidad = 1.43) (Cuadro 18). En el segundo mes de frigoconservación, el daño alcanzó un valor de 1.65, llegando hasta 1.80 de daño a los 8 días a temperatura de comercialización (Cuadro 18).

Cuadro 18. Efecto de días de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C) en la calidad externa de frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.

Días ^x	Variables ^z			
	PP	IC	IT	DF ^y
Inicial	-	0.3 (0.009) ^w	7.1 (0.25)	-
30+0	5.6 c ^v	1.8 a	7.7 ab	1.00
30+4	5.7 c	1.5 a	8.0 a	1.20
30+8	6.1 c	2.3 a	7.8 ab	1.43
60+0	7.6b	2.3 a	8.1 a	1.65
60+4	8.4 ab	2.4 a	7.2 ab	1.70
60+8	9.3 a	2.1 a	7.1 b	1.80
Pr > F	<.0001	0.600	0.005	0.005

^z PP = pérdida de peso (%); IC = índice de color [$1000 \cdot a / (L \cdot b)$]; IT= índice tecnológico (contenido de jugo * SST/100); DF=grado de severidad del daño por frío. ^y Escala de daño en frutos: 1) Fruto sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (> del 20% de manchado). ^x Días de frigoconservación (5°C) + temperatura de comercialización (20°C). ^w Valor P de la prueba de t entre el valor inicial y el valor a los 30 días. ^v Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

La calidad interna de los frutos 'Valencia Selección 8' presentó diferencia significativa durante el tiempo de frigoconservación y la exposición de los frutos a temperatura de comercialización. El contenido de SST durante el primer mes en frigoconservación los frutos se mantuvieron con valores semejantes de SST con 11.8°Brix, una vez que la fruta fue pasada a temperatura de comercialización (20°C) la cantidad de SST aumentó hasta un 0.92 °Brix a los 8 días (Cuadro 19). Para el segundo mes en frigoconservación el contenido de SST aumentó 1.1°Brix y durante la exposición a temperatura de comercialización la cantidad de SST también fue más elevada. El contenido de ácido cítrico no presento diferencia significativa durante la frigoconservación ni la exposición

de los frutos a temperatura de comercialización ya que sus valores se mantuvieron constantes durante este periodo, de igual forma el índice de madurez no presentó diferencia significativa durante el mismo periodo, por lo que los días de frigoconservación y temperaturas de comercialización no afectaron estas variables; sin embargo el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) en el jugo sí presentó diferencia estadística al disminuir durante todo el tiempo de frigoconservación. A los 30 días, la pérdida fue de 14.4 mg de ácido ascórbico y a los 60 días fue 9.09 mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo. La mayor degradación de ácido ascórbico se originó al sacar los frutos del almacenamiento en frío después de 60 DDF, donde a los 60+8 días los frutos perdieron hasta un 54 % de su contenido inicial de ácido ascórbico (Cuadro 19).

La acumulación de volátiles como etanol y acetaldehído presentaron diferencia estadística durante los días de frigoconservación, así como por las temperaturas de comercialización. La acumulación de etanol en el jugo del fruto fue aumentando conforme los frutos estuvieron almacenados a temperaturas bajas (5°C) y durante mayor tiempo. Para el primer mes la acumulación de etanol fue de 83 mg de etanol/100 mL de jugo y durante dos meses en frigoconservación el aumento de etanol en el jugo fue de 144 mg de etanol/ 100 mL de jugo. La mayor acumulación del compuesto volátil después de uno y dos meses en frigoconservación se presentó al exponer la fruta a temperatura de comercialización (20°C) durante los 8 días, alcanzando niveles de 369 mg de etanol /100 mL de jugo, después de 30 días de frigoconservación y 909 mg de etanol/100 mL de jugo después de 60 días de frigoconservación; mientras que la acumulación de acetaldehído en el jugo después de 30 y 60 días en frigoconservación fue estadísticamente igual al contenido inicial. En ambos casos, el contenido de acetaldehído se incrementó, la mayor acumulación fue de 23.0 a 35.8 mg de acetaldehído/100 mL de jugo a los 8 días a temperatura de comercialización después de los 60 DDF y a los 4 días después de 30 DDF. En el caso particular de 60 días acumulo un 70% más del volátil en comparación con el valor inicial; al pasar de 21.1 a 35.8 mg acetaldehído/100 mL de jugo (Cuadro 19).

Cuadro 19. Efecto de días después de frigoconservación y temperatura de comercialización (20°C) en la calidad interna de frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.

Días ^y	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Inicial	11.9 (0.91) ^x	0.66(0.95)	18.1(0.84)	56.5(<.0001)	64(0.69)	21.0(0.10)
30+0	11.8 b ^w	0.66 a	18.5 a	42.0 a	83 d	15.3 a
30+4	12.8 ab	0.72 a	18.5 a	42.7 a	296 bc	23.0 b
30+8	12.8 ab	0.65 a	20.6 a	40.0 a	369 b	20.5 b
60+0	13.0 a	0.67 a	19.6 a	47.4 a	145 cd	21.6 b
60+4	12.4 ab	0.69 a	18.3 a	22.2 b	381 b	23.1 b
60+8	12.4 ab	0.70 a	18.2 a	26.1 b	909 a	35.8 c
Pr > F	0.04	0.39	0.33	<.0001	<.0001	<.0001

^z SST= sólidos solubles totales (°Brix); AC= ácido cítrico (%); IM= índice de madurez (SST /AT); AA=ácido ascórbico o Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo); ETA = etanol (mg de etanol /100 mL de jugo); ACE=acetaldehído (mg de acetaldehído/100 mL de jugo). ^y Días de frigoconservación (5°C) + temperatura de comercialización (20°C). ^x Valor P de la prueba de t entre el valor inicial y el valor a los 30 días. ^w Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

6.3.2 Efecto de las temperaturas de acondicionamiento.

La aplicación de temperaturas de acondicionamiento (10°C por 4 días + 7°C por 3 días) previo a la frigoconservación a 5°C, en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8' solo presento cambios significativos en la pérdida de peso, sin tener efecto en las variables: índice de color, grado de severidad de daño por frío, sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez, ácido ascórbico (vitamina C), etanol y acetaldehído (Cuadro 3A).

El efecto del tratamiento de acondicionamiento en los frutos previo al periodo de frigoconservación a 5°C disminuyó la pérdida de agua por transpiración en un 2.3% con respecto a los frutos frigoconservados directamente (Cuadro 20). Aunque los índices de color no presento diferencia estadística sin embargo presento un ligero aumento en los frutos que no fueron acondicionados (2.3) en comparación con los frutos que fueron

acondicionados (1.8). El índice tecnológico no presentó diferencia entre tratamientos, de igual manera los daños por frío no presentaron diferencia significativa aunque la aparición de daños por frío en frutos de naranjo de ‘Valencia Selección 8’ fueron incipientes con grado de severidad <2 y caracterizado por oscurecimiento de lenticela (Cuadro 20). La calidad interna no presento cambios significativos la aplicación de temperaturas de acondicionamiento (Cuadro 21).

Cuadro 20. Efecto de la aplicación de temperaturas de acondicionamiento (10°C por 4 días + 7°C por 3 días) en la calidad externa de frutos de naranjo ‘Valencia Selección 8’.

Temperaturas	Variables ^z			
	PP	IC	IT	DF ^y
Con acondicionamiento ^x	6.0 bv	1.8 a	7.81 a	1.4 a
Sin acondicionamiento ^w	8.2 a	2.3 a	7.51 a	1.5 a
Pr > F	<.0001	0.09	0.09	0.46

^z PP = pérdida de peso (%); IC = índice de color [1000*a/(L*b)]; IT = índice tecnológico (contenido de jugo*SST/100); DF=grado de severidad del daño por frío. ^y Escala de daño en frutos: 1) Sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (> del 20% de manchado). ^x 10°C por 4 días + 7°C por 3 días. ^w frigoconservación a 5°C. ^v Medias con la misma letra por columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 21. Efecto de la aplicación de tratamientos de acondicionamiento en la calidad interna en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.

Temperaturas	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Acondicionamiento ^y	12.5 a ^w	0.67 a	19.4 a	37.0 a	353 a	23.1 a
Sin acondicionamiento ^x	12.5 a	0.70 a	18.5 a	36.5 a	374 a	23.4 a
Pr > F	0.92	0.21	0.23	0.79	0.55	0.73

^z SST = Sólidos solubles totales (°Brix); AC = ácido cítrico (%); IM = índice de madurez (SST /AT); AA=ácido ascórbico o Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo); ETA=etanol (mg de etanol/100 mL de etanol); ACE=acetaldehído (mg de acetaldehído /100 mL de acetaldehído). ^y10°C por 4 días + 7°C por 3 días. ^xFrigoconservación directa a 5°C. ^w Medias con la misma letra por columnas son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

6.3.3 Aplicación de emulsiones de cera.

La aplicación de emulsiones de cera (12 % de sólidos solubles) previo al periodo de frigoconservación afectó la pérdida de peso y la acumulación de compuestos volátiles (etanol y acetaldehído) en los frutos; mientras que el índice de color, contenido de jugo, grado de severidad de daño por frío, sólidos solubles totales, acidez titulable, índice de madurez y ácido ascórbico (vitamina C), no presentaron cambios significativos (Cuadro 3A).

La aplicación de emulsiones de cera genera una barrera alrededor de la fruta que disminuye el intercambio de gases generados mediante el proceso de respiración, así como la pérdida de agua por transpiración, esto causó que la naranja encerada previo al período de frigoconservación disminuyera hasta un 2.8 % la pérdida de agua con respecto a los frutos que no se les aplicó cera (Cuadro 22).

La acumulación de volátiles presento diferencia significativa con relación a los emulsiones de cera. La acumulación de etanol en el jugo se incrementó con la aplicación de cera en los frutos, debido a que se impide el intercambio de gases en el fruto,

propiciando un ambiente para que se dé la respiración anaerobia, es por esto que las naranjas enceradas acumularon más del doble de etanol que los frutos sin tratamiento; mientras que el acetaldehído al ser un compuesto intermediario en la formación de etanol y también generado durante la respiración anaerobia, a causa del encerado de los frutos, provocó una mayor acumulación de este volátil en un 18.9 % con respecto a los frutos sin recubrimiento de cera (Cuadro 23).

Cuadro 22. Efecto de la aplicación de emulsiones de cera en la calidad externa en frutos de naranjo ‘Valencia Selección 8’.

Emulsiones	Variables ^z			
	PP	IC	IT	DF ^y
Cera	5.7 b ^x	2.0 a	7.6 a	1.41 a
Sin cera	8.5 a	2.1 a	7.7 a	1.52 a
Pr > F	<.0001	0.84	0.46	0.29

^z PP = pérdida de peso (%); IC = índice de color [$1000 \cdot a / (L \cdot b)$]; IT= índice tecnológico (contenido de jugo * SST/100); GS=grado de severidad del daño por frío. ^y Escala de daño en frutos: 1) Sano (sin manchado superficial), 2) Daño ligero (manchado < a 10%), 3) Daño moderado (10 a 20% de manchado), 4) Daño severo (> del 20% de manchado). ^x Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Cuadro 23. Efecto de la aplicación de emulsiones de cera en la calidad interna en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'.

