

**CONVENIO INIFAP-NATIONAL MANGO BOARD**

**DETERMINACIÓN DEL GRADO DE MADUREZ A COSECHA, TEMPERATURA  
DE TRASLADO Y DÍAS DE TRASLADO EN MANGO MADURO  
LISTO PARA COMER**



**DR. JORGE A. OSUNA GARCIA**  
**M.C. YOLANDA NOLASCO GONZÁLEZ**  
**INVESTIGADORES DEL INIFAP-C.E. SANTIAGO IXCUINTLA**

**SANTIAGO IXCUINTLA, NAYARIT. MARZO DE 2018**

## CONTENIDO

Resumen ejecutivo .....	3
Antecedentes .....	4
Objetivos .....	5
Metodología .....	5
Descripción detallada de la metodología.....	7
Variables medidas .....	7
Resultados y Discusión .....	8
Contenido de materia seca .....	8
Variedad Ataulfo .....	10
Pérdida de peso .....	10
Apariencia externa .....	11
Color de cáscara .....	11
Firmeza de pulpa .....	12
Color de pulpa .....	13
Sólidos solubles totales .....	14
Apariencia externa de frutos de Ataulfo .....	16
Variedad Tommy Atkins.....	17
Pérdida de peso .....	17
Apariencia externa .....	18
Firmeza de pulpa .....	18
Color de pulpa .....	19
Sólidos solubles totales .....	20
Apariencia externa de frutos de Tommy Atkins.....	21
Variedad Kent con o sin THC.....	22
Pérdida de peso .....	22
Apariencia externa .....	24
Firmeza de pulpa .....	24
Color de pulpa .....	25
Sólidos solubles totales .....	26
Apariencia externa de frutos de Kent con THC.....	29

Apariencia externa de frutos de Kent sin THC.....	30
Variedad Keitt con o sin THC.....	31
Pérdida de peso .....	31
Apariencia externa .....	33
Firmeza de pulpa .....	33
Color de pulpa .....	34
Sólidos solubles totales .....	35
Apariencia externa de frutos de Keitt con THC.....	38
Apariencia externa de frutos de Keitt sin THC.....	39
Conclusiones .....	40
Literatura citada .....	41

## RESUMEN EJECUTIVO

Recientemente se ha incrementado la demanda de mango maduro listo para comer, lo que abre una posibilidad interesante para los productores de mango en México debido a la cercanía geográfica de los sitios de producción con los mercados de Estados Unidos. La mayoría de los sitios de producción se localizan a un máximo de cinco días de traslado terrestre para alcanzar el más lejano de los mercados destino en Estados Unidos. Se considera que los aspectos claves en la producción de mango maduro para comer son los siguientes: 1. Madurez a cosecha; 2. Requerimiento o no de tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC); 3. Temperatura y duración de traslado refrigerado, y 4. Manejo en bodega de mayorista y durante la comercialización en supermercados.

El trabajo se realizó en la zona con presencia de mosca de la fruta y con requerimiento de THC (Nayarit y Sur de Sinaloa) en frutos de 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt' y en la zona libre de mosca de la fruta y sin requerimiento de THC (Norte de Sinaloa) en 'Kent' y 'Keitt'. Se definieron dos estados de madurez a cosecha: 1. Fruto sazón (forma redonda con cachetes llenos y hombros levantados, color de pulpa de 2 a 3 y contenido de sólidos solubles totales  $> 7.3$  °Bx) y 2. Fruto  $\frac{3}{4}$  (con mayor grado de madurez, color de cáscara virando, color de pulpa  $\geq 3$  y contenido de sólidos solubles totales  $> 9.0$  °Bx). Las temperaturas de refrigeración fueron las siguientes: a.  $12 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $90 \pm 5\%$  HR; b.  $15 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $90 \pm 5\%$  HR; c.  $18 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $90 \pm 5\%$  HR; y d. Simulación de mercadeo ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  $75 \pm 10\%$  HR). Los muestreos se realizaron al inicio y al final del almacenamiento refrigerado y después en madurez de consumo. Las variables analizadas fueron: Materia seca, pérdida de peso, apariencia externa, color de cáscara, firmeza de pulpa, color de pulpa, sólidos solubles totales (°Bx), acidez titulable. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con 20 repeticiones para pérdida de peso y ocho repeticiones para el resto de variables en fruto. Cada variedad se analizó en forma independiente.

Se encontró que el grado de madurez a cosecha es uno de los factores fundamentales en el manejo de mango maduro listo para comer y conforme se incrementa éste, mayor es el Índice Mínimo de Calidad (MQI) y por lo tanto, su posible aceptación por el consumidor. Sin embargo, para este estudio el grado de madurez no fue tan impactante en la mayoría de las variables; hubo diferencias significativas al inicio para color de cáscara, firmeza, color de pulpa y SST pero ya no se reflejaron a consumo. Por el contrario, el factor temperatura de traslado impactó significativamente en la mayoría de las variables, sobre todo al término del traslado. A menor temperatura, menor pérdida de peso, mayor firmeza, menor desarrollo de color de pulpa y SST, así como mayor vida de anaquel. Este factor es determinante para que el importador planifique sus volúmenes de mango maduro listo para comer. Las temperaturas de traslado de  $15$  y  $18^\circ\text{C}$  serían las recomendadas dependiendo de las necesidades del importador. El THC en 'Kent' y 'Keitt' propició hasta dos días menos de vida de anaquel en comparación a frutos sin THC. Se detectaron diferencias entre variedades, especialmente en cuanto a vida de anaquel.

## ANTECEDENTES

El mango es una de las frutas favoritas en el mercado de los Estados Unidos, donde el consumo se ha duplicado en los últimos 10 años. Durante los últimos tres años (2014-2016), en promedio, 87.7 millones de cajas se han importado; principalmente de México (65.6%), Perú (10.3%), Ecuador (10.8%), Brasil (6.9%), Guatemala (4.1%) y Haití (2.3%) [USDA-FAS, 2016].

México es uno de los principales exportadores de mango a Estados Unidos aportando el 65.6% del total exportado por los países productores, lo que representa alrededor de 57.5 millones de cajas anuales (NMB, 2016). Las principales variedades para exportación al mercado estadounidense son Tommy Atkins, Ataulfo, Kent y Keitt con el 35, 30, 15 y 10% respectivamente del volumen exportado (EMEX, A.C., 2014).

Recientemente se ha incrementado la demanda de mango maduro listo para comer, lo que abre una posibilidad interesante para los productores de mango en México debido a la cercanía geográfica de los sitios de producción con los mercados de Estados Unidos. La mayoría de los sitios de producción se localizan a un máximo de cinco días de traslado terrestre para alcanzar el más lejano de los mercados destino en Estados Unidos. Se considera que los aspectos claves en la producción de mango maduro para comer son los siguientes: 1. Madurez a cosecha; 2. Requerimiento o no de tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC); 3. Temperatura y duración de traslado refrigerado, y 4. Manejo en bodega de mayorista y durante la comercialización en supermercados.

En un ensayo preliminar cuyos objetivos fueron conocer el grado óptimo de madurez a cosecha, así como las condiciones de traslado de mango maduro listo para comer en 'Ataulfo', 'Tommy Atkins' y 'Kent' (Osuna, 2015), se encontró que el grado de madurez afectó la pérdida de peso, la firmeza, el color de pulpa, el contenido de sólidos solubles, la acidez titulable y la relación °Bx/Acidez pero no la apariencia externa. Además, los frutos maduros fueron más susceptibles al manipuleo con fácil ablandamiento y algunos con sobre madurez y/o fermentación. También se observó que el mejor grado de madurez fue el  $\frac{3}{4}$  donde los frutos mostraron las mejores características organolépticas y mayor vida de anaquel y

que la simulación de traslado con tres días de refrigeración fue bastante para que los frutos alcanzaran hasta siete días de vida de anaquel, suficiente para alcanzar los mercados más distantes de E.U.

### OBJETIVOS

- Determinar la madurez óptima de cosecha para el manejo de mango maduro listo para comer.
- Determinar cuál sería el máximo grado de madurez a cosecha para mangos que requieren THC, así como para aquéllos que se cultivan en zona libre de mosca de la fruta y que no requieren THC.
- Determinar cuál sería la temperatura de traslado y almacenamiento temporal en bodega de mayorista o supermercado que mantengan y ofrezcan la máxima calidad al momento del consumo.

### METODOLOGÍA

**a. VARIEDADES:** Ataulfo, Tommy Atkins, Kent y Keitt.

Variedad	Origen	Cosecha	Tratamiento	THC	Empacadora
Ataulfo	Santiago, Nay.	16/May/16	17/May/16	75 + 10'	NATURAMEX
Tommy	Santiago, Nay.	07/Jun/16	08/Jun/16	90 + 10'	ALEX
Kent	Navarrete, Nay.	27/Jun/16	27/Jun/16	90 + 10'	ALEX
Keitt	Escuinapa, Sin.	04/Ago/16	04/Ago/16	90 + 10'	DIAZTECA
Kent	Los Mochis, Sin.	26/Jul/16	Sin THC		DANIELLA
Keitt	Los Mochis, Sin.	15/Ago/16	Sin THC		DANIELLA

**b. EMPACADORAS:**

1. En la zona con presencia de mosca de la fruta y con requerimiento de THC (Nayarit y Sur de Sinaloa).
2. En la zona libre de mosca de la fruta y sin requerimiento de THC (Norte de Sinaloa).

### c. GRADO DE MADUREZ A COSECHA

1. Fruto sazón (forma redonda con cachetes llenos y hombros levantados, color de pulpa de 2 a 3 y contenido de sólidos solubles totales > 6.0 °Bx en 'Ataulfo' y > 7.3 °Bx en 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt').
2. Fruto  $\frac{3}{4}$  (con mayor grado de madurez, color de cáscara virando, color de pulpa  $\geq 3$  y contenido de sólidos solubles totales > 8.0 °Bx en 'Ataulfo' y > 9.0 °Bx en 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt').

