



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS**

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

**MADURACIÓN Y FRIGOCONSERVACIÓN DE FRUTOS DE MANGO 'TOMMY
ATKINS' CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN.**

YESSICA ABIGAIL ALVARADO CEPEDA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013.

La presente tesis titulada: “**Maduración y frigoconservación de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) ‘Tommy Atkins’ con diferentes dosis de fertilización**” realizada por la alumna: **Yessica Abigail Alvarado Cepeda**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD – FRUTICULTURA

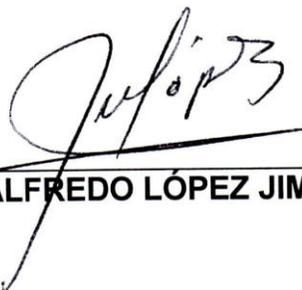
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

ASESOR:



DR. ALFREDO LÓPEZ JIMÉNEZ

ASESOR:



M.C. DAVID JAEN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, México, mayo de 2013

MADURACIÓN Y FRIGOCONSERVACIÓN DE FRUTOS DE MANGO (*Mangifera indica* L.) ‘Tommy Atkins’ CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN”

Yessica Abigail Alvarado Cepeda, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013.

RESUMEN

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las frutas más consumidas en el mundo. Durante el periodo 2000-2010 México aumentó su producción en 73 300 toneladas aumentando las exportaciones en un 25 %. En la investigación se utilizaron frutos de mango ‘Tommy Atkins’ procedentes de San Blas, Nayarit, tratados con dos tratamientos de fertilización y un testigo (sin fertilización), los cuales se dividieron en tres lotes para su evaluación siendo: 1) Condiciones de maduración directa ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR) 2) Almacenados en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, HR 95%) durante 7 días y 3) Almacenados en refrigeración durante 14 días. Los cuales después de la salida de refrigeración fueron madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR). Se estudió la influencia de las dosis de fertilización en la calidad postcosecha de frutos de mango. En la materia seca de la pulpa se determinó la concentración de: P, K, Ca y Mg. En postcosecha se evaluó la velocidad de respiración, pérdida de peso, firmeza del fruto, color externo e interno, contenido de sólidos solubles totales, acidez y vitamina C. El contenido de P, K, Ca y Mg, así como la relación $\text{K}+\text{Mg}/\text{Ca}$ no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. La calidad postcosecha de los frutos fue afectada por los tiempos de refrigeración.

Palabras Clave: fertilización, calidad postcosecha, maduración, refrigeración.

MADURACIÓN Y FRIGOCONSERVACIÓN DE FRUTOS DE MANGO (*Mangifera indica* L.) ‘Tommy Atkins’ CON DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN”

Yessica Abigail Alvarado Cepeda, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013.

SUMMARY

The mango (*Mangifera indica* L.) is one of the most consumed fruit in the world. During the period 2000-2010 Mexico increased its production by 73 300 tones exports increasing by 25%. The research used mango fruits 'Tommy Atkins' from San Blas, Nayarit, treated with two fertility treatments and a control (without fertilization), which were divided into three batches for evaluation to be: 1) Terms of maturation direct ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $50 \pm 5\%$ RH) 2) Stored in the refrigerator ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 95% RH) for 7 days and 3) Stored in the refrigerator for 14 days. Which after cooling output were ripened at room temperature ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ and $50 \pm 5\%$ RH). Studied the influence of fertilization in the postharvest quality of mango fruits. Dry matter in the pulp concentration determined by: P, K, Ca and Mg. Assessed postharvest respiration rate, weight loss, fruit firmness, external and internal color, total soluble solids, acidity and vitamin C. The content of P, K, Ca and Mg, as well as the $\text{K} + \text{Mg} / \text{Ca}$ did not differ significantly between treatments. Postharvest quality of fruits was affected by cooling times.

Keywords: fertilization, potharvest quality, maduration, refrigeration.

AGRADECIMIENTOS

Al Pueblo de México que paga impuestos y hace posible que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) puedan desempeñar la misión para la cual fueron creados, por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

Al Dr. Crescenciano Saucedo Veloz, por su gran paciencia y asesoría.

Al Dr. Alfredo López Jiménez y al MC David Jaén Contreras quienes formaron parte de mi consejo particular, por sus valiosos consejos y sugerencias durante mi formación de maestría.

Al Dr. Samuel Salazar García por el apoyo para realizar esta investigación

Al Colegio de Postgraduados y a los que fueron mis profesores, por ser parte de mi formación profesional en el ramo de la agronomía.

A la Sra. Rocío Cuellar Valdéz, por su infinito apoyo en toda mi estancia en el colegio.

A todas aquellas personas que involuntariamente no menciono, pero que contribuyeron de alguna manera a la realización del presente trabajo.

DEDICATORIAS

A Dios. Por haberme permitido llegar hasta donde estoy y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi esposo **Jorge Vega** por apoyarme en todo momento, por el apoyo brindado durante estos ocho años, por la gran paciencia y comprensión y por alentarme día a día a seguir adelante, a mi hija **Regina**, esto es por ti mi muñequita eres la fuerza que me alienta día a día, eres quien alegra nuestras vidas. Los amo.

A mis