Emulsiones	Variables ^z					
	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE
Cera	12.5 a ^x	0.69 a	18.6 a	36.7 a	507.6 a	25.6 a
Sin cera	12.6 a	0.68 a	19.3 a	36.8 a	219.8 b	20.8 b
Pr > F	0.53	0.78	0.37	0.96	<.0001	<.0001

^z SST = sólidos solubles totales (°Brix); AC= ácido cítrico (%); IM = índice de madurez (SST/AT); AA=ácido ascórbico o Vitamina C (mg de ácido ascórbico/100 mL de jugo); ETA = etanol (mg de etanol/100 mL de jugo); ACE = Acetaldehído (mg de acetaldehído/100 mL de jugo).^x Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

6.3.4 Interacciones.

Las interacciones de los efectos de temperaturas de acondicionamiento (A), recubrimiento de cera (C) y días después de frigoconservación (D) resultaron significativas sobre índice tecnológico (D*A, A*C), ácido ascórbico (D*A), índice de color (A*C), contenido de etanol y acetaldehído (D*C) y daños por frío (A*C) (Cuadro 5A). La interacción D* A resultado significativa para las variables índice tecnológico, cuando se comparan los niveles de acondicionamiento (i.e., con y sin acondicionamiento) dentro de cada nivel de días de frigoconservación, se observa que en todos los casos no hubo diferencias, excepto a los 60 días de frigoconservación en que se observa que los frutos con acondicionamiento presentaron mayor contenido de jugo, comparados con frutos no acondicionados (Figura 18).

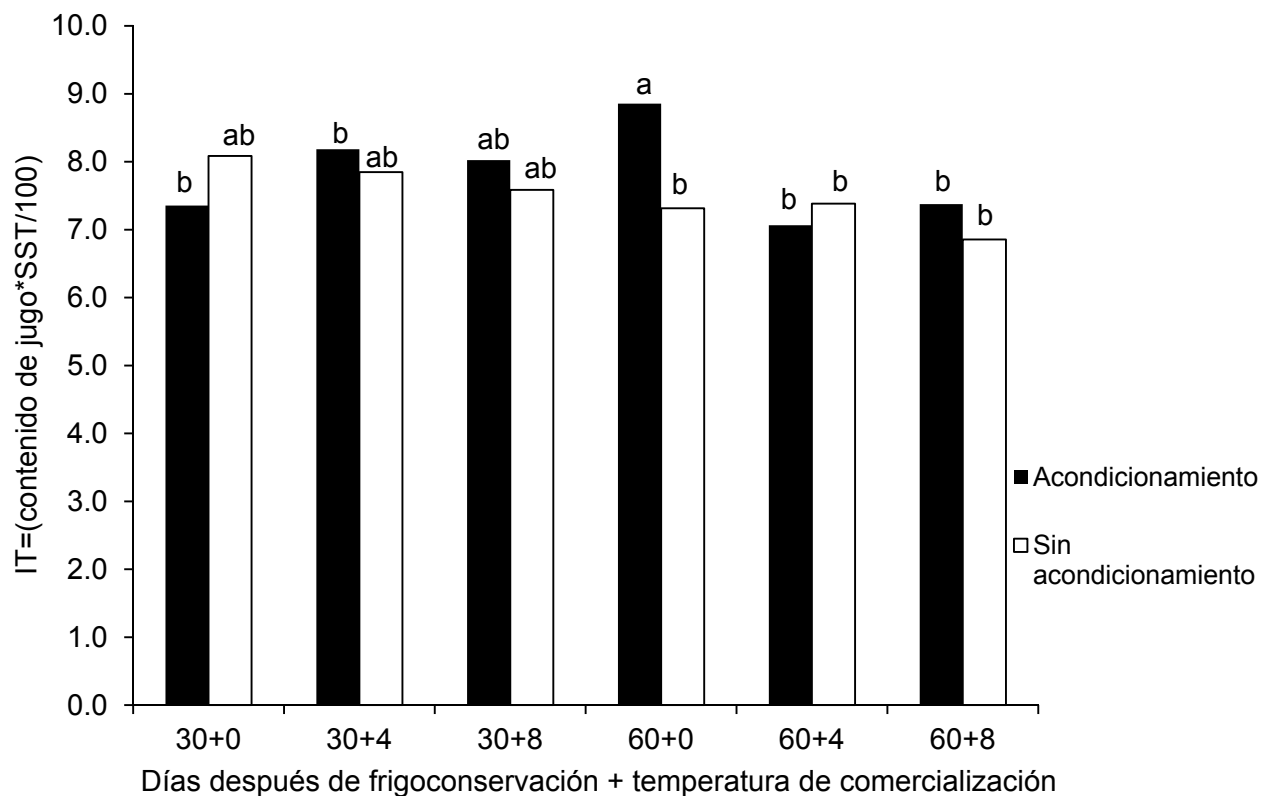


Figura 18. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * días después de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) en el índice tecnológico del jugo de frutos de naranja 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La interacción entre D* A presenta diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en el contenido de ácido ascórbico en el jugo. Los frutos sin tratamiento de acondicionamiento fueron los que mayor pérdida de ácido ascórbico presentaron después de 60 días en frigoconservación y 8 días a temperatura de comercialización llegando a perder hasta un 43%, esto es de 41.09 mg de ácido ascórbico / 100 mL de jugo hasta 23.41 mg de ácido ascórbico / 100 mL de jugo. Con respecto a los frutos acondicionados la disminución solo fue del 33 % al final de la evaluación (Figura 19).

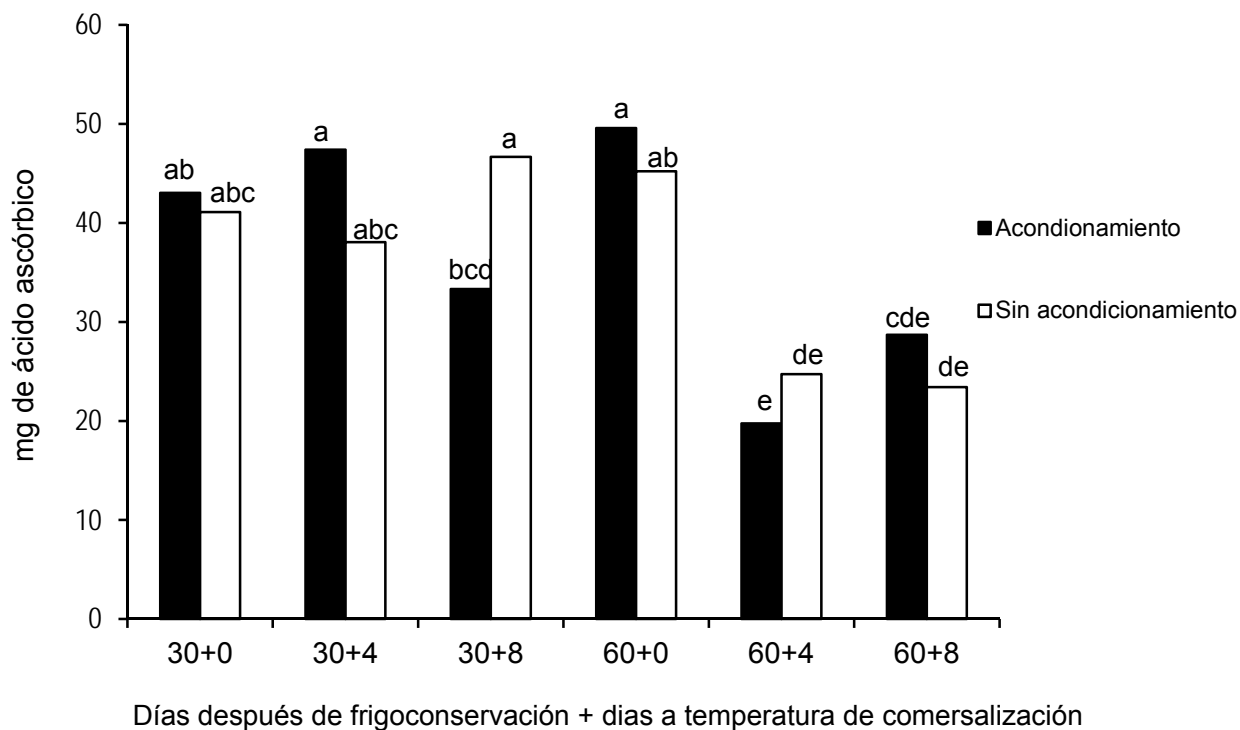


Figura 19. Interacción de tratamientos de acondicionamiento (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) * días de comercialización + temperatura de comercialización (20°C) en el contenido de ácido ascórbico en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La mayor pérdida de peso ocurrió en la interacción D*C durante los primeros 30 días de frigoconservación. Después de esto los frutos sin emulsiones de cera siguieron perdiendo peso, alcanzando hasta 11.6% en los frutos que no se les aplicó el emulsiones de cera (12% SS) y expuestos a 60 días en frigoconservación y 8 días a temperatura de comercialización mientras que los frutos que sí fueron encerados solo perdieron 6.9% (Figura 20).

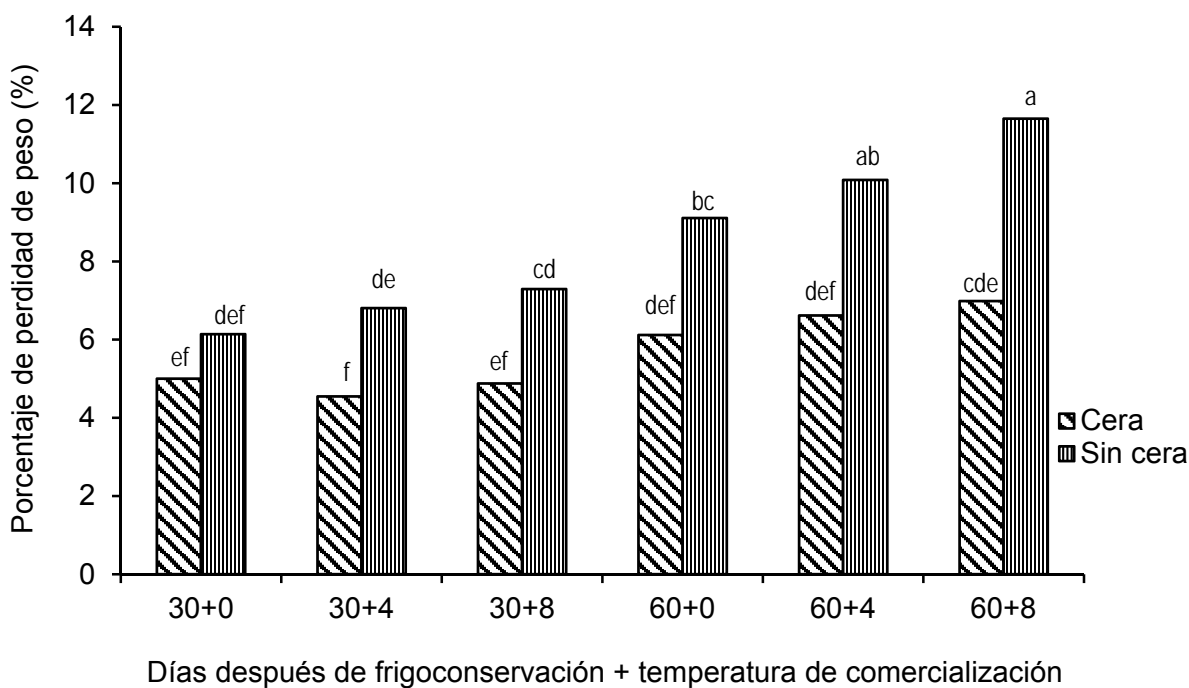


Figura 20. Interacción días de frigoconservación + temperaturas de comercialización (D) * emulsiones de cera (C) en la pérdida de peso en frutos de naranjo ‘Valencia Selección 8’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Aunque la interacción resulta significativa en el análisis de varianza, los resultados no muestran claramente dicha interacción en el índice tecnológico. Sin embargo, la tendencia general es que los frutos sin encerar mantuvieron el índice tecnológico numéricamente muy similar al de los frutos encerados, excepto a los 60 y a los 8 días a exposición a temperatura de comercialización (Figura 21).