### d. TEMPERATURAS DE TRASLADO

1. Refrigeración ( $12 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $90 \pm 5\%$  HR)
2. Refrigeración ( $15 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $90 \pm 5\%$  HR)
3. Refrigeración ( $18 \pm 1^\circ\text{C}$ ;  $90 \pm 5\%$  HR)
4. Simulación de mercadeo ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  $75 \pm 10\%$  HR)

### e. TRATAMIENTOS

Trat	Grado Madurez	Temp. traslado	Días de traslado
1	Sazón	$12 \pm 1^\circ\text{C}$	5
2	Sazón	$15 \pm 1^\circ\text{C}$	5
3	Sazón	$18 \pm 1^\circ\text{C}$	5
4	Sazón	$22 \pm 2^\circ\text{C}$	5
5	$\frac{3}{4}$	$12 \pm 1^\circ\text{C}$	5
6	$\frac{3}{4}$	$15 \pm 1^\circ\text{C}$	5
7	$\frac{3}{4}$	$18 \pm 1^\circ\text{C}$	5
8	$\frac{3}{4}$	$22 \pm 2^\circ\text{C}$	5

f. **ALMACENAMIENTO DE FRUTOS:** Cinco días en refrigeración a las temperaturas mencionadas + Simulación de mercadeo ( $22 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  $75 \pm 10\%$

HR) hasta madurez de consumo (frutos coloreados con firmeza de pulpa de 1 a 3 Lbf)

**g. MUESTREOS:** Al inicio y al final del almacenamiento refrigerado y después en madurez de consumo.

**h. VARIABLES A MEDIR:**

Materia seca, pérdida de peso, apariencia externa, color de cáscara, firmeza de pulpa, color de pulpa, sólidos solubles totales ( $^{\circ}\text{Bx}$ ), acidez y relación  $^{\circ}\text{Bx}/\text{Acidez}$ .

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con 20 repeticiones para pérdida de peso y ocho repeticiones para el resto de variables en fruto. Cada variedad se analizó en forma independiente.

### **Descripción detallada de la Metodología**

Para cada variedad en particular se obtuvieron 50 frutos por tratamiento, que se colectaron después del lavado y ya clasificados para el tratamiento hidrotérmico cuarentenario de 75 o 90 min. Después, los frutos se separaron de acuerdo al grado de madurez considerando frutos sazones y  $\frac{3}{4}$  con excelente apariencia externa y libre de daños mecánicos, plagas y/o enfermedades. Una vez separados por estado de madurez y tamaño, los frutos fueron sometidos al tratamiento hidrotérmico cuarentenario acorde al protocolo del USDA-APHIS. Posterior a ese tratamiento, los frutos se almacenaron por cinco días en refrigeración a las temperaturas mencionadas + simulación de mercadeo ( $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ;  $75 \pm 10\% \text{ HR}$ ) hasta madurez de consumo, la cual varió de 10 a 14 días dependiendo de la variedad. Los muestreos se realizaron al inicio, al fin del periodo de refrigeración y en madurez de consumo.

### **VARIABLES ANALIZADAS**

**Materia Seca.** Mediante horno de microondas acorde a Brecht *et al.* (2011). Cinco g de pulpa obtenida con un pelador y colocadas en cajas de Petri fueron secadas

por 4 a 7 min hasta obtener peso constante. Los valores se expresaron en porcentaje.

**Pérdida de peso.** Mediante balanza analítica digital (Acculab VI-4800) con aproximación de 0.1 g (Ohaus Corp. Florham Park, NJ). Veinte frutos fueron pesados periódicamente desde el inicio hasta el final del experimento. La diferencia en peso con respecto al peso inicial fue expresada como porcentaje de pérdida de peso.

**Color de Cáscara.** Con un colorímetro portátil CR-400 (Konica Minolta) con iluminación estándar C, se midieron los parámetros de espacio de color 'L' 'a' & 'b'.

**Firmeza.** Los datos fueron tomados con un penetrómetro Chatillón Modelo DFE-050 (Ametek Instruments, Largo, FL), adaptado con punzón cilíndrico de 8 mm de diámetro y se expresaron en Libras fuerza (Lbs).

**Color de pulpa.** Se empleó un colorímetro portátil CR-400 marca Konica Minolta, utilizando el iluminante C y reportando el ángulo de tono (hue).

**Sólidos solubles totales (SST).** Se utilizó un refractómetro digital con compensador de temperatura marca ATAGO modelo PAL-1 calibrado con agua destilada (AOAC, 1990).

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con 20 repeticiones para pérdida de peso y ocho repeticiones para el resto de variables en fruto. Cada variedad se analizó en forma independiente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de Materia Seca (%).

En el Cuadro 1 se consignan los resultados de contenido de Materia Seca (MS) de las diferentes variedades en los estados de madurez sazón y  $\frac{3}{4}$ . En primera instancia es posible observar que los valores aquí obtenidos superan a los estándares de calidad propuestos por la Australian Mango Industry Association (AMIA, 2016) que manejan un rango de 13 a 15% MS para sus variedades. Por otro lado, estos valores son muy superiores a los acotados por González-Moscoso (2014), quién señala en su propuesta de Índice Mínimo de Calidad (MQI) que los

valores para 'Ataulfo' son  $\leq 16.9$ , para 'Tommy Atkins'  $\geq 13.0$  y para 'Kent'  $\leq 15.0$ , en tanto que los encontrados en este ensayo son de 18.2 a 21.6% MS para 'Ataulfo', 16.6 a 18.1% MS para 'Tommy Atkins' y 24.2 a 27.8% MS para 'Kent'. Estos datos confirman que el grado de madurez a cosecha es uno de los factores fundamentales en el manejo de mango maduro listo para comer (MMLPC) y que conforme se incrementa éste, mayor es el MQI y por lo tanto, su posible aceptación por el consumidor.

**Cuadro 1. Contenido de Materia Seca (%) de las diferentes variedades de mango cultivadas en México y cosechadas en dos estados de madurez. MMLPC 2016.**

Variedad	Contenido de Materia Seca (%)		
	Etapa de Muestreo		
	Grado de Madurez	A cosecha	A Salida Refrigeración
Ataulfo	Sazón	18.2	20.2
	3/4	21.6	20.2
Tommy	Sazón	16.6	17.1
	3/4	18.1	19.3
Kent	Sazón	24.2	25.2
	3/4	26.2	25.4
Kent Mochis	Sazón	26.8	25.2
	3/4	27.8	24.2
Keitt	Sazón	18.2	19.2
	3/4	19.2	19.0
Keitt-2 Daniella	Sazón	20.6	21.6
	3/4	22.0	20.80

A continuación, se discuten los resultados del efecto del grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de cada una de las variedades incluidas en este ensayo.

### 1. Variedad Ataulfo

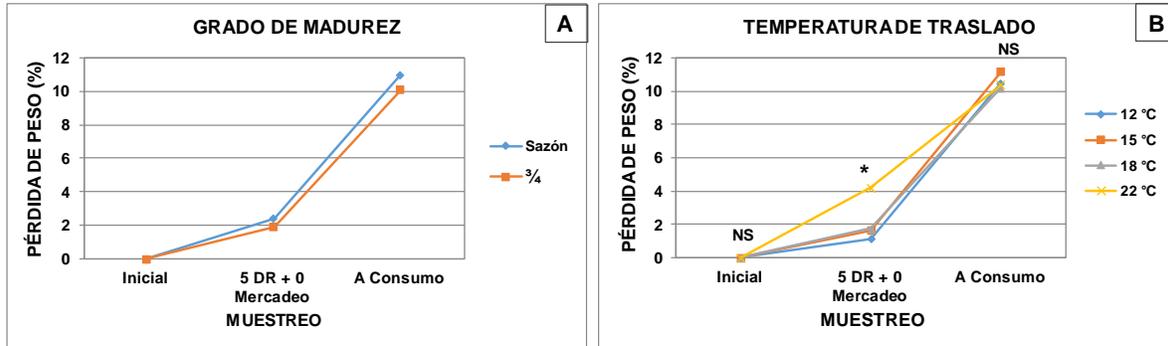
En el Cuadro 2 se consigna el análisis de varianza de los factores grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de calidad en 'Ataulfo'. Se observaron diferencias significativas para todas las variables en al menos uno de los muestreos por efecto de ambos factores. Para el grado de madurez todas las variables fueron significativas, excepto para firmeza y por efecto de temperatura fue no significativo para apariencia externa y color de cáscara.

Factor	VARIABLES						
	Pérdida Peso (%)	Apariencia Externa	Color Cáscara A	Firmeza (Lbs)	Color Pulpa (Hue)	SST (°Bx)	Bx / Acidez
Madurez	*	*	*	NS	*	*	*
Temperatura	*	NS	NS	*	*	*	*

**Cuadro 2. Análisis de varianza del efecto de los factores grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de calidad en la variedad Ataulfo con THC. MMLPC 2016.**

#### Pérdida de peso

En pérdida de peso se observó que los frutos sazones tuvieron mayor pérdida al término de la simulación del traslado refrigerado (cinco días) y a consumo (Figura 1A), en tanto que para temperatura de traslado se detectó en el muestreo realizado al término del mismo, que cualquiera de las temperaturas de refrigeración (12 a 18°C) disminuyó significativamente la pérdida de peso en comparación al testigo a 22°C.



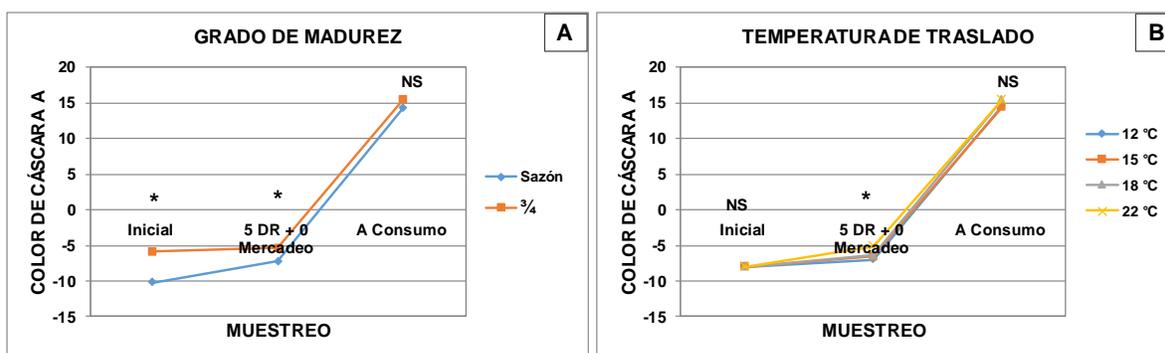
**Figura 1. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre la pérdida de peso (%) en frutos de ‘Ataulfo’. MMLPC, 2016.**

### Apariencia externa

En lo que respecta a apariencia externa de los frutos (datos no presentados), ésta fue afectada por el grado de madurez al inicio y al término de traslado, en tanto que las temperaturas de traslado solo afectaron al momento del consumo, pero en ambos casos los valores estuvieron dentro del rango de aceptación para frutos de exportación (0 = excelente y 1 = buena).