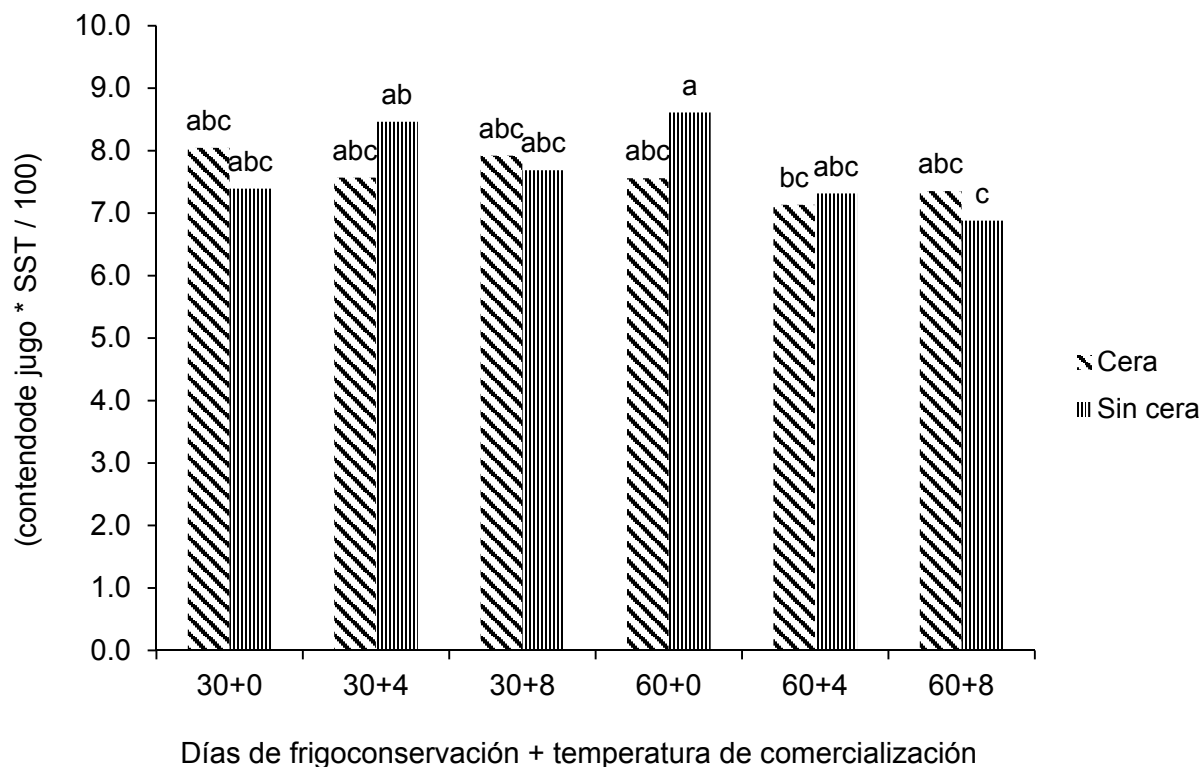


Figura 21. Interacción de emulsiones de cera (C) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) en el índice tecnológico en jugo de frutos de naranja 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La aplicación de cera incrementó el contenido de volátiles, ya que durante los 30 (117 mg de etanol/100 mL de jugo) y 60 (131 mg de etanol/100 mL de jugo) días de frigoconservación la acumulación de etanol fue ligeramente alta en frutos encerados en relación a los fríos que no fueron encerados; sin embargo el aumento presentado a los 4 y 8 días después de frigoconservación fue superior ya que la mayor acumulación de etanol se presentó en los frutos con encerado a los 8 días después de los 60 días de frigoconservación al presentar 932 mg de etanol/100 mL de jugo (Figura 22).

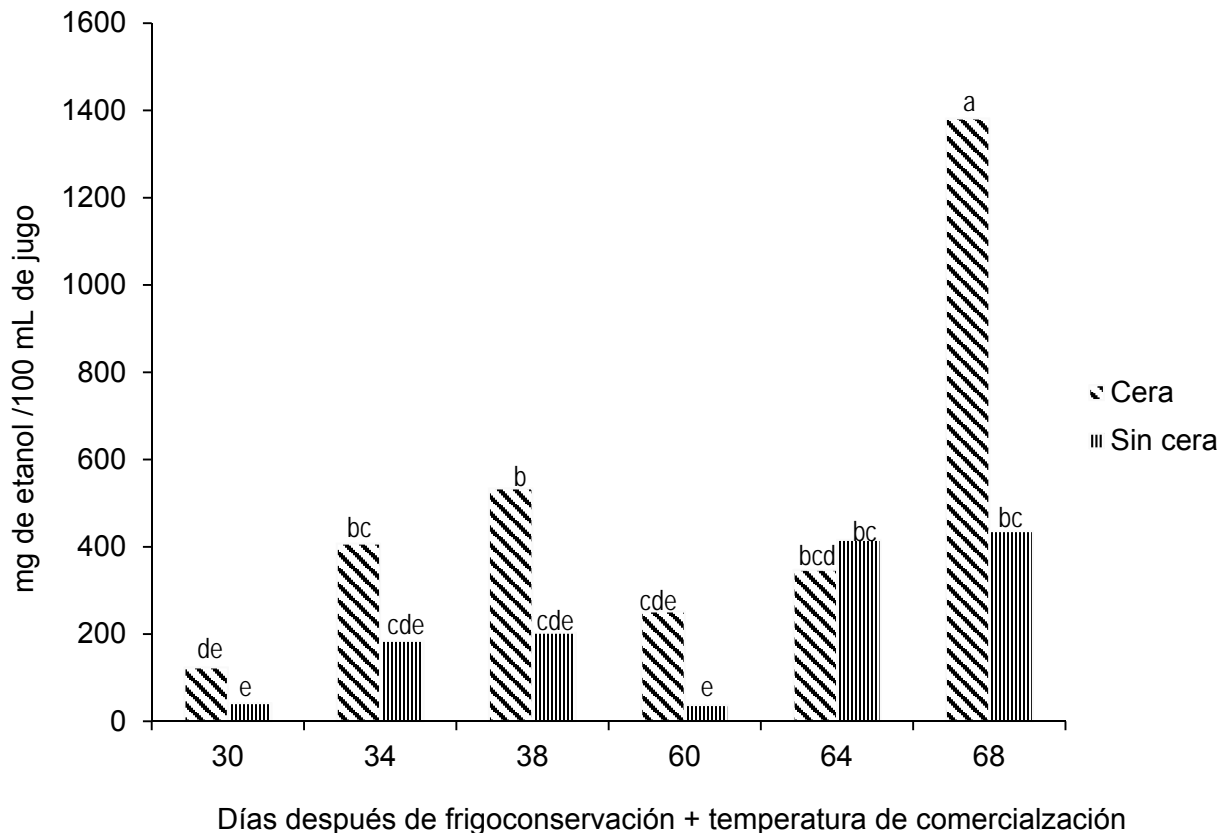


Figura 22. Interacción emulsiones de cera (C) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) en la acumulación de etanol en frutos de naranjo ‘Valencia Selección 8’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

De igual manera la cantidad de acetaldehído que contenía el jugo en los frutos encerados (12% SS) fue mayor en los frutos frigoconservados por 60 días y 8 días a temperatura de comercialización teniendo casi el doble con respecto a los frutos que no fueron encerados. Es importante señalar que al pasar los frutos de una temperatura baja a una temperatura más alta la concentración de volátiles aumenta considerablemente. Únicamente hubo diferencia en la producción de acetaldehído entre los frutos encerados y no encerados a los 60 días de frigoconservación y a los 8 días en temperatura de comercialización (Figura 23).

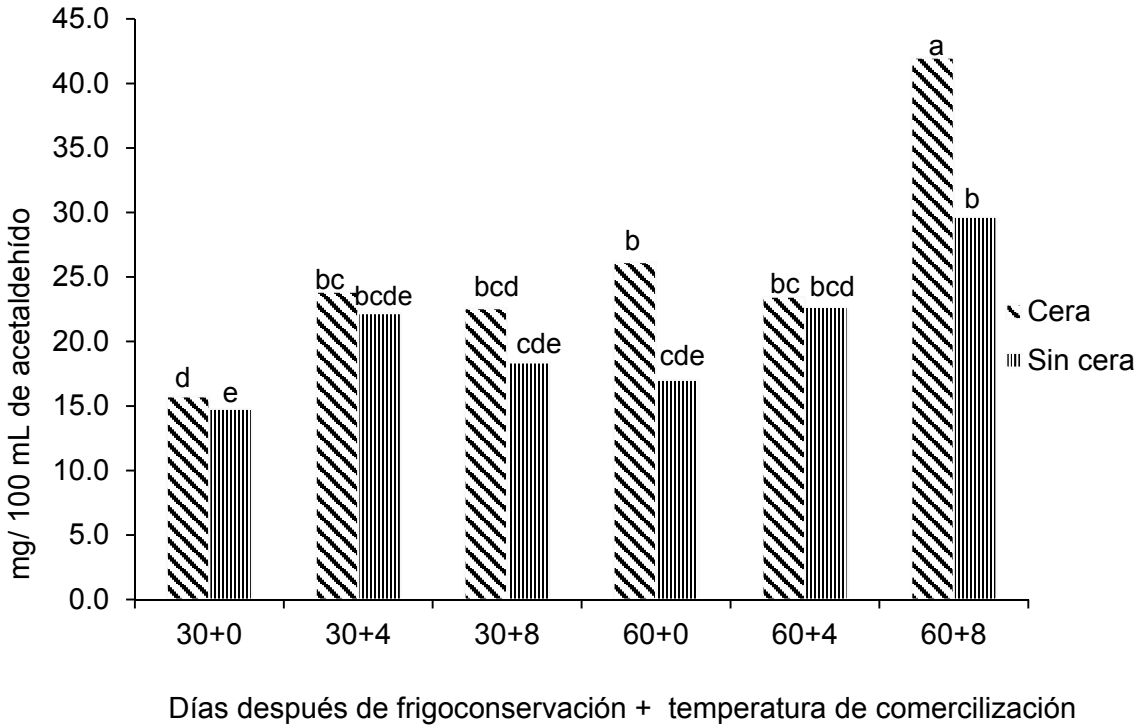


Figura 23. Interacción emulsión de cera (C) * días de frigoconservación + temperatura de comercialización (20°C) (D) en la acumulación de acetaldehído en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La interacción C*A afectó las variables pérdida de peso, índice de color y grado de severidad de daños por frío. Respecto a la pérdida de peso la aplicación de emulsiones de cera y las temperaturas de acondicionamiento logro disminuir la pérdida de peso hasta en un 50% con respecto a los frutos que no se les fue aplicado ninguno de los dos tratamientos que llegaron a perder hasta un 10.1 % de agua (Figura 24).