### Color de cáscara

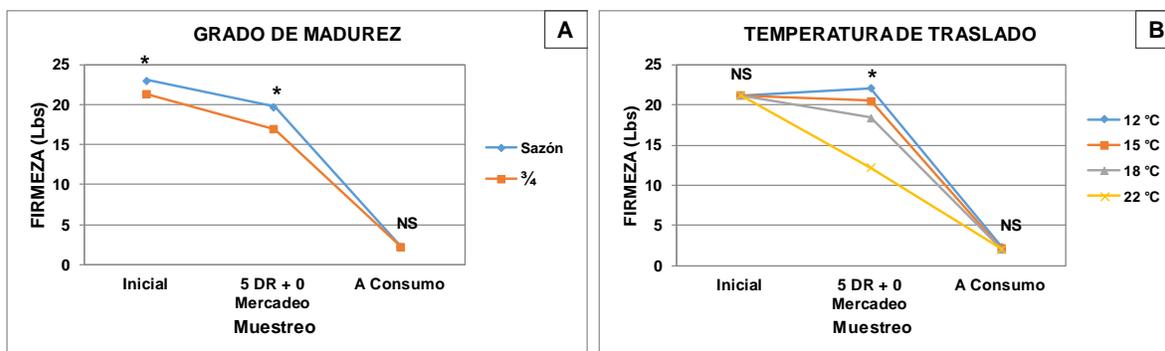
En lo que respecta al color de cáscara, para grado de madurez se detectaron diferencias significativas al inicio y al término de simulación de traslado refrigerado, pero a consumo los frutos alcanzaron valores similares (Figura 2A). Los frutos sazón mostraron valores más negativos (que indica color verde más intenso) que los frutos 3/4 ya que estos tenían mayor grado de madurez. En lo que respecta al efecto de la temperatura de traslado (Figura 2B), solo se detectaron diferencias significativas al término de ésta, donde cualquiera de ellas mantuvo el color verde más intenso de los frutos y sólo el testigo mostró un verde claro, indicio de mayor grado de madurez.



**Figura 2. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre el Color de cáscara (A) en frutos de 'Ataulfo'. MMLPC, 2016.**

### Firmeza de pulpa

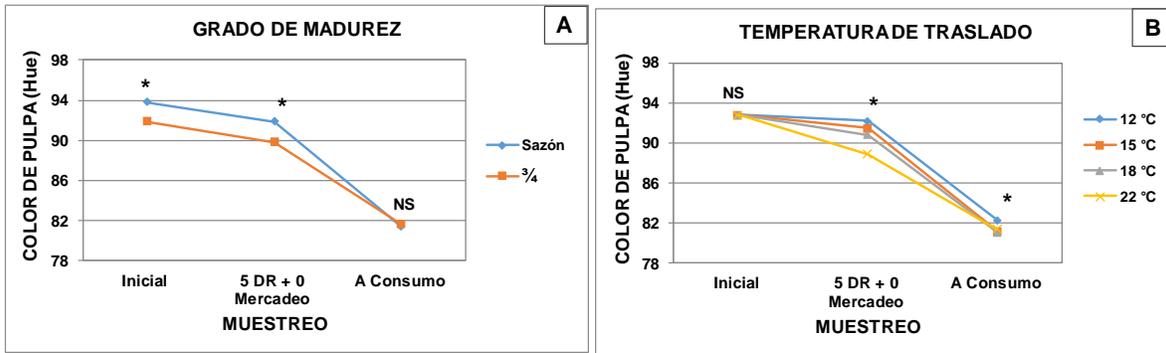
En lo concerniente a firmeza de pulpa, se detectaron diferencias significativas para ambos factores. Los frutos sazón fueron más firmes que los 3/4 (Figura 3A) en el muestreo inicial y al término del traslado de refrigeración, en tanto que el efecto de la refrigeración fue evidente y significativo al término del traslado ya que cualquiera de los frutos en refrigeración al término de cinco días de simulación de traslado mostraron color verde más intenso que los testigo a 22°C (Figura 3B). Se observó una correlación entre temperatura y firmeza; a menor temperatura, mayor firmeza. Cualquiera de las temperaturas de refrigeración al término de cinco días de simulación de traslado mantuvo entre el 90 y 100% de la firmeza inicial mientras que los frutos almacenados a 22°C disminuyeron casi en un 50% su valor inicial, lo que se reflejó en mayor o menor vida de anaquel.



**Figura 3. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre la firmeza de pulpa (Lbs) en frutos de 'Ataulfo'. MMLPC, 2016.**

### Color de pulpa

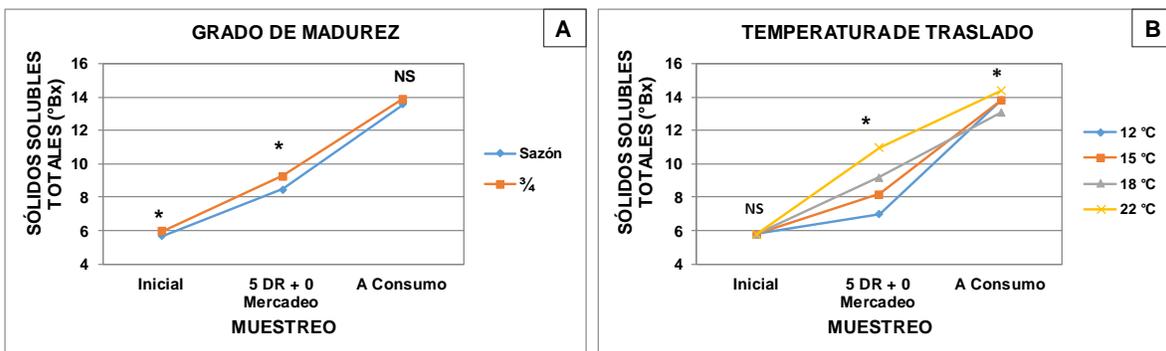
La evolución del color de pulpa siguió un patrón muy similar a la firmeza. Los frutos sazón tuvieron menor intensidad de color al inicio y al término del traslado, pero a consumo ya no se detectaron diferencias significativas (Figura 4A). Por lo que respecta al efecto de la temperatura de traslado (Figura 4B), al término de este se observó el resultado más evidente y significativo ya que los frutos con refrigeración mostraron menor intensidad de color de pulpa que los mantenidos a 22°C. Los frutos almacenados a 12°C presentaron el menor desarrollo de color en pulpa, evidenciándose la tendencia de que, a menor temperatura, menor intensidad de color de pulpa.



**Figura 4. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre la evolución del color pulpa (Hue) en frutos de ‘Ataulfo’. MMLPC, 2016.**

### Sólidos solubles totales (SST)

Una tendencia semejante se observó en cuanto al desarrollo de los SST. Los frutos sazónes tuvieron menor dulzura al inicio y al término del traslado que los frutos 3/4, pero ya no se detectaron diferencias a consumo (Figura 5A). La temperatura influyó considerablemente al término del traslado refrigerado (Figura 5B), donde se evidenció que, a menor temperatura, menor desarrollo de los SST.



**Figura 5. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre el desarrollo de los sólidos solubles totales (°Bx) en frutos de ‘Ataulfo’. MMLPC, 2016.**

Es evidente que la temperatura de traslado es otro factor importante a considerar en el manejo de MMLPC ya que como se observa en la Figura 6 para frutos sazones y para frutos  $\frac{3}{4}$ , a mayor temperatura, menor vida de anaquel. Los frutos en simulación de traslado a 22°C llegaron a madurez de consumo a los 11 días de la cosecha, en tanto que los mantenidos a 18°C requirieron 13 días (5+8) y los conservados a 15 y 12°C requirieron 14 días (5+9). Lo anterior es un factor determinante para que el importador planifique de acuerdo a sus necesidades el tiempo y temperatura de traslado.



**Figura 6. Apariencia externa de frutos de ‘Ataulfo’ a consumo en madurez sazón o 3/4 trasladados a diferentes temperaturas. MMLPC, 2016.**

## 2. Variedad Tommy Atkins

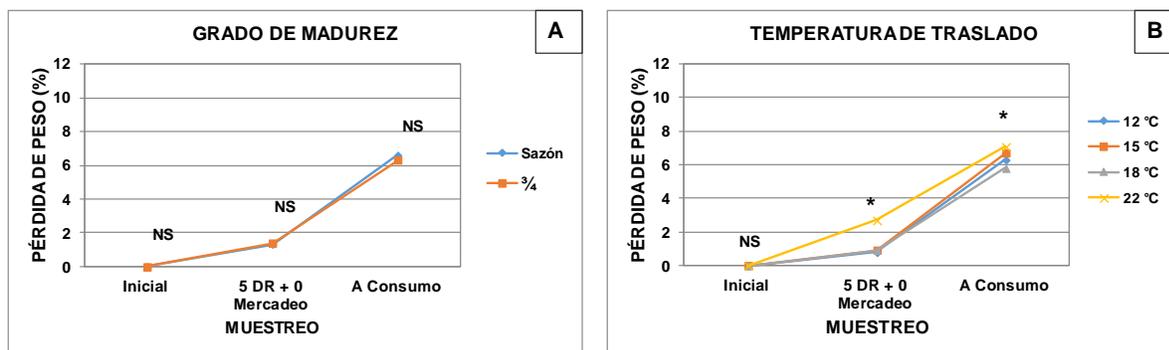
En el Cuadro 3 se consigna el análisis de varianza de los factores grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de calidad en ‘Tommy Atkins’. Se observaron diferencias significativas por efecto del grado de madurez en firmeza, color de pulpa, SST y relación °Bx/Acidez, en tanto que para temperatura de traslado las diferencias significativas se detectaron para pérdida de peso, apariencia externa, firmeza y relación °Bx/Acidez pero no para color de pulpa ni SST.

**Cuadro 3. Análisis de varianza del efecto de los factores grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de calidad en la variedad Tommy Atkins con THC. MMLPC 2016.**

Factor	VARIABLES					
	Pérdida Peso (%)	Apariencia Externa	Firmeza (Lbs)	Color Pulpa (Hue)	SST (°Bx)	Bx/Acidez
Madurez	NS	NS	*	*	*	*
Temperatura	*	*	*	NS	NS	*

### Pérdida de peso

En la Figura 7A se observa que el grado de madurez no afectó la pérdida de peso ya que no se detectaron diferencias significativas para ninguno de los muestreos. En contraste, el efecto de la temperatura fue significativo al término del traslado e inclusive se mantuvo hasta madurez de consumo (Figura 7B). Al término de simulación de traslado cualquiera de las temperaturas de refrigeración mostró menor pérdida de peso que el testigo a 22°C, confirmando que la refrigeración reduce la pérdida de peso al disminuir la velocidad de respiración (Kader, 1992). A consumo, la diferencia solo fue muy marcada entre el testigo (12 días de vida de anaquel) y la temperatura de 12°C (15 días de vida de anaquel), que es la recomendada para alargar vida de anaquel y evitar daño por frío (Osuna, 2015).



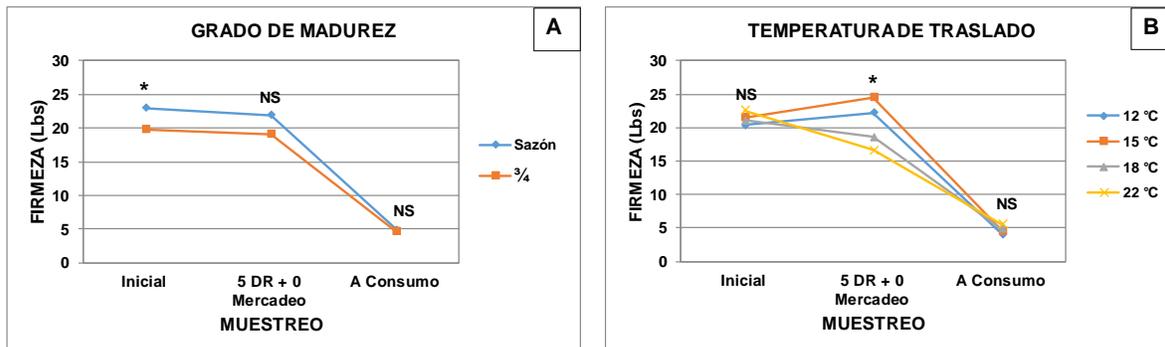
**Figura 7. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre la pérdida de peso (%) en frutos de ‘Tommy Atkins’. MMLPC, 2016.**

### **Apariencia externa**

En lo que respecta a apariencia externa de frutos (datos no presentados), no se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez en ninguno de los muestreos, en cambio, para temperatura de traslado solo se detectaron diferencias en el muestreo a consumo, donde solo los frutos almacenados a 12°C presentaron una apariencia buena y los almacenados a 15, 18 y 22°C mostraron una apariencia externa excelente.

### **Firmeza de pulpa**

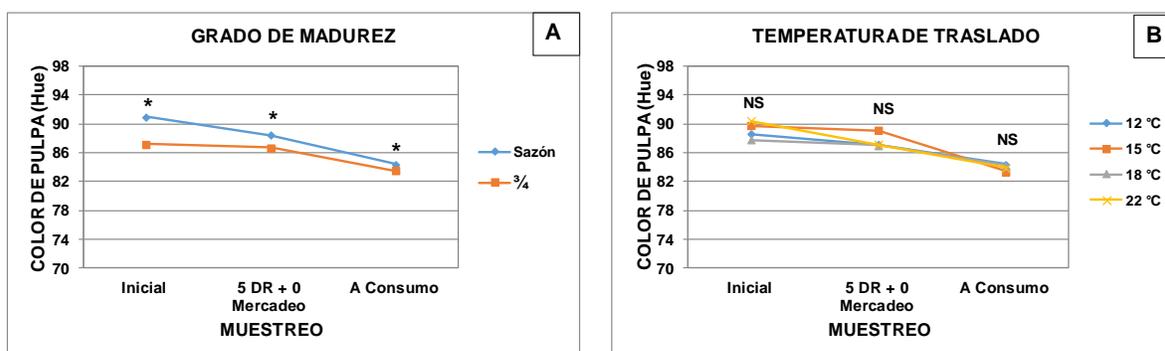
En lo concerniente a firmeza de pulpa, solo se detectaron diferencias significativas para grado de madurez al inicio del experimento (Figura 8A). Los frutos sazónes fueron más firmes que los ¾. En contraste, la temperatura solo fue significativa al término de la simulación de traslado (Figura 8B), donde los frutos almacenados a 12 y 15°C mantuvieron mayor firmeza que los almacenados a 18 y 22°C. Para fines prácticos esta diferencia en mantenimiento de la firmeza debido a lo más frío o templado de la temperatura de traslado puede ser usado por el empacador y/o distribuidor para manipular la temperatura acorde a sus necesidades de existencia de fruto maduro listo para comer.



**Figura 8. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre la firmeza de pulpa (Lbs) en frutos de ‘Tommy Atkins’. MMLPC, 2016.**

### Color de pulpa

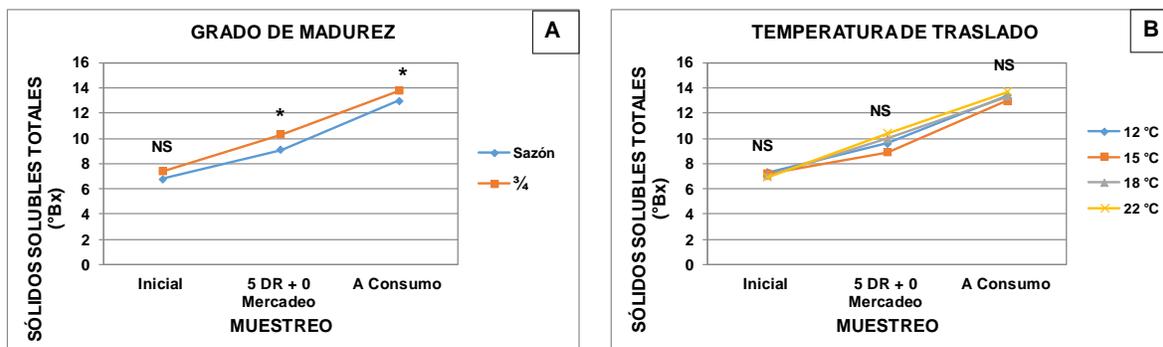
En lo concerniente a color de pulpa, solo se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez (Figura 9A). Los frutos ¾ mostraron un color de pulpa más intenso que los sazones desde el inicio hasta madurez de consumo. En contraste, las temperaturas de traslado no mostraron diferencias significativas para ninguno de los muestreos (Figura 9B).



**Figura 9. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre el color de pulpa (Hue) en frutos de ‘Tommy Atkins’. MMLPC, 2016.**

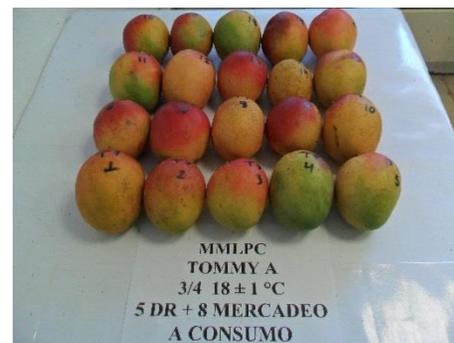
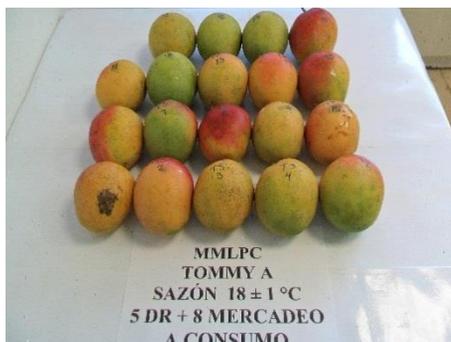
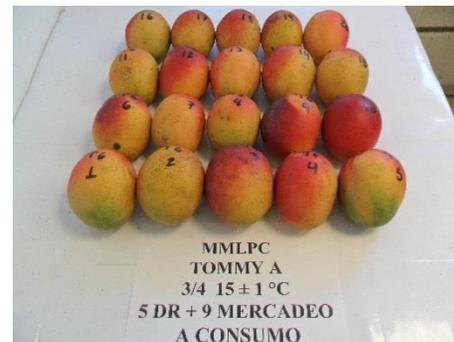
## Sólidos solubles totales (SST)

El contenido de SST ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) mostró un comportamiento similar al del color de pulpa. El grado de madurez afectó significativamente esta variable, los frutos  $\frac{3}{4}$  fueron estadísticamente superiores a los sazones (Figura 10 A), mientras que la temperatura de traslado no influyó significativamente en ninguno de los muestreos (Figura 10B).



**Figura 10. Efecto del grado de madurez (A) y de la temperatura de traslado (B) sobre el contenido de SST ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) en frutos de 'Tommy Atkins'. MMLPC, 2016.**

Es evidente que la temperatura de traslado es otro factor importante a considerar en el manejo de MMLPC ya que como se observa en la Figura 11 para frutos sazones y para frutos  $\frac{3}{4}$ , a mayor temperatura, menor vida de anaquel. Los frutos en simulación de traslado a  $22^{\circ}\text{C}$  llegaron a madurez de consumo a los 12 días después de la cosecha, en tanto que los mantenidos a  $18^{\circ}\text{C}$  requirieron 13 días, los conservados a  $15^{\circ}\text{C}$  requirieron 14 días y los mantenidos a  $12^{\circ}\text{C}$  requirieron 15 días. Lo anterior es un factor determinante para que el importador planifique de acuerdo a sus necesidades el tiempo y temperatura de traslado.