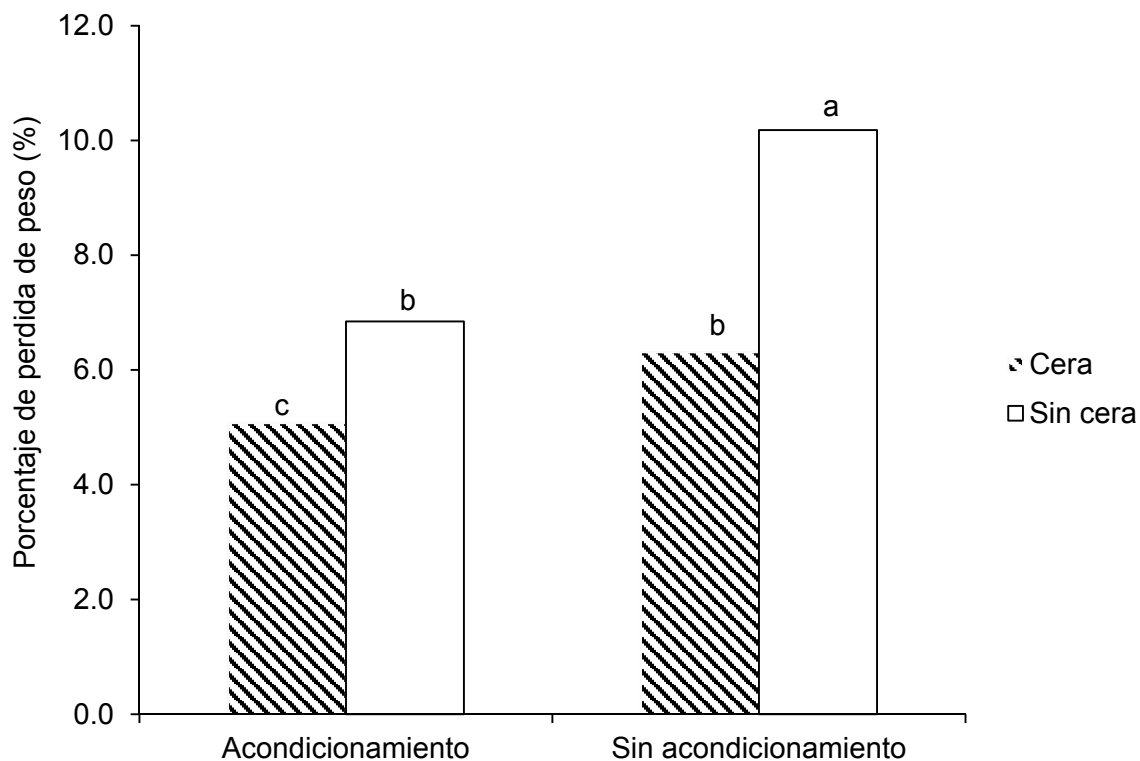


Figura 24. Interacción de emulsiones de cera (C) * tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) en la pérdida de peso en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

La degradación de clorofila en los frutos se vio mayormente afectada en los frutos que no fueron tratados con ningún tratamiento postcosecha alcanzando un valor de IC = 3, mientras que los frutos que solo fueron acondicionados fueron los que mantuvieron el valor más bajo en índice de color con un 1.12 (muy cercanos a verde). Esto indica que la mayor pérdida de color verde se dio en frutos sin acondicionamiento ni encerado que podría ser un síntoma de senescencia (Figura 25).

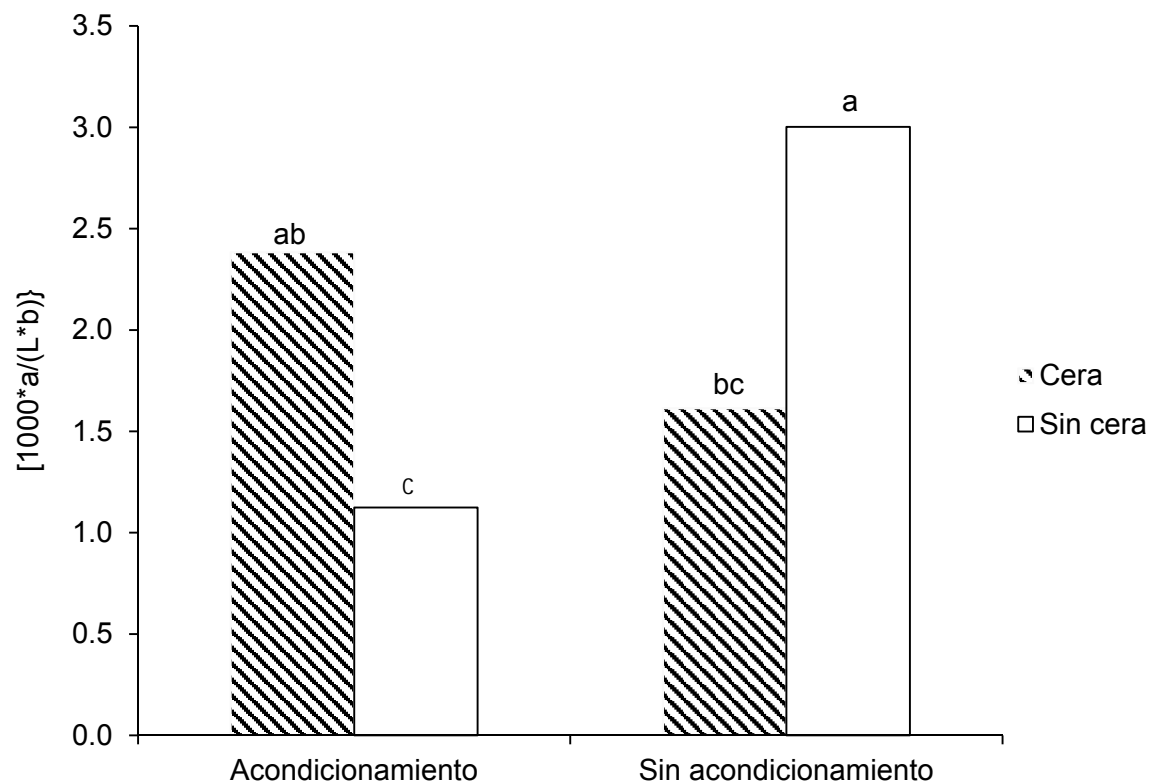


Figura 25. Interacción emulsiones de cera (C) * tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) en el índice de color en frutos de naranja ‘Valencia Selección 8’. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

Como era de esperar y debido a que los frutos que estuvieron expuestos a frigoconservación directamente (5°C) fueron los que presentaron el valor más alto de daño por frío aunque el grado de severidad fue ligero con 1.7. Esto se encuentra directamente relacionado con la concentración de volátiles que se mencionaron anteriormente, debido que se tiene una relación directamente proporcional entre el daño por frío y la cantidad de volátiles presentes en el jugo. Las mejores combinaciones que redujeron los daños por frío fue el encerar los frutos o acondicionarlos con un valor de 1.2 casi sin presencia de lesiones en el flavedo del fruto (Figura 26).

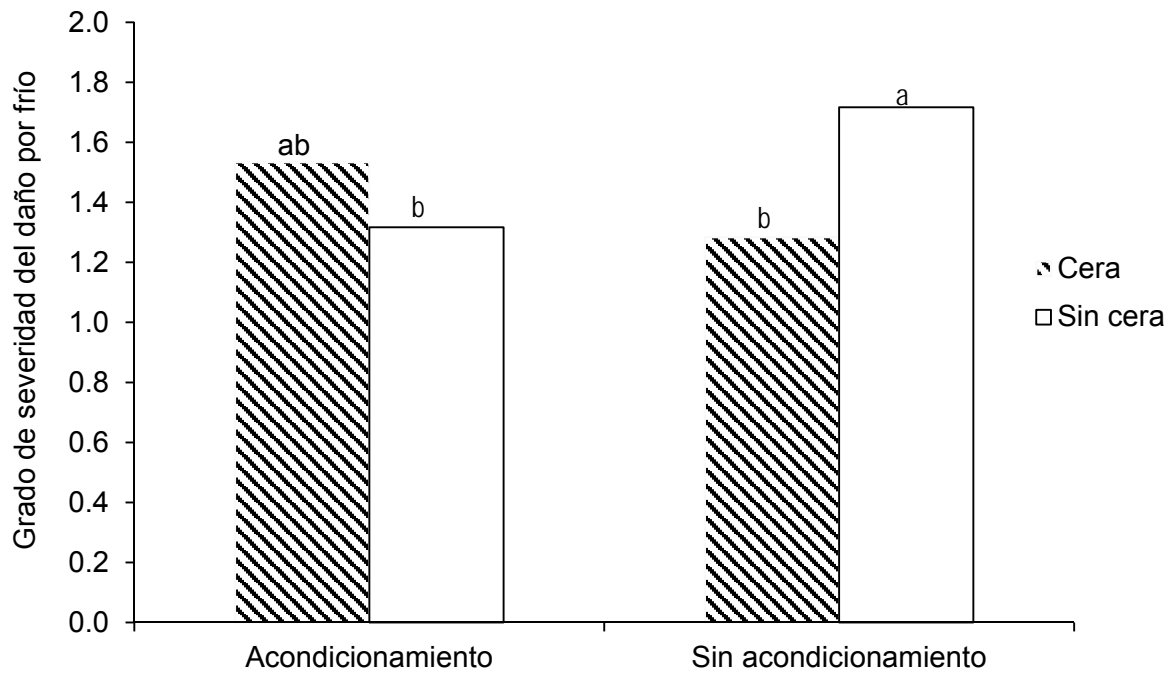


Figura 26 Interacción emulsiones de cera (C) * tratamientos de acondicionamiento térmico (4 días a 10°C + 3 días a 7°C) previo a la frigoconservación (A) en los daños por frío en frutos de naranjo 'Valencia Selección 8'. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$).

7. DISCUSIÓN

El tiempo de frigoconservación en las variedades 'Marrs', 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' tuvo efecto negativo sobre la calidad interna y la calidad externa. La pérdida de peso se presentó en las tres variedades estudiadas, como consecuencia de la transpiración (Martínez-Jávega, 1999). A los 30 días de frigoconservación la variedad 'Marrs' presentó mayor pérdida de peso (6.9%), que 'Valencia Late' (4.0%) y 'Valencia Selección 8' (5.6%). Esta respuesta en 'Marrs' se relaciona con la cáscara delgada característica de la variedad, de acuerdo con Muñoz *et al.* (2011) reportaron que en limón la mayor pérdida de peso se presentó en la variedad con menor tamaño y cáscara delgada. La pérdida de peso en las variedades frigoconservadas hasta los 60 días ('Valencia Late' y 'Valencia Selección 8') se incrementó conforme los días de almacenamiento en frío aumentaron, siendo constante para ambas variedades (7.7% y 7.6%). Esto coincide con los resultados de Muñoz *et al.* (2011) en limón donde la pérdida de peso aumentó en función del tiempo de almacenamiento, el agua se pierde por transpiración hacia el ambiente desde el interior de los frutos a través de los poros que existen en su superficie; si la humedad relativa del ambiente del almacenamiento es baja se produce movilización del agua del fruto hacia al ambiente, lo que ocasiona las pérdidas de peso fresco, significativas para disminuir la calidad externa de los frutos después de la cosecha (Guadarrama, 2001).

La pérdida de peso aumentó en los frutos de las variedades 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' expuestos a temperatura de comercialización (20°C). La mayor pérdida de peso ocurrió en los 8 días posteriores a los 30 DDF fue en los frutos 'Valencia Late' (1.5%) en comparación con 'Valencia Selección 8' (0.5%). Mientras que los frutos de la variedad 'Valencia Selección 8' expuesta hasta los 60+8 días a temperatura de comercialización aumentó su pérdida de peso hasta un 2% por día en comparación a los 60 días de frigoconservación. El aumento de la pérdida de peso en la fruta al ser expuesta a temperatura de comercialización después de la frigoconservación ha sido documentada permanentemente en frutos de mandarina 'Nova' Vázquez *et al.*, 2003 y en 'Limón mexicano' (*Citrus aurantifolia Swingle*) (Domínguez *et al.*, 2003).

El cambio de color es consecuencia de la transformación reversible de los cloroplastos del exocarpo en cromoplastos; siendo la acumulación de azúcares en este tejido, durante la maduración el principal factor regulador de la coloración del fruto y por tanto, de la metamorfosis de los plastidios (Agusti, 2003). A los primeros 30 días en frigoconservación la variedad 'Marrs' presentó color verde en la fruta (IC = -14.3), mientras que las variedades 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' tenían colores amarillos-naranja (IC= 6.06) y amarillo (IC = 1.79) respectivamente. Los frutos que mayor degradación de pigmentos presentaron diariamente, fueron los de la variedad 'Marrs' (0.47), seguido por 'Valencia Late' (0.2) y 'Valencia Selección 8' (0.06). A los 60 días en frigoconservación el color de los frutos se mantuvo con valores semejantes al primer mes en ambas variedades. Kluge *et al.*, (2003) menciona que el cambio ligero en el color de los frutos se encuentra relacionados con que la baja velocidad de las reacciones metabólicas son dependientes de las temperaturas de almacenamiento, es decir mientras más baja sea la temperatura, menor es la actividad metabólica. Estos cambios en la coloración fueron ligeros aun cuando los frutos fueron expuestos a temperaturas de comercialización por 8 días después de los 30 y 60 días de frigoconservación.