**Figura 11. Apariencia externa de frutos de ‘Tommy Atkins’ a consumo en madurez sazón o 3/4 trasladados a diferentes temperaturas. MMLPC, 2016.**

### 3. Variedad Kent con o sin THC

En el Cuadro 4 se consigna el análisis de varianza de los factores grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de calidad en 'Kent' con o sin THC. Bajo THC no se detectaron diferencias significativas para grado de madurez en ninguna de las variables, mientras que para temperatura de traslado sólo la apariencia externa fue no significativa. En contraste, para 'Kent' sin THC se detectaron diferencias significativas por efecto de grado de madurez para todas las variables, excepto pérdida de peso y relación °Bx/Acidez, en tanto que la temperatura de traslado influyó significativamente en todas las variables excepto apariencia externa y relación °Bx/Acidez.

**Cuadro 4. Análisis de varianza del efecto de los factores grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de calidad en la variedad Kent con o sin THC. MMLPC 2016.**

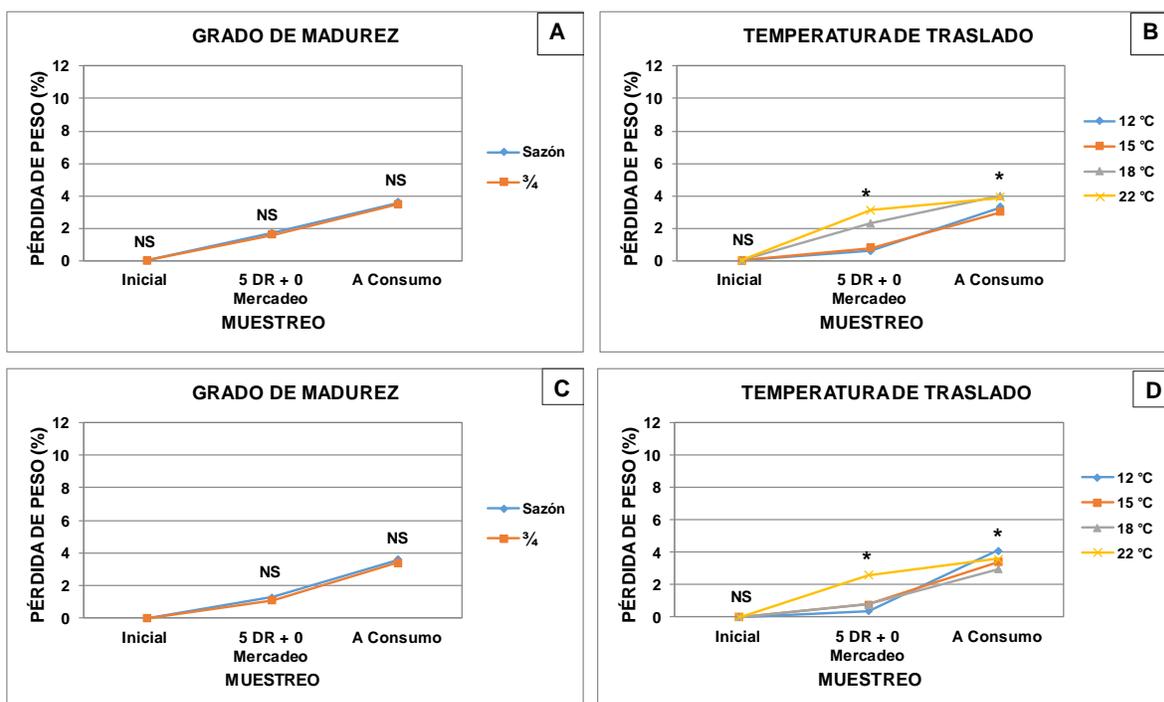
Factor	KENT con THC					
	Pérdida Peso (%)	Apariencia Externa	Firmeza (Lbs)	Color Pulpa (Hue)	SST (°Bx)	Bx/Acidez
Madurez	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Temperatura	*	NS	*	*	*	*
Factor	KENT sin THC					
	Pérdida Peso (%)	Apariencia Externa	Firmeza (Lbs)	Color Pulpa (Hue)	SST (°Bx)	Bx/Acidez
Madurez	NS	*	*	*	*	NS
Temperatura	*	NS	*	*	*	NS

#### Pérdida de peso

Para 'Kent' con THC se observó que el grado de madurez no afectó la pérdida de peso ya que no se detectaron diferencias significativas para ninguno de los muestreos (Figura 12A). En contraste, el efecto de la temperatura fue significativo al término del traslado e inclusive se mantuvo hasta madurez de consumo (Figura 12B). Al término de simulación de traslado los frutos almacenados a 12 y 15°C mostraron menor pérdida de peso que los almacenados

a 18 y 22°C, tendencia que se mantuvo hasta madurez de consumo y nuevamente confirma que la refrigeración reduce la pérdida de peso al disminuir la velocidad de respiración (Kader, 1992).

En lo que respecta a frutos de ‘Kent’ sin THC, se observó la misma tendencia que en frutos de ‘Kent’ con THC para el factor grado de madurez al no detectarse diferencias significativas para ninguno de los muestreos (Figura 12C). Sin embargo, el efecto de temperatura de traslado fue significativo pero diferente que en frutos de ‘Kent’ con THC. Los frutos almacenados a 22°C perdieron mayor peso que los almacenados a cualquier temperatura de refrigeración, aunque a consumo solo se detectaron diferencias entre 12 y 18°C (Figura 12D).



**Figura 12. Efecto del grado de madurez (A, C) y de la temperatura de traslado (B, D) sobre la pérdida de peso (%) en frutos de ‘Kent’ con o sin THC. MMLPC, 2016.**

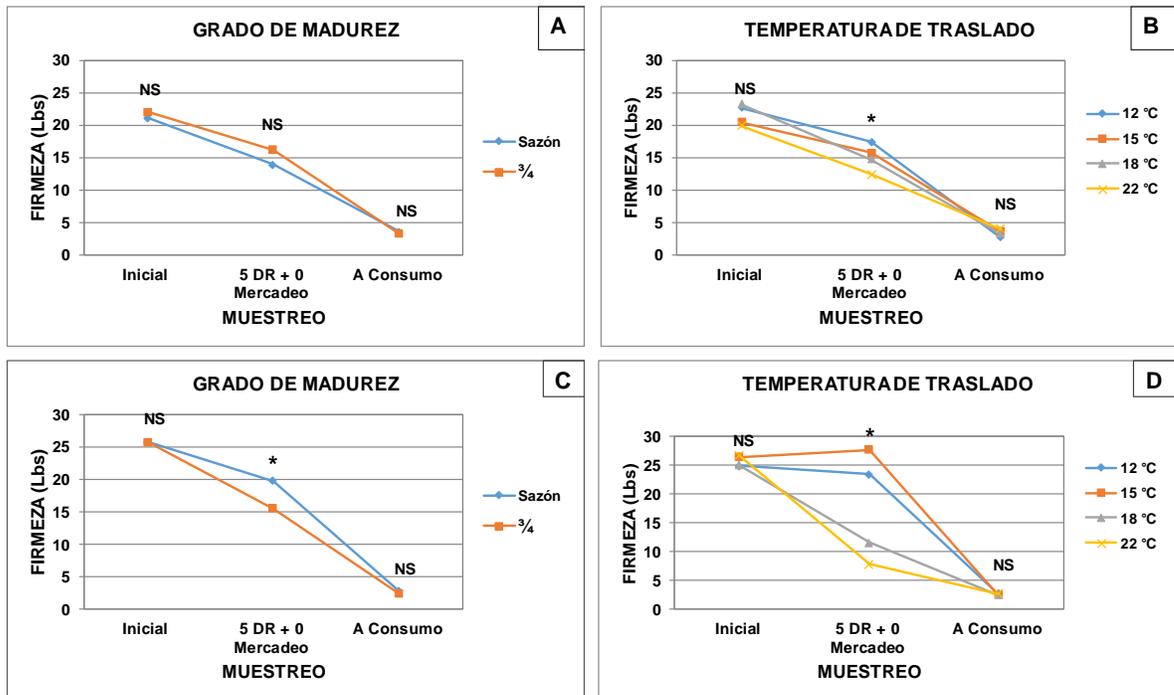
### **Apariencia externa**

En lo que respecta a apariencia externa de frutos (datos no presentados), no se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez ni para temperatura de traslado en ninguno de los muestreos; no obstante, todos los frutos mostraron una apariencia externa de excelente a buena acorde a la norma de calidad de EMEEX, A.C.

### **Firmeza de pulpa**

En lo concerniente a firmeza de pulpa, en frutos de 'Kent' con THC no se detectaron diferencias significativas para grado de madurez en ninguno de los muestreos (Figura 13A). En contraste, la temperatura solo fue significativa al término de la simulación de traslado (Figura 13B), donde se observó una correlación directa entre temperatura y firmeza. A mayor temperatura, mayor pérdida de firmeza. En contraste, para frutos de 'Kent' sin THC se observaron diferencias significativas al término de la simulación del traslado para ambos factores en estudio. Los frutos sazones tuvieron más firmeza que los  $\frac{3}{4}$  (Figura 13 C), en tanto que, para las temperaturas de traslado, las diferencias fueron mucho más marcadas. Los frutos transportados a 12 o 15°C prácticamente mantuvieron la misma firmeza inicial al término del traslado mientras que los almacenados a 18 y 22°C perdieron más de 50% de la firmeza inicial (Figura 13 D).

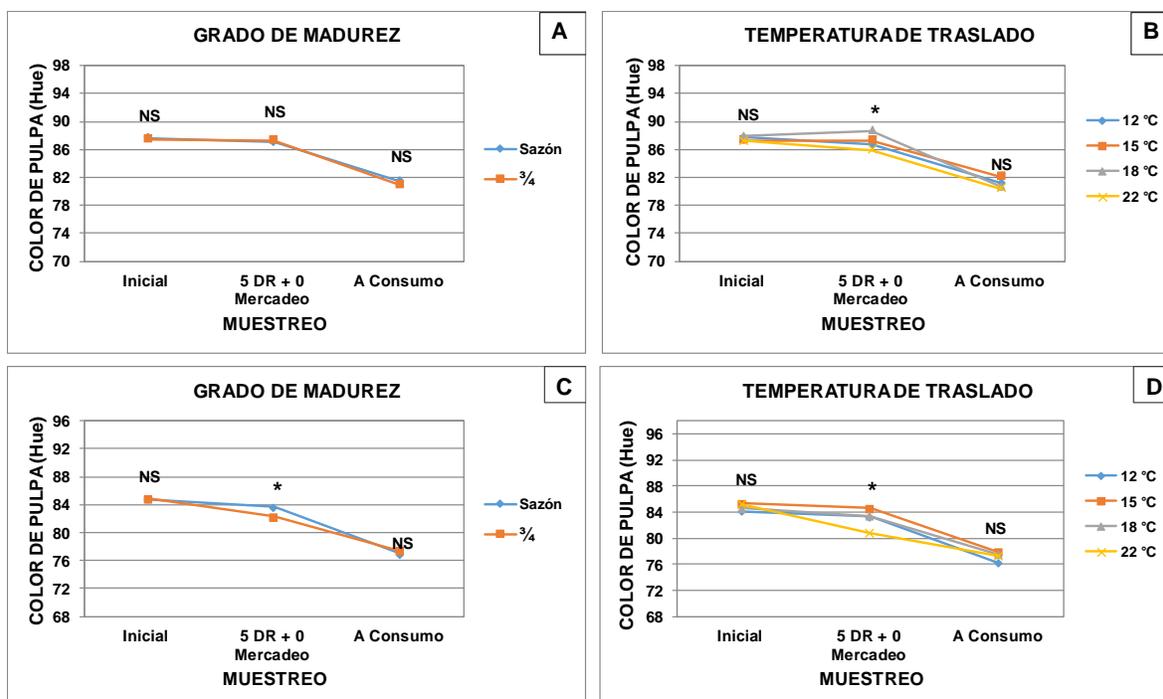
Para fines prácticos esta diferencia en mantenimiento de la firmeza debido a lo más frío o templado de la temperatura de traslado puede ser usado por el empacador y/o distribuidor para manipular la temperatura acorde a sus necesidades de existencia de fruto maduro listo para comer.



**Figura 13. Efecto del grado de madurez (A, C) y de la temperatura de traslado (B, D) sobre la firmeza de pulpa (Lbs) en frutos de ‘Kent’ con o sin THC. MMLPC, 2016.**

### Color de pulpa

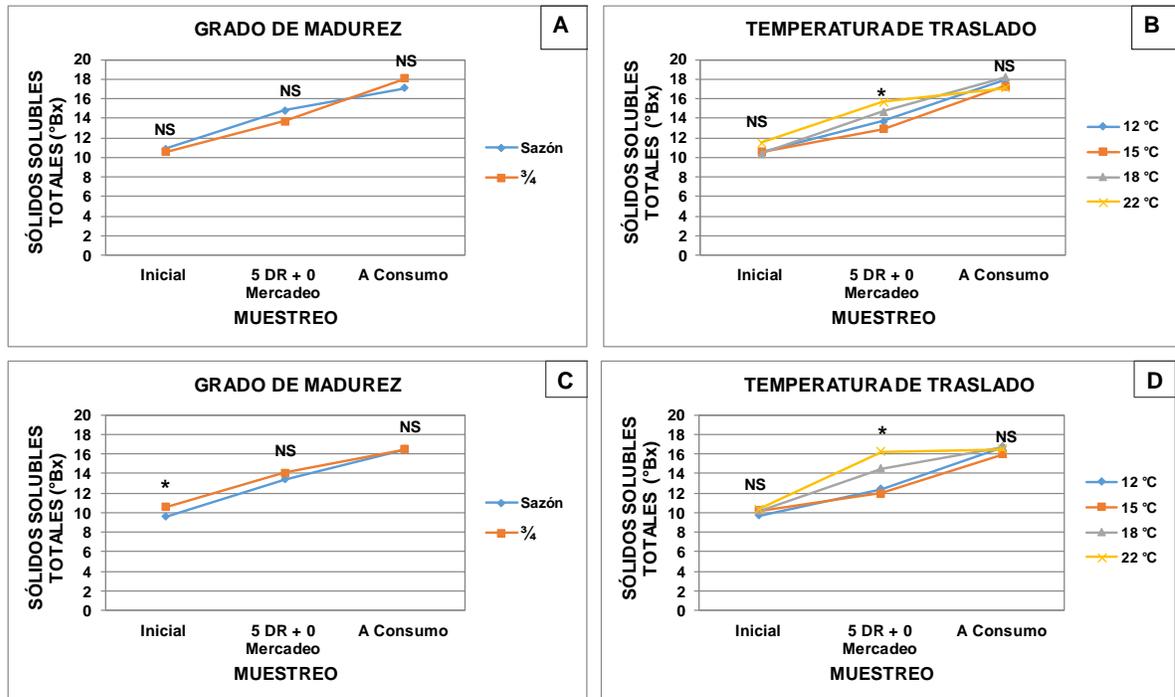
En lo concerniente a color de pulpa en frutos de ‘Kent’ con THC, no se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez (Figura 14A) pero si para temperaturas de traslado donde los frutos almacenados a 12°C mostraron menor desarrollo de color que aquellos almacenados a 22°C (Figura 14B). En contraste, para frutos de ‘Kent’ sin THC se detectaron diferencias significativas para ambos factores en el muestreo realizado al término del traslado. Los frutos sazónes tuvieron menor intensidad de color de pulpa que los 3/4 (Figura 14C) y en lo que respecta a temperatura de traslado, se evidenció claramente el efecto de la refrigeración, ya que cualquiera de los frutos mantenidos bajo esta condición desarrolló más lentamente el color de la pulpa no detectándose diferencias significativas a consumo (Figura 14D).



**Figura 14. Efecto del grado de madurez (A, C) y de la temperatura de traslado (B, D) sobre el color de pulpa (Hue) en frutos de ‘Kent’ con o sin THC. MMLPC, 2016.**

### **Sólidos solubles totales (SST)**

El contenido de SST (°Bx) mostró un comportamiento similar al del color de pulpa. En frutos de ‘Kent’ con THC, no se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez (Figura 15A) pero si para temperaturas de traslado donde los frutos almacenados a 22 y 18°C mostraron mayor contenido de SST que aquellos almacenados a 12 o 15°C (Figura 15B). En contraste, para frutos de ‘Kent’ sin THC se detectaron diferencias significativas para ambos factores. Los frutos sazónes tuvieron menor contenido de SST que los 3/4 (Figura 15C) y en lo que respecta a temperatura de traslado, se evidenció claramente el efecto de la refrigeración en el muestreo realizado al término del traslado, ya que los frutos mantenidos a 12 y 15°C desarrollaron más lentamente el contenido de los SST que aquellos mantenidos a 18 y 22°C, sin que se hayan detectado diferencias significativas a consumo (Figura 15D).



**Figura 15. Efecto del grado de madurez (A, C) y de la temperatura de traslado (B, D) sobre el contenido de SST (°Bx) en frutos de 'Kent' con o sin THC. MMLPC, 2016.**

Es evidente que la temperatura de traslado es otro factor importante a considerar en el manejo de MMLPC ya que como se observa en la Figura 16 para frutos de 'Kent' sazón o 3/4, a mayor temperatura, menor vida de anaquel. Los frutos en simulación de traslado a 22 °C llegaron a madurez de consumo a los 7 días después de cosecha, en tanto que los mantenidos a 18 y 15°C requirieron 9 días y los mantenidos a 12°C alcanzaron hasta 10 días de anaquel.

En contraste, los frutos de 'Kent' sin THC presentaron la misma tendencia que los con THC pero tuvieron al menos dos días más de vida de anaquel, donde se corrobora el efecto del THC que acelera el proceso de madurez al incrementar respiración y producción de etileno (Luna *et al.*, 2006; Yahia and Campos, 2000). Los frutos en simulación de traslado a 22°C llegaron a madurez de consumo a los siete días después de cosecha, en tanto que los mantenidos a 18°C requirieron

nueve días, los mantenidos a 15°C dieron 10 días y los conservados a 12°C mostraron 12 días de vida de anaquel (Figura 17).

Lo anterior es un factor determinante para que el importador planifique de acuerdo a sus necesidades el tiempo y temperatura de traslado.



**Figura 16. Apariencia externa de frutos de 'Kent' con THC a consumo en madurez sazón o  $\frac{3}{4}$  trasladados a diferentes temperaturas. MMLPC, 2016.**



**Figura 17. Apariencia externa de frutos de 'Kent' sin THC a consumo en madurez sazón o ¾ trasladados a diferentes temperaturas. MMLPC, 2016.**

#### 4. Variedad Keitt con o sin THC

En el Cuadro 5 se consigna el análisis de varianza de los factores grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de calidad en 'Keitt' con o sin THC. Bajo THC por efecto de grado de madurez no se detectaron diferencias significativas para ninguna de las variables, a excepción del contenido de SST, mientras que para temperatura de traslado sólo la relación °Bx/Acidez fue no significativa. Por lo que respecta a 'Keitt' sin THC, se observó una tendencia similar, sólo que el grado de madurez afectó significativamente firmeza y color de pulpa, en tanto que la temperatura de traslado influyó significativamente en todas las variables excepto la relación °Bx/Acidez.