En general el tiempo de frigoconservación tuvo un aumento sobre el contenido de SST en la variedad 'Valencia Selección 8', no así en 'Marrs' y 'Valencia Late'. Sin embargo se presenta un comportamiento similar en todas las variedades al incrementar el contenido de SST en el jugo conforme aumentan los días de evaluación. El contenido de azúcar puede mostrar un aumento inicial en el almacenamiento como resultado del metabolismo de los polisacáridos de la pared celular (Biolatto *et al.*, 2005). Al momento de la cosecha las variedades 'Valencia' presentaron los niveles más elevados de SST en comparación con 'Marrs'. A los 30 días de frigoconservación los contenidos de SST en la variedad 'Valencia Late' fue de 13°Brix, seguida de la 'Valencia Selección 8' con 11.8°Brix y finalmente la 'Marrs' con 9.4°Brix, por lo que las naranjas de cosecha temprana presentaban menor dulzor en jugo con respecto a las otras dos cosechas. Ariza *et al.* (2010) determinó la calidad física y química de naranja 'Valencia' durante 11 meses de evaluación, encontrando un incremento superior de SST de diciembre a julio, que concuerda con los meses en que fue evaluada la naranja 'Valencia' y que presenta el mayor contenido de SST en la investigación. Con respecto a los 60 días en

frigoconservación las dos variedades 'Valencia' presentaron contenidos muy similares de SST en jugo con un valor promedio de 12.8°Brix. Durante el periodo de temperatura de comercialización, el incremento de SST fue de 1°Brix a los 8 días después de 30 días de frigoconservación en las dos variedades 'Valencia Late', pasando de 11 °Brix en promedio al momento de la cosecha hasta 12 °Brix. Este mismo contenido de SST se mantuvo en las naranjas 'Valencia Selección 8' que fueron evaluadas hasta los 60+4 y 60+8 días con valores máximos de 12.4°Brix.

Después de 30 días en frigoconservación la naranja 'Valencia Selección 8' (0.66 mg de ácido cítrico / 100 ml de jugo) presentó los niveles más bajos de acidez en jugo, seguido por 'Marrs' (0.7 mg de ácido cítrico / 100 mL de jugo) y 'Valencia Late' (0.9 mg de ácido cítrico / 100 ml de jugo), lo que concuerda con los niveles de acidez que reporta Ariza *et al.* (2010) para naranja 'Valencia'. Con respecto a los 60 días en frigoconservación la acidez en el jugo también fue más elevada en las naranjas de cosecha intermedia y más baja en las de cosecha tardía.

La exposición de los frutos a temperatura de comercialización los 30+ 8 días los niveles de acidez en jugo aumentaron en 'Marrs' y disminuyeron en 'Valencia Late', mientras que en 'Valencia Selección 8' se mantuvieron constantes y sin una tendencia clara ni a los 60+4 y 60+8 días. Orduz-Rodríguez *et al.*, (2011) menciona que para la obtención de frutos de buena calidad para el consumo es más importante el descenso de la acidez titulable que la concentración de sólidos solubles totales, relación que no se presentó como se mencionó anteriormente. Esto puede estar relacionado a que el contenido de la acidez está influenciado por la temperatura en campo (o acumulación de unidades calor) (Davies *et al.*, 1974) y a que cuanto más alto es el régimen térmico día / noche, más baja es la concentración de ácidos.

La relación SST/acidez se ha aplicado como índice de madurez o calidad en frutos cítricos (Burton, 1992), el contenido de ambas variables determina el sabor del jugo de los frutos, Rodríguez *et al.* (2007) menciona que en cítricos esta relación aumenta durante la postcosecha llegando a alcanzar su límite con un estado de senescencia avanzado. Después de 30 días en frigoconservación la variedad que mayor índice de madurez presentó fue la 'Valencia Late' (19.5), después 'Valencia Selección 8' (18.4) y

finalmente 'Marrs' (14.3), siendo esta última la que presentó un sabor más insípido debido a que la cantidad de SST fue la más baja de todas las variedades y además el contenido de acidez fue elevado. A los 60 días en frigoconservación los frutos de 'Valencia Selección 8' presentaron una relación SST/acidez de 19.6, mientras que los frutos de 'Valencia Late' presentaron un 12.7 de índice de madurez.

Durante la temperatura de comercialización, el comportamiento del índice de madurez se incrementó a los 30+4 y 30+8 días en la variedad 'Valencia Selección 8' y disminuyó en la 'Valencia Late' como consecuencia de un aumento en los valores de acidez en jugo. A los 60+4 y 60+8 días en las naranjas de cosecha tardía el índice de madurez se mantuvo con valores similares entre sí. De acuerdo con Jordan *et al.*, (2001) la relación SST/AT se ha utilizado en California para determinar el nivel mínimo de madurez necesario para ser cosechada la naranja, pero esta medida no siempre correlaciona bien la percepción del dulzor o acidez en la fruta y si sumamos un comportamiento irregular a través del tiempo como se presentó en la investigación se hace más complicado. Este mismo autor encontró que los azúcares y los ácidos orgánicos tienen un efecto contrario en el sabor y después de un análisis sensorial pudo detectar que la lengua es más sensible a la acidez.

En cuanto al contenido de ácido ascórbico o vitamina C, la variedad que mayor cantidad presentó fue 'Marrs' (96.7 mg ácido ascórbico/100 mL de jugo), seguida de 'Valencia Late' (47.8 mg ac. ascórbico/100 mL de jugo), y finalmente 'Valencia Selección 8' (42.1 mg ac. Ascórbico/100 mL de jugo), esto durante los primeros 30 días de frigoconservación. Después de 60 días de frigoconservación se presentó una relación inversa en el comportamiento de la vitamina C en el jugo debido a que la variedad 'Valencia Late' presentó un aumento del 11% en la concentración de ácido ascórbico y la 'Valencia Selección 8' presentó una pérdida de hasta el 53% en la concentración de ácido ascórbico, esta misma tendencia se mantuvo en ambas variedades durante los días que se simuló tiempo de comercialización 30+4, 30+8, 60+4 y 60+8. La degradación de la vitamina C se encuentra relacionado con un efecto de oxidación del ácido ascórbico para formar ácido mono dehidroascórbico, entre otros productos, este cambio provoca pérdidas en la actividad biológica de la vitamina C, siendo los principales factores de este

cambio la concentración de oxígeno en el ambiente, pH, temperatura y grado de madurez de los frutos (Beltiz y Grosh, 1997).

Los días de frigoconservación acrecentó la acumulación de volátiles como etanol y acetaldehído en las tres variedades estudiadas. A los 30 días de frigoconservación la acumulación de etanol fue mayor en los frutos de la variedad 'Marrs' (35%) en comparación con las variedades 'Valencia Late' (27%) y 'Valencia Selección 8' (9%), en comparación con sus valores iniciales. Mientras que a los 60 días de frigoconservación, la mayor acumulación de etanol se presentó en los frutos de la variedad 'Valencia Late' (73%) en comparación con la variedad 'Valencia Selección 8' (7%) con respecto al valor inicial. El contenido etanol en jugo cítrico está en función de la variedad, su grado de madurez, espesor del recubrimiento céreo, y la duración y temperatura de almacenaje (Norman, 1977). Martínez-Jávega *et al.* (1992) observaron que durante el almacenamiento prolongado de mandarinas 'Fortune' (*C. reticulata* Blanco) a bajas temperaturas se producen importantes aumentos en el nivel de estos compuestos, coincidiendo con la manifestación de daños por frío. De acuerdo con Abad *et al.* (2003) mencionaron que a partir de una concentración de 150 mg de etanol / 100 ml de jugo en mandarina 'Miora' se presentan malos sabores en el jugo, mientras que en mandarina 'Clemenules' es a partir de 120 mg de etanol / 100 ml de jugo (Cáceres *et al.* 2003).

La exposición de los frutos de las variedades 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' a temperaturas de comercialización hasta por 8 días después de 30 días de frigoconservación, incrementó los niveles de etanol en el jugo en las dos variedades; la mayor acumulación de este compuesto se presentó en los frutos de la variedad 'Valencia Selección 8' al pasar de 64 mg de etanol / 100 mL de jugo en su valor inicial hasta valores a los 369 mg de etanol / 100 mL de jugo a los 30+8 días a temperatura de comercialización; esta variedad fue expuesta hasta los 60+8 días después de frigoconservación donde la acumulación de etanol continuo incrementándose hasta triplicarse (909 mg de etanol / 100 mL de jugo) los niveles de etanol en el jugo de los frutos. De acuerdo con Mercado-Silva *et al.* (1999) el frío estimula la producción de etileno en diversos vegetales los niveles de ACC, la actividad de la ACC sintasa y la producción de etileno permanecen bajos mientras los frutos se mantienen a bajas

temperaturas, pero se incrementan rápidamente al transferirlas a temperaturas más favorables.

La acumulación de acetaldehído aumentó durante la frigoconservación en las tres variedades estudiadas. A los 30 días de frigoconservación la variedad 'Valencia Late' presentó la acumulación más alta de acetaldehído en comparación con las otras variedades, al ser mayor 5 veces con respecto a su valor inicial. En las variedades 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8'. Conservadas hasta los 60 días, el promedio del nivel de acetaldehído fue de 20 mg de acetaldehído / 100 mL de jugo. Sin embargo el jugo de los frutos de la variedad 'Valencia Late' presento los mayores niveles de acetaldehído a los 30 días y estos disminuyeron cuando los frutos fueron llevados hasta los 60 días de frigoconservación; mientras que la 'Valencia Selección 8' presento niveles menores en el contenido de acetaldehído durante los primeros 30 días de frigoconservación, incrementando los niveles de este volátil a los 60 días de frigoconservación. En trabajos realizados por Meier *et al.*, (2004), en mandarina 'Murcott' almacenadas a 5°C el contenido de acetaldehído a los 30 días de almacenamiento fue de 1.2 mg de acetaldehído /100 mL de jugo aumentando los niveles de este volátil a los 60 días hasta 1.6 mg de acetaldehído / 100 mL de jugo; Las concentraciones de estos volátiles dependen sobre todo de la variedad (Abad *et al.*, 2003).

La exposición a temperatura de comercialización (20°C) en los frutos de las variedades 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' durante los 8 días después de 30 días de frigoconservación, aumentó los niveles de acetaldehído en el jugo en ambas variedades, manteniendo concentraciones semejantes. El contenido de volátiles como acetaldehído está en función entre otros factores de la variedad, su grado de madurez, y la duración y temperatura de almacenaje (Norman, 1977). Meier *et al.* (2004) encontraron en naranja 'Valencia Late' que la acumulación de acetaldehídos en el jugo fue mayor al exponer los frutos a temperatura de comercialización, ya que los frutos presentaron valores de 11.90 durante ppm durante los 30 días de almacenamiento a 5°C y estos valores aumentaron a 13.91 ppm durante los 30+7 días a temperatura de comercialización.

La variedad expuesta hasta los 60 días después de frigoconservación ('Valencia Selección 8') aumentó su contenido de acetaldehído (36 mg de acetaldehído / 100 mL

de jugo) al exponer los frutos 8 días a temperatura de comercialización después de 60 días en frigoconservación, por lo que la exposición a temperatura ambiente incrementó el contenido de acetaldehído en el jugo de los frutos; en estudios realizados en frutos de pomelo 'Star Ruby' almacenado durante 3 meses (4, 8 y 12°C) y expuesto a temperaturas de comercialización a 20°C, el contenido de acetaldehído presentó al inicio 0.3 mg acetaldehído/100mL de jugo cuando los frutos se encontraban en conservación a 4°C y aumento hasta 1.2 mg acetaldehído /100 mL durante la temperatura de comercialización a 20°C (Schirra, 1992).

El grado de severidad del daño por frío se incrementó en las variedades estudiadas, sin embargo estos fueron estadísticamente significativos en las variedades 'Marrs' y 'Valencia Selección 8' incipientes con un grado de severidad <2 caracterizado por oscurecimiento en las lenticelas durante los días de frigoconservación en la variedades dichos daños se incrementaron ligeramente durante el transcurso del tiempo. El riesgo de aparición de síntomas es mayor cuanto mayor sea el tiempo de permanencia en refrigeración y menor se la temperatura, como se presentó en las tres variedades de naranja evaluada, sin embargo, en algunas ocasiones, los síntomas no se hacen visibles mientras la fruta permanece en refrigeración, manifestándose solamente al traspasarlos a temperatura ambiente (Salvador *et al.*, 2007). En trabajos realizados en naranja 'Valencia' almacenadas a 2 y 6°C los daños por frío se aumentaron con el transcurso del tiempo (Rodríguez-Félix *et al.*, 2004).

La producción de etileno y la acumulación de etanol proporcionan una medida en la aparición de daño por frío antes de la aparición de los síntomas (Shirria, 1992), por lo que la incidencia de los daños por frío se relaciona con los niveles de etanol producido en las variedades estudiadas, sin embargo Salvador *et al.* (2007) señala otros factores como las bajas temperaturas y la susceptibilidad varietal son determinantes en la aparición de daños por frío. Los frutos recolectados a principio de temporada son en general más sensibles y al igual que los frutos más pequeños a los daños por frío, quizás por las mayores pérdidas de agua por transpiración que experimentan Salvador *et al.* (2007).

Durante el desarrollo de esta investigación se presentó otra alteración fisiológica llamada necrosis peripeduncular o stem end rind breakdown (SERB) en gran parte de los frutos de las variedades estudiadas, esta alteración fisiológica es producida por una desecación de los tejidos situados alrededor del pedúnculo. En su fase inicial queda un anillo de 2 a 5 mm sin dañar, y al ir avanzando, el área afectada se hunde y cambia de color hacia tonos marrones. La alteración puede estar provocada por un desequilibrio nutricional, que involucra al nitrógeno y fósforo, y que se desarrolla durante el almacenamiento cuando hay condiciones propicias para la deshidratación (Martínez- Jávega *et al.*, 1992; Ritenour y Huating, 2012).

La aplicación de temperaturas de acondicionamiento (10°C/ 4 días + 7°C/ 3 días) previo a la frigoconservación provocó efectos en la calidad externa e interna de las variedades 'Marrs', 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8'. La pérdida de peso en frutos con acondicionamiento previo varió de 4.9% en 'Valencia Late' a 7.4% en 'Marrs', en tanto que cuando no se aplicó dicho tratamiento varió de 7.9% en 'Marrs' a 5.9% en 'Valencia Late'. El acondicionamiento previo a la frigoconservación tuvo un efecto sobre el color de la naranja en las tres variedades, al presentar un cambio en el Índice de color de los frutos (de verde a amarillo-naranja), mientras que los frutos que fueron frigoconservados directamente presentaron una mayor degradación del pigmento. Artes (2000) ha sugerido que en postcosecha los cítricos presentan una biosíntesis de pequeñas cantidades de etileno (C₂H₄), lo que favorece el proceso de senescencia, provocando un aumento en la actividad respiratoria que se encuentra en función de la temperatura, favoreciendo con esto la pérdida de clorofila como sucedió en la fruta que no fue acondicionada.

El contenido de sólidos solubles, acidez titulable e índice de madurez no fue modificado por las temperaturas de acondicionamiento en las tres variedades estudiadas, al presentar valores similares en los frutos que fueron frigoconservados directamente. De igual forma el tratamiento de encerado en los frutos previo a la frigoconservación tampoco presentó un efecto en las tres variables evaluadas. Los resultados coinciden con lo reportado por Obenland *et al.*(2008) en naranja 'Navel' almacenada durante 3 y 6 semanas a 5°C seguido por 4 días a 13°C y 3 días a 20°C en donde el contenido de jugo,

los SST y la ácido cítrico no tuvieron cambios como resultado de cualquiera de los tratamientos; caso similar se presentó en dos variedades de mandarina 'W. Murcott' y 'Owari' almacenadas por 3 y 6 semanas a 0°C, 4°C y 8°C seguido de una semana a 20°C donde los compuestos volátiles del aroma y los SST no jugaron un papel importante en el sabor del jugo ya que no se presentaron diferencias significativas en las concentraciones de los compuestos, solamente una disminución del ácido cítrico que se asoció con un mejor sabor (Obenland *et al.*, 2011); Domínguez *et al.*(2003) evaluó en limón mexicano el usos de recubrimientos naturales a temperaturas de 7 y 10 °C de almacenamiento, no encontrando diferencias significativas que puedan atribuirse al efecto de los tratamientos en el contenido de SST y ácido cítrico determinado en todas las muestras a lo largo del almacenamiento.

El tratamiento de acondicionamiento aumento el contenido de volátiles solo en la variedad 'Marrs' comparado con los frutos que no fueron tratados, Davis *et al.* (1974) determinaron que el encerado de los frutos y su almacenado a altas temperaturas provocan un incremento de etanol en jugo y de dióxido de carbono, además de una reducción en el oxígeno interno. En los frutos que fueron acondicionados de las variedades 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8' el contenido de etanol fue menor en comparación con los frutos no tratados. La aplicación de temperaturas de acondicionamiento evitan alteraciones en la membrana celular, reducen la velocidad de respiración (Sapitnitskaya *et al.*, 2006), lo que se ve reflejado en la disminución de volátiles.

El grado de severidad del daño por frío fue menor con la aplicación de temperaturas de acondicionamiento en las tres variedades, ya que presentaron un grado mayor de severidad menor a 2. Se ha encontrado en diversas investigaciones que el acondicionamiento a moderadas temperaturas de 17 a 10 °C) previo al almacenamiento frigorífico aumenta la resistencia al frío. Esto puede relacionarse en algunos frutos con un aumento de los ácidos grasos insaturados, ácido abscísico, escualeno o poliaminas. Se ha utilizado con éxito en pomelos, limas y limones (Salvador *et al.*, 2007).

La aplicación de emulsiones de cera disminuyó la pérdida de peso en las tres variedades estudiadas, sin embargo la menor pérdida de peso se presentó en los frutos de las

variedades 'Valencia Late' (5%) en comparación con las variedades 'Valencia Selección 8' (6%) y 'Marrs' (7%). El empleo de ceras en la superficie del fruto para mejorar su apariencia y reducir las pérdidas de pesos se encuentra ampliamente difundido (Martínez- Jávega y Cuquerella, 1984). En naranja 'Valencia' producida en el noroeste de México se encontró que la aplicación de cera disminuyó la pérdida de peso y la incidencia de pudriciones cuando la fruta fue almacenada a 2°C y 6°C durante cinco a seis semanas, en comparación con las frutas sin aplicación de cera (Rodríguez *et al.*, 2007).

La aplicación de emulsiones de cera en los frutos previo a la frigoconservación no presentó un efecto sobre el cambio de color en el flavedo de los frutos en ninguna de las tres variedades evaluadas, debido a que el encerado de conservación (10 – 12 % SS) sirve para mantener el peso, la firmeza y las propiedades organolépticas, no siendo necesario, en general, para mejorar el color del fruto (Álvarez, 2012). Los resultados concuerdan con los reportados por Fortiz *et al.*, (2011) en naranja 'Valencia' tratados con cera comercial y con quitosano y almacenados a 4°C por 8 semanas + 6 días a 20°C, en donde los frutos no presentaron cambios significativos de color en el flavedo, también Domínguez *et al.*(2003) en 'Limón mexicano' evaluó el usos de recubrimientos naturales a temperaturas de 7 y 10 °C de almacenamiento, no encontrando una combinación optima de ambos tratamientos sobre la conservación de color en el fruto.

La aplicación de recubrimientos de cera incremento el contenido de volátiles como etanol y acetaldehído en el jugo de las tres variedades estudias. El contenido de etanol fue mayor en la variedad 'Valencia Selección 8' (508 mg de etanol / 100 mL de jugo) en comparación con las otras variedades 'Marrs' (410 mg de etanol / 100 mL de jugo) y 'Valencia Late' (158 mg de etanol / 100 mL de jugo); mientras que el mayor contenido de acetaldehído se presentó en la variedad 'Valencia Late' (28 mg de acetaldehído / 100 mL de jugo) en comparación con la variedad 'Valencia Selección 8' (26 mg de acetaldehído / 100 mL de jugo) y 'Marrs' (25 mg de acetaldehído / 100 mL de jugo). En mandarina 'Clemenules' se aplicaron cinco tipos de cera y se encontró que el contenido de etanol y acetaldehído se incrementó en los frutos a los que les fue aplicado los tipos de cera, al incrementar el contenido de ambos volátiles (2 mg acetaldehído /100 mL jugo y 120 mg

etanol /100 mL jugo) casi al doble comprado con los testigos, sin embargo no se presentaron malos sabores con ninguna de las ceras aplicadas (Caceres *et al.*, 2003).

La aplicación de emulsiones de cera disminuyó los daños por frío en los frutos de las variedades 'Marrs', 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8'. Domínguez *et al.* (2003) encontraron que la aplicación ceras y las temperaturas de almacenamiento de 7 y 10°C en 'Limón mexicano', no sólo disminuyeron la pérdida de peso sino que disminuyó la incidencia de daños por frío. Los recubrimientos céreos, o con aceites vegetales o mineras, o con silicón y los envases suelen resultar muy efectivos para evitar los daños por frío, al limitar los intercambios gaseoso y retrasar la deshidratación (Wang, 1993).

La aplicación de emulsiones de cera en los frutos de las variedades estudiadas aumento la acumulación de etanol durante los días de frigoconservación, ya que los frutos encerados presentaron niveles más altos de etanol en comparación con los frutos que no fueron encerados; presentándose en la variedad 'Valencia Selección 8' la mayor acumulación comparado con la variedad 'Marrs' y 'Valencia Late'. En naranja 'Valencia' almacenada a 5°C + 1 semana a 20°C la acumulación de etanol aumento considerablemente en frutos que fueron encerados al presentar 111 mg de etanol/100 mL de etanol esto comparado con los frutos que no fueron encerados (82 mg de etanol /100 mL) (Contreras-Oliva *et al.*, 2012). Obeland *et al.* (2011) encontró diferencias significativas en la acumulación de etanol aumentando en los frutos que fueron encerados y que estuvieron expuesto durante tiempos mayores de frigoconservación.

8. CONCLUSIONES

La frigoconservación de frutos de naranja (5°C por 30 días) causó una pérdida de peso entre 4.0% y 6.9% en las variedades estudiadas 'Marrs', 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8'; siendo 'Marrs' la variedad más propensa a la pérdida de peso al perder 6.9% en los primeros 30 días de frigoconservación. Mientras que las variedades expuestas hasta 2 meses de frigoconservación tuvieron pérdidas similares. La acumulación de volátiles aumento durante los días de frigoconservación; presentándose los niveles más altos en la variedad 'Marrs', resultado ser esta variedad la que mayor sensibilidad presento al daño frío. Las variables de calidad interna en los frutos no fueron afectados por los días de frigoconservación en las variedades estudiadas.