**Cuadro 5. Análisis de varianza del efecto de los factores grado de madurez y temperatura de traslado sobre las principales variables de calidad en la variedad Keitt con o sin THC. MMLPC 2016.**

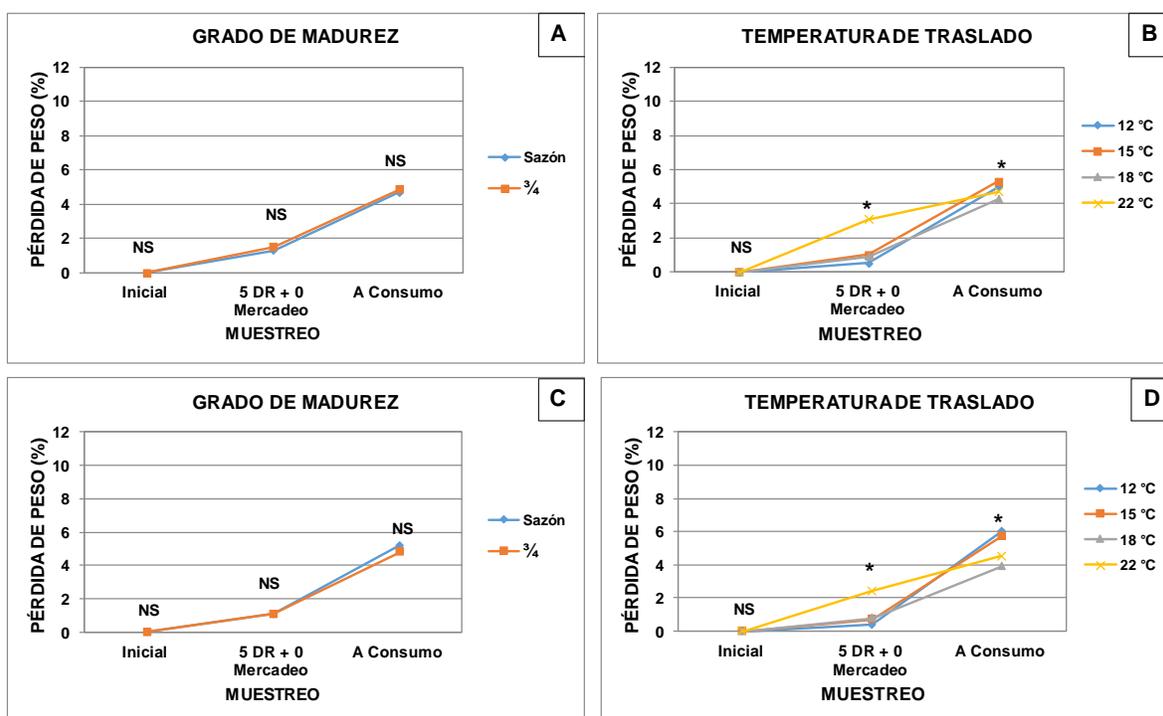
Factor	Keitt con THC					
	Pérdida Peso (%)	Apariencia Externa	Firmeza (Lbs)	Color Pulpa (Hue)	SST (°Bx)	Bx/Acidez
Madurez	NS	NS	NS	NS	*	NS
Temperatura	*	*	*	*	*	NS
Factor	Keitt sin THC					
	Pérdida Peso (%)	Apariencia Externa	Firmeza (Lbs)	Color Pulpa (Hue)	SST (°Bx)	Bx/Acidez
Madurez	NS	NS	*	*	NS	NS
Temperatura	*	*	*	*	*	NS

#### Pérdida de peso

Para 'Keitt' con THC se observó que el grado de madurez no afectó la pérdida de peso ya que no se detectaron diferencias significativas para ninguno de los muestreos (Figura 18A). En contraste, el efecto de la temperatura fue significativo al término del traslado e inclusive se mantuvo hasta madurez de consumo (Figura 18B). Al término de simulación de traslado los frutos almacenados a 12, 15 y 18°C mostraron menor pérdida de peso que los

almacenados a 22°C, tendencia que se mantuvo hasta madurez de consumo y nuevamente confirma que la refrigeración reduce la pérdida de peso al disminuir la velocidad de respiración (Kader, 1992).

En lo que respecta a frutos de 'Keitt' sin THC, se observó la misma tendencia que en frutos de 'Keitt' con THC para el factor grado de madurez al no detectarse diferencias significativas para ninguno de los muestreos (Figura 18C). El efecto de temperatura de traslado fue significativo y similar al observado en frutos de 'Keitt' con THC al término de la simulación de traslado. Los frutos almacenados a 22°C perdieron mayor peso que los almacenados a cualquier temperatura de refrigeración, aunque a consumo los frutos almacenados a 12 y 15°C mostraron mayor pérdida de peso que los trasladados a 18 y 22°C (Figura 18D).



**Figura 18. Efecto del grado de madurez (A, C) y de la temperatura de traslado (B, D) sobre la pérdida de peso (%) en frutos de 'Keitt' con o sin THC. MMLPC, 2016.**

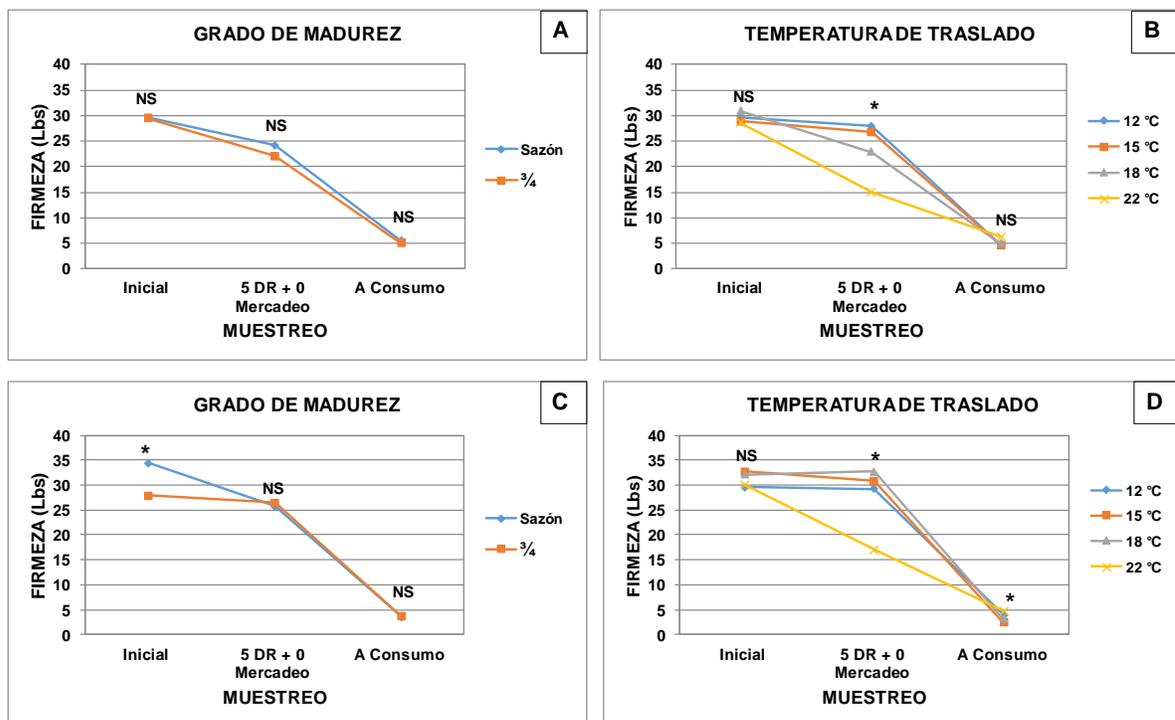
## **Apariencia externa**

En lo que respecta a apariencia externa de frutos (datos no presentados), no se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez ni para temperatura de traslado en ninguno de los muestreos; no obstante, todos los frutos mostraron una apariencia externa de excelente a buena acorde a la Norma.

## **Firmeza de pulpa**

En lo concerniente a firmeza de pulpa, en frutos de 'Keitt' con THC no se detectaron diferencias significativas para grado de madurez en ninguno de los muestreos (Figura 19A). En contraste, la temperatura solo fue significativa al término de la simulación de traslado (Figura 19B), donde se observó una correlación directa entre temperatura y pérdida de peso. A mayor temperatura, mayor pérdida de peso. No obstante, para frutos de 'Keitt' sin THC se observaron diferencias significativas al término de la simulación del traslado para ambos factores en estudio. Al inicio, los frutos sazones mostraron mayor firmeza que los  $\frac{3}{4}$  (Figura 19 C), en tanto que, para las temperaturas de traslado, las diferencias fueron mucho más marcadas. Los frutos transportados a 12, 15 o 18°C prácticamente mantuvieron la misma firmeza inicial al término del traslado mientras que los almacenados a 22°C perdieron casi el 50% de la firmeza inicial (Figura 19 D).

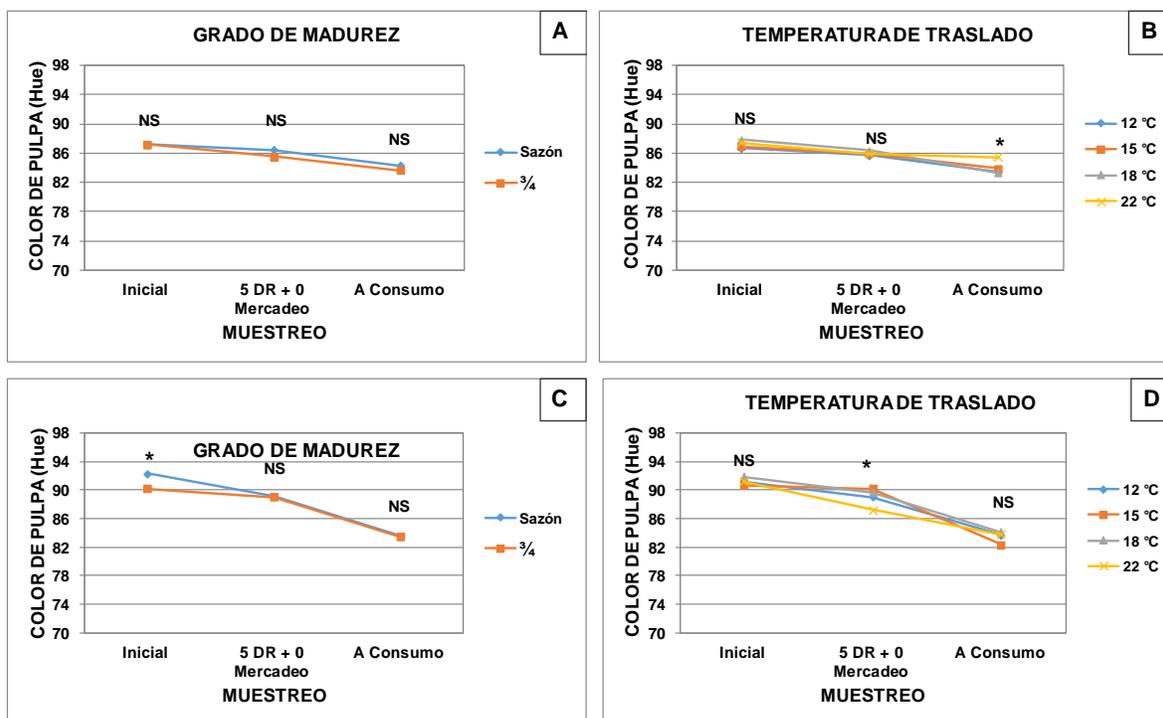
Para fines prácticos estas diferencias en mantenimiento de la firmeza debido a lo más frío o templado de las temperaturas de traslado pueden ser usadas por el empacador y/o distribuidor para manipular la temperatura acorde a sus necesidades de existencia de fruto maduro listo para comer.