La aplicación de emulsiones de cera disminuyó la pérdida de peso y controló la aparición de los daños por frío; sin embargo la aplicación de cera incrementó la acumulación de volátiles como etanol y acetaldehído, presentándose en la variedad 'Valencia' los niveles más altos. Nuevamente la calidad interna no fue afectada por aplicación de emulsiones de cera.

La aplicación de temperaturas de acondicionamiento (10°C/ 4 días + 7°C/ 3 días) disminuyo la pérdida de peso; mientras que la degradación de clorofila fue mayor en la variedad 'Marrs'. Se presentó menor perdida en el contenido de ácido ascórbico en las tres variedades. La acumulación de volátiles fue controlada con la aplicación de temperaturas de acondicionamiento en la variedad 'Valencia Late' y 'Valencia Selección 8', sin embrago en la variedad 'Marrs' presento niveles considerables de etanol.

9. LITERATURA CITADA

- Abad I., J.M. Martínez-Jávega, A. Salvador, P. Navarro 2003. Aplicación de frío a nuevas variedades de mandarinas y naranjas. Levante Agrícola, especial postcosecha.
- Agustí M. 2003. Citricultura. 2a. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 422 p.
- Allen D., J. and D. Ort R. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm climate plants. Trends in Plant Science. 6:36-42.
- Álvarez Q., R.M. 2012. Formulación de un recubrimiento comestible para frutas cítricas, estudio de su impacto mediante aproximación metabólica y evaluación de la calidad postcosecha. Tesis Doctoral. Universidad de Antioquia. Medellín Colombia. pp:19.
- Amoros C., M. 2003. Producción de Agrios. 3a. Ed. Mundi-Prensa. España. 352p.
- AOAC. 1984. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 13 th. Ed. Arlington, V. 1023p.
- AOAC. 1988. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 14 th. Ed. Arlington, V. 1023p.
- Ariza F., R., A. Tejacal I., M. Beltán N., R. Cervantes A., A. Alonso L., A. Ayala B., y F. Moreno B. 2010. Calidad de los frutos de naranja 'Valencia' en Morelos, México. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 2:148-153.
- Artés F. 1987. Refrigeración y comercialización hortofrutícolas en la región de Murcia. II Edición. Ed. CEBAS-CSIC. 150 p.
- Artés F. 2000. Tratamientos alternativos para preservar mejor la calidad de los cítricos refrigerados. Levante agrícola. Especial postcosecha. 39:229-237.
- Belitz H.,D. y W. Grosch. 1997. Química de los Alimentos. 2ª. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 567 p.
- Biolatto A., D. Vazquez E., A. Sancho M., F. Carduza J. and N. Pensel A. 2005. Effect of commercial conditioning and cold quarantine storage treatments on fruit quality of 'Rouge Toma' grapefruit (Citrus paradisi Macf.). Postharvest Biology and Technology. 35:167-176.
- Bradfield E., Spencer D. 1965. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops: Determination on manganese, zinc and copper by atomic absorption spectroscopy. Journal Sencie Food Agronomy. 16: 33-38.

- Bremmer, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Black CA (Ed.). Methods of soil analysis. Madison ASA, pt. 2, p. 1.149-1.176
- Burton W., G. 1992. Post- Harvest physiology of food crops. UNSW Press. USA. 352p.
- Cáceres I., J.M. Martínez-Jávega, J. Cuquerella, M. A. Río. y P. Navarro. 2003. Influencia del encerado en la calidad de la mandarina 'Clemenules' procedentes de sistemas de producción integrada. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 5:113-116.
- Canalon P., F. 1994. Changes in the saccharide composition of citrus juice and anatomical fractions during fruit maturation. Proceedings of the Florida society. 107:253-256.
- Carmona L., L. Zacarías y M. J. Rodrigo. 2007. Efecto de la temperatura de conservación en la síntesis y acumulación de carotenoides en frutos cítricos. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. Pp:1-9.
- Codex Alimentarius. 2008. CODEX STAN 245. Norma del Codex para Naranja. En línea: <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>. Junio 4, 2009.
- Contreras-Oliva A., M.B. Pérez-Gago, A. Salvador, A. Bermejo y C. Rojas-Argudo. 2012. Calidad fisicoquímica, sensorial y nutricional de naranjas cv. Valencia recubiertas con quitosano. Agrociencia. 46: 441-453.
- Curti-Díaz S., A. Díaz-Zorrilla U., X. Loredó-Salazar, J. A. Sandoval R., L. L. Pastrana-Aponte y M. Rodríguez-Cuevas C. 1998. Manual de producción de naranja para Veracruz y Tabasco. Libro Técnico No. 2. CIRGOC-INIFAP-SAGARPA. 175 p.
- Davis P.L., R. Hofmann C. and T. Hatton T. 1974. Temperature and duration of storage on ethanol content of citrus fruits. HortScience. 4: 376-377.
- Davies F., S. and L. Albrigo G. 1994. Citrus. CAB International, Wallingford, U.K. 254 p.
- Del Río M. A., J. M. Martínez-Jávega, P. Navarro y J. Cuquerella. 1999. Recubrimientos para la comercialización de frutos cítricos. Tendencias Actuales. Levante Agrícola. Especial de postcosecha. 348:301-311.
- Domínguez E., V. Cortés, R.M. Avila, L. Olvera, J. Vernon, E. Bosques y J. Domínguez 2003. Aumento de la vida postcosecha del 'Limón mexicano' (*Citrus aurantifolia* Swingle) producido en Apatzingán; Mich., mediante el uso de recubrimientos naturales a diferentes temperaturas de almacenamiento. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 5:128-133.

Fonseca S., F.Oliverira, I. Lino, J. Brecht and K. Chau. 2000. Modelling O² and CO² exchanges for development of perforation mediated modified atmosphere packing. *Journal of food engineering*.43:9-15.

Fortiz H.,J., J. Ruiz M. y A. Rodríguez F. 2011. Efecto de recubrimiento con quitosano y cera comercial en la calidad de naranja 'Valencia' durante el almacenamiento. *Coordinación de tecnología de alimentos de origen vegetal. Centro de investigación en alimentación y desarrollo*. 2:64-174.

Franco G., I., C. Saucedo V., S. H. Chávez F., Ma. T. Colinas L. y J. Suarez E. 2012.Efectividad del encerado y metiljasmonato en el control de daños por frío asociados al tratamiento de cuarentena por frío en pomelos 'Rio red'. *Revista iberoamericana de tecnología postcosecha*.13:146-152.

González-Aguilar G., A., L. Zacarias, M. Pérez-Amador, J. Carbonell and M. T. La Fuente. 2000. Polyamine content and chilling susceptibility are affected by seasonal changes in temperature and by conditioning temperature in cold-stored 'Fortune' mandarin. *Physiology and Plant*. 108:140-146.

Gross J. 1987. *Pigments in fruits*. Academic Press. London.

Gross K., C.Y Wang and M.E. Saltveit. 2002. The commercial storage of fruit, vegetables and florist and nursery crops. *Agriculture Handbook*. Beltsville. Pp:672.

Guadarrama A. 2001. Fisiología postcosecha de frutos. *Revista de la facultad de agronomía (UCV) Alcance*. 61:139 p.

Guadarrama A. y Y. Peña. 2013. Actividad respiratoria vs. variaciones físicas y químicas en la maduración de frutos de naranjita china (*Citrus x microcarpa* Bunge). *Bioagro*. 25:1316-3361.

Guerra, F. 1996. Tecnología post-cosecha de frutos cítricos. Curso integral de citricultura. Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical. pp:242-257.

Henriod R.E. 2006. Postharvest characteristics of navel oranges following high humidity and low temperature storage and transport. *Postharvest biology and technology*. 42: 57-64.

Hulme A.C. 1971. The citrus In: Hulme, A.C. (ed.).*The biochemistry of fruits and their products*. Academic press London and New York. pp: 69-107.

Jímenez-Cuesta M., J. Cuquerella and J. M. Martínez-Jávega. 1981. Determination of a color index for citrus fruit degreening. In *Proceeding of the International Society of Citriculture*. 2:750-753.

- Jordan R., R. Seelye and A. McGlone. 2001. A sensory-based alternative to brix/acid ratio. *Food Technology*. 6:36-44.
- Kader A.,A. 2003. A perspective on postharvest horticulture (1978-2003). *HortScience*. 38:1004-1008.
- Kluge R., A., L.L. Maria- Jomori, A.P. Jacomino, D.V. Maria-Carolina and M. Padula 2003b. Intermittent warming in "Tahiti" lime treated with an ethylene inhibitor. *Postharvest Biol. Technol.*, 29:195- 203.
- Ladaniya M.,S. 2008. Citrus fruit biology technology and evaluation. Academic press is an imprint of elsevier. pp: 79-102.
- Ligor M. and Buszewski B. 2003. Study of VOC distribution in cintrus fruit by chromatographic analysis. *Analytical and bioanalytical chemistry*. 376:668-672.
- Liu F.,W. 1992. Sistemas de almacenamiento para productos hortícolas. *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Ed. Limusa, México. Pp: 103-107.
- Luchisinger L. 1999. Exigencias cuarentenarias para exportación de frutos tropicales y subtropicales. 5 pp.
- Lurie S. and C. Crisosto. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology Technolohy*. 37:195-208.
- Lyons J.M. 1973. Chilling Injury in plants. *Plant Physiology*. 24:455-466.
- Lyons J.M., D Graham. and J.K Raison. 1979. Low temperature stress in crop plants: the role of the membrane. Academic Press, New York. 565p.
- Magaña W., M. Balbín I., J. Corrales, A. Rodríguez, C. Saucedo, E.Cañizares y E. Sauri . 2004. Efecto de la frigoconservación en el comportamiento fisiológico de frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth). *Cultivos Tropicales*, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 25:33-39.
- Markhart A.,H. 1986. Chilling injury: a review of possible causes. *HortScience*. 21:1329-1333.
- Martínez-Jávega J.M. 1996. Manejo del frío: conservación y transporte de frutos cítricos. 1° Reunión Internacional de Postcosecha y Mercados Cítricos. FAO-RIAC. Concordia Argentina.:73:81
- Martínez-Jávega J.M. 1999.Tendencias actuales de la frigoconservación de frutos. *Fruticultura profesional*.102:58-60.

Martínez-Jávega J.M. 2002.Estado actual de las aplicaciones del frío en la postcosecha de cítricos. Actas del I Congreso Español de Ciencias y Técnicas del Frío, CYTEF'2002: Avances en Ciencias y Técnicas del Frío-I. Eds. López, A., Esnoz, A., Artes. 84-95781-17-4:433-442.

Martínez-Jávega J.M. and J. Cuquerella.1984.Factors affecting cold storages of spanish oranges and mandarines. Proceeding International Society Citriculture.1:511-514

Martínez-Jávega J.M, M.A. Del Río, M. Mateos and C. Saucedo V. 1992. Influence of storage temperature and coating on the keeping quality of 'Fortune' mandarins. International Society Citriculture. 3:1102-1103.

Martínez-Jávega J.M., P. Navarro, A. Salvador, A. Monterde y J. Cuquerella.2004. Optimización del manejo de 'Clementinas' tempranas con vistas a la exportación a Japón. Actas del IV Simposio Ibérico, Maduración y Postcosecha. Oeiras, Portugal. Pp:285-290

Meier G.E., Ponte E. y D. Vazquez E. 2004. Contenido de acetaldehído y etanol en naranjas y mandarinas durante la postcosecha. Revista de Investigaciones Agropecuarias.33:135-150.

Mercado-Silva E., L. Regalado-Contreras, P. Benito-Bautista y L. Conejo-Juarez. 1999. Avances en el tratamiento del daño por frío en frutas de Guayaba (*Psidium guajava*). Facultad de Quimica. Universidad Autonoma de Queretaro. Pp: 10-18.

Morris L.L. 1982. Chilling injury of horticultural crops: An overview. HortScience.17:161-162.

Muayed A. and Bushra F. 2002. Respiration rate, ethylene production and biochemical changes during fruit development and maturation of jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk). Journal of the Science of Food and Agriculture. 82:1472-1476.

Muñoz L. A. A., C. Saucedo V., C. García O. y M. Robles G. 2011. Evaluación de la calidad y tiempo de almacenamiento del fruto de tres variedades de 'limón mexicano'. Revista iberoamericana de tecnología postcosecha. 12:156-163.

Norman S.,M. 1977. The role of volatiles in storage of citrus fruits. Proceeding International Society of Citriculture, 1: 238-242.

Obenland M., D. L. Aung H., D. Bridges L. and B. Mackey E. 2003. Volatile emissions of 'Navel' oranges as predictors of freeze damage. Journal of Agriculture Food Chemistry.51: 3367-3371.

Obenland D., S. Collin, J. Sievert, K. Fjeld, J. Doctor and M.L. Arpaia. 2008. Commercial packing and storage of navel oranges alters aroma volatiles and reduces flavor quality. *Postharvest Biology and Technology*. 47:159-167.

Obeland D., S Collin., B Mackey, J. Sievert, and M. L. Arpaia. 2011. Storage temperature and time influences sensory quality of mandarins by altering soluble solids, acidity and aroma volatile composition, *Postharvest Biology and Technology* 59:187-193.

Olsen S, Cole C., Watanabe F., and Dean L. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA.

Ordúz-Rodríguez J., O., S. Castiblanco, C. Calderón y H. Velásquez. 2011. Potencial de rendimiento y calidad de 13 variedades e híbridos comerciales de cítricos en condiciones del piedemonte llanero de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 5:171-185.

Palacios J. 1978. *Citricultura moderna*. Ed. 1ª. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 409p.

Palacios J. 2005. *Citricultura*. Ed. 1a. Alfa Beta S.A. Tucumán, Argentina. 518p.

Pérez b., e. bringas, I. cruz y r. b. sañudo. 2005. Evaluación de cera comestible en mango 'Tommy Atkins' destinado a la conservación para el turismo parte I: efecto en las características físico-químicas. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*. 7:24-32.

Ritenour M.,A. and D. Huating. 2012. Stem-end rind breakdown of citrus fruit this document is HS936, one of a series of the Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida.

Rodríguez-Félix A., M.A. Villegas-Ochoa, G.A. Camarena-Gómez, B.R. Martínez-Antúnez. 2001. Calidad de naranja 'Valencia' durante el almacenamiento abaja temperatura. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 7(2): 259-274

Rodríguez R., E., S. Hernández M. and R. Díaz. 2007. *Food Chemistry*. Spain. 106:1046-1056.

Royo C. 2010. Respuesta de los frutos cítricos a las bajas temperaturas: estudio mediante micromatrices. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de biotecnología. Valencia.

Saltveit M.E. and L.L Morris. 1990. Overview on chilling injury of horticultural crops. ed C.Y. Wang. *Chilling Injury of Horticultural Crops*. CRC Press, Florida. Pp:3-15.

Salvador A., P. Navarro y J.M. Martínez-Jávega. 2007. Tecnología postcosecha de cítricos. XI Simposium Internacional de Citricultura. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Centro de Tecnología Postcosecha. Moncada, Valencia.

Salvador A., J. Cuquerella y A. Monterde. 2003. Efecto del quitosano aplicado como recubrimiento en mandarinas 'Fortune'. *Revista Iberoamericana tecnología postcosecha*. 5:122-127

Sapitnitskaya M., P. Maul, G.T. McCollum, L.G. Charles, W. Batia, S. Alon, and R. Porat. 2006. Postharvest heat and conditioning treatments activate different molecular responses and reduce chilling injuries in grapefruit. *Food Science and Technology*. 57:2943-2953.

Schirra M. 1992. Behaviour of 'Star Ruby' grapefruits under chilling and non-chilling storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 2:315-327.

Schirra M. and H. Cohen. 1999. Long-term storage of 'Olinda' oranges under chilling and intermittent warming temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. 16:33-69

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/sanluispotosi/boletines/Paginas/BOL1301112.aspx>

Segura M., C. 1983. El mercado de la naranja en México. Tesis. Departamento de Economía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Sistema de Información de Atención Primaria (SIAP). 2012. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

Soler A., J. y G. Soler F. 2006. Cítricos Variedades y técnicas de cultivo. Mundi-Prensa Libros S.A. 242p.

Terdwongworakul A., A. Puangsombat y S. Pathaveerat. 2009. Qualitative and Quantitative evaluation of pomelo maturity using multivariate combination of chemical and physical properties. *Food Science and Technology*. 40:584-605.

Upchurch R., G. 2008. Fatty acid unsaturation, mobilization, and regulation in the response of plants to stress. *Biotechnology letters*. 30:967-977.

USDA (2007) National nutrient database for standard reference. Release 20 Nutrient List. <http://www.ars.usda.gov/main/main.htm>

Vázquez D., E. Meier G. y J. Dalmazo J. 2002. Efectos del tratamiento por cuarentena por frío en la calidad del pomelo 'Star Rubi'. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 31:1-8.

Vázquez D. y J.M. Martínez-Jévega. 1999. Determinación de parámetros reaccionado con la sensibilidades al frío de frutos cítricos. Revista Fruticultura Profesional. 100:60-72.

Vázquez D., E., G. Meier E. y M .Ponte. 2003. Comportamiento post-cosecha de frutos de mandarina nova en almacenamiento frigorífico prolongado. Revista Iberoamericana de Tecnología en Postcosecha.1:16-25.

Wang C. 1982. Physiological and Biochemical responses of plants to chilling stress. HortScience.17:13-186.

Wang C.1993. Approaches to reduce chilling injury of fruits and vegetables. Horticultural Review. 5:63-95.

Luchisinger L. 1999. Exigencias cuarentenarias para exportación de frutos tropicales y subtropicales. 5 p.

10. ANEXOS

Cuadro A1. Análisis iniciales en variedad de naranjo 'Marrs' evaluada en 2012 en experimento I.

'MARRS'	
Índice de color	-16.2
Solidos solubles totales (SST)	8.8
Acidez titulable (AT)	0.32
Vitamina C	88.0
Índice de madurez	30.1
Índice tecnológico	3.5
Etanol	119
Acetaldehído	8.2
Análisis nutrimental	Fosforo (P) 0.32 %, Hierro (Fe) 0.25%, Potasio (K) 0.19%, Manganeso (Mn) 0.14%, Calcio (Ca) 0.14%, Magnesio (Mg) 0.13% y Nitrógeno 2.34%.

Cuadro A2. Análisis iniciales en frutos de naranjo 'Valencia Late' evaluados en 2013 en experimento II

'VALENCIA LATE'	
Índice de color	5.0
Solidos solubles totales (SST)	11.8
Ácido cítrico	0.87
Ácido ascórbico	47.8
Índice de madurez	13.5
Índice tecnológico	6.1
Etanol	233
Acetaldehído	9.41

Cuadro A3. Análisis inicial en frutos de naranja ‘Valencia Selección 8’ durante el 2013 en experimento III.

‘VALENCIA SELECCIÓN 8’	
Indicé de color	0.25
Solidos solubles totales (SST)	11.9
Acidez titulable (AT)	0.66
Vitamina C	56.5
Índice de madurez	18.1
Índice tecnológico	7.1
Etanol	643
Acetaldehído	21.1

Cuadro A4. Grados de libertad y valores P del análisis de varianza en el experimento I en frutos de Naranja ‘Marrs’

Fuente ^z	GL ^y	Variables ^x									
		PP	COLOR	IT	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE	DF
D	2	0.002	0.0003	0.994	0.14	0.17	0.044	0.28	<.0001	0.15	0.0002
A	1	0.14	<.0001	0.603	<.0001	0.78	0.92	0.19	0.042	0.64	0.91
C	1	0.002	0.19	0.845	0.09	0.29	0.16	0.14	<.0001	0.27	0.56
D*A	2	0.99	0.30	0.855	0.60	0.06	0.12	0.43	0.294	0.61	0.95
D*C	2	1.00	0.81	0.326	0.83	0.63	0.76	0.69	0.05	0.84	0.68
A*C	1	0.09	0.90	0.700	0.70	0.78	0.46	0.38	0.006	0.96	0.91
D*A*C	2	0.93	0.66	0.586	0.22	0.38	0.76	0.28	0.02	0.46	0.80

^z Fuentes de variación: D: Días, A: Acondicionamiento; C=encerado. ^y GL = Grados de libertad. ^x PP: pérdida de peso. IT: índice tecnológico. SST: solidos solubles totales. AC: ácido cítrico. IM: índice de madurez. AA: ácido cítrico o vitamina C. ETA: etanol. ACE: acetaldehído. DF: grado de severidad del daño por frío

Cuadro A5. Grados de libertad y valores P del análisis de varianza en el experimento II en frutos de Naranja 'Valencia'.

Fuente ^z	GL ^y	Variables ^x									
		PP	COLOR	IT	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE	DF
D	3	<.0001	0.002	0.094	0.456	0.000	0.152	<.0001	0.000	<.0001	0.309
A	1	<.0001	0.001	0.993	0.125	0.235	0.317	0.000	0.419	<.0001	0.567
C	1	<.0001	0.739	0.085	0.047	0.705	0.137	0.697	0.004	0.092	0.341
D*A	3	0.896	<.0001	0.027	0.001	0.467	0.412	0.004	<.0001	<.0001	0.804
D*C	3	0.706	0.578	0.441	0.073	0.763	0.193	0.647	0.019	0.152	0.940
A*C	1	0.366	0.037	0.638	0.299	0.467	0.502	0.451	0.684	0.044	0.849
D*A*C	3	0.980	0.489	0.367	0.375	0.424	0.384	0.771	0.002	0.012	0.389

^z Fuentes de variación: D: Días, A: Acondicionamiento; C=encerado. ^y GL = Grados de libertad. ^x PP: pérdida de peso. IT: índice tecnológico. SST: solidos solubles totales. AC: ácido cítrico. IM: índice de madurez. AA: ácido cítrico o vitamina C. ETA: etanol. ACE: acetaldehído. DF: grado de severidad del daño por frío

Cuadro A6. Grados de libertad y valores P del análisis de varianza en el experimento III en frutos de Naranja 'Valencia Selección 8'.

Fuente ^z	GL ^y	Variables ^x									
		PP	COLOR	IT	SST	AC	IM	AA	ETA	ACE	DF
D	5	<.0001	0.599	0.005	0.043	0.391	0.330	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
A	1	<.0001	0.094	0.089	0.917	0.206	0.231	0.788	0.552	0.732	0.459
C	1	<.0001	0.845	0.461	0.527	0.781	0.370	0.957	<.0001	<.0001	0.285
D*A	5	0.149	0.949	0.007	0.308	0.150	0.092	0.001	0.239	0.163	0.899
D*C	5	0.007	0.988	0.020	0.064	0.372	0.938	0.751	<.0001	0.001	0.947
A*C	1	0.000	<.0001	0.647	0.602	0.206	0.435	0.489	0.427	0.136	0.002
D*A*C	5	0.729	0.991	0.265	0.996	0.371	0.268	0.315	0.103	0.102	0.543

^z Fuentes de variación: D: Días, A: Acondicionamiento; C=encerado. ^y GL = Grados de libertad. ^x PP: pérdida de peso. IT: índice tecnológico. SST: solidos solubles totales. AC: ácido cítrico. IM: índice de madurez. AA: ácido cítrico o vitamina C. ETA: etanol. ACE: acetaldehído. DF: grado de severidad del daño por frío.