**Figura 19. Efecto del grado de madurez (A, C) y de la temperatura de traslado (B, D) sobre la firmeza de pulpa (Lbs) en frutos de 'Keitt' con o sin THC. MMLPC, 2016.**

### Color de pulpa

En lo concerniente a color de pulpa en frutos de 'Keitt' con THC, no se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez (Figura 20A) pero si para temperaturas de traslado donde a consumo cualquiera de los frutos mantenidos en refrigeración mostró mayor desarrollo de color que aquellos almacenados a 22°C (Figura 20B). En contraste, para frutos de 'Keitt' sin THC se detectaron diferencias significativas para ambos factores. Los frutos sazones tuvieron menor intensidad de color de pulpa que los 3/4 (Figura 20C) y en lo que respecta a temperatura de traslado, se evidenció claramente el efecto de la refrigeración, ya que cualquiera de los frutos mantenidos bajo esta condición desarrolló más lentamente el color de la pulpa no detectándose diferencias significativas a consumo (Figura 20D).

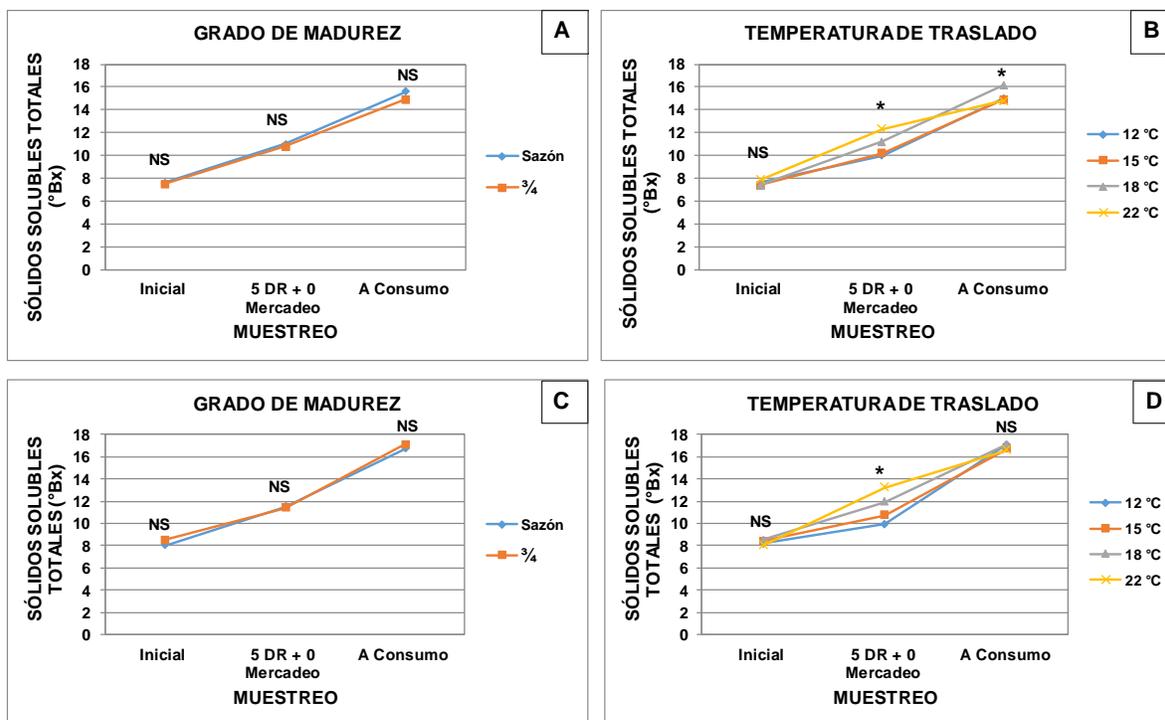


**Figura 20. Efecto del grado de madurez (A, C) y de la temperatura de traslado (B, D) sobre el color de pulpa (Hue) en frutos de ‘Keitt’ con o sin THC. MMLPC, 2016.**

### **Sólidos solubles totales (SST)**

El contenido de SST (°Bx) mostró un comportamiento similar al del color de pulpa. En frutos de ‘Keitt’ con THC, no se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez (Figura 21A) pero si para temperaturas de traslado donde los frutos almacenados a 22 y 18°C mostraron mayor contenido de SST que aquellos almacenados a 12 o 15°C (Figura 21B). Una tendencia similar se observó para frutos de ‘Keitt’ sin THC ya que no se detectaron diferencias significativas para el factor grado de madurez (Figura 21C) y en lo que respecta a temperatura de traslado, se evidenció claramente el efecto de la refrigeración en el muestreo realizado al término del traslado, ya que los frutos mantenidos a 12 y 15°C desarrollaron más lentamente el contenido de los SST que aquellos

mantenidos a 18 y 22°C, sin que se hayan detectado diferencias significativas a consumo (Figura 21D).



**Figura 21. Efecto del grado de madurez (A, C) y de la temperatura de traslado (B, D) sobre el contenido de SST (°Bx) en frutos de ‘Keitt’ con o sin THC. MMLPC, 2016.**

Es evidente que la temperatura de traslado es otro factor importante a considerar en el manejo de MMLPC ya que como se observa en la Figura 22 para frutos de ‘Keitt’ sazones o 3/4, a mayor temperatura, menor vida de anaquel. Los frutos en simulación de traslado a 22°C llegaron a madurez de consumo a los 8 días después de cosecha, en tanto que los mantenidos a 18°C requirieron 11 días, los conservados a 15°C requirieron 12 y los mantenidos a 12°C alcanzaron hasta 13 días de anaquel.

En contraste, los frutos de ‘Kent’ sin THC presentaron la misma tendencia que los con THC pero tuvieron al menos dos días más de vida de anaquel, donde

se corrobora el efecto del THC que acelera el proceso de madurez al incrementar respiración y producción de etileno (Luna *et al.*, 2006; Yahia and Campos, 2000). Los frutos en simulación de traslado a 22°C llegaron a madurez de consumo a los 9 días después de cosecha, en tanto que los mantenidos a 18°C requirieron 11 días, los mantenidos a 15°C dieron 14 días y los conservados a 12°C mostraron 15 días de vida de anaquel (Figura 23).

Lo anterior es un factor determinante para que el importador planifique de acuerdo a sus necesidades el tiempo y temperatura de traslado.



**Figura 22. Apariencia externa de frutos de 'Keitt' con THC a consumo en madurez sazón o  $\frac{3}{4}$  trasladados a diferentes temperaturas. MMLPC, 2016.**



**Figura 23. Apariencia externa de frutos de 'Keitt' sin THC a consumo en madurez sazón o ¾ trasladados a diferentes temperaturas. MMLPC, 2016.**

## CONCLUSIONES

- El grado de madurez a cosecha es uno de los factores fundamentales en el manejo de mango maduro listo para comer y conforme se incrementa éste, mayor es el Índice Mínimo de Calidad (MQI) y por lo tanto, su posible aceptación por el consumidor.
- Sin embargo, el factor grado de madurez no fue tan impactante ya que en la mayoría de las variables hubo diferencias significativas al inicio para color de cáscara, firmeza, color de pulpa y SST, pero ya no se reflejaron a consumo.
- Por el contrario, el factor temperatura de traslado impactó significativamente en la mayoría de las variables, sobre todo al término del traslado. A menor temperatura, menor pérdida de peso, mayor firmeza, menor desarrollo de color de pulpa y SST, así como mayor vida de anaquel. Este factor es determinante para que el importador planifique sus volúmenes de mango maduro listo para comer.
- Las temperaturas de traslado de 15 y 18°C serían las recomendadas dependiendo de las necesidades del importador.
- El THC en 'Kent' y 'Keitt' propició hasta dos días menos de vida de anaquel en comparación a frutos sin THC.
- Se detectaron diferencias entre variedades, especialmente en cuanto a vida de anaquel. 'Kent' sólo alcanzó 10 y 12 días de vida de anaquel con o sin THC, respectivamente. 'Keitt' alcanzó de 13 a 15, 'Ataulfo' de 11 a 14 y 'Tommy Atkins' de 12 a 14 días de vida de anaquel.

## LITERATURA CITADA

AMIA. 2016. Mango Industry Quality Standards. P. 13.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup> Ed. Vol. II. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. pp. 918-919.

Brecht JK, Sargent SA, Kader AA, Mitcham EJ, Maul F, Brecht PE y Menocal O. 2011. Manual de prácticas para el mejor manejo postcosecha del mango. HS 1190. 78 p.

Empacadoras de Mango para Exportación. EMEX, A.C. 2016. Volúmenes de exportación de las principales variedades de mango para los Estados Unidos. <http://www.mangoemex.com>

González-Moscoso S. 2014. Proposing Minimum Quality Indices and Improving Ripening Protocol for Mangos (*Mangifera indica* L.) Imported to the United States for the Improvement of Consumer Quality. Master Degree Thesis. UC Davis. 86 p.

Kader, A.A. (Ed). 1992. Postharvest Technology of Horticultural Crops (2nd Edition). UC Publication 3311. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California 94608.

Luna EG, Arévalo GML, Anaya RS, Villegas MA, Acosta RM, Leyva RG. 2006. Calidad del mango 'Ataulfo' sometido a Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario. Revista Fitotecnia Mexicana 29(2): 123-128.

Osuna-García, Jorge A. 2015. Grado de madurez de cosecha y manejo de temperatura de envío de mango destinado a mercado listo para comer. Informe Técnico. INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla. 30 p.

USDA Foreign Agricultural Service. 2016. Three years trends for U.S. mango imports. <http://www.fas.usda.gov>.

Yahia EM and Campos JP. 2000. The effect of Hot Water Treatment used for insect control on the ripening and quality of mango fruit. *Acta Hort.* 509: 495-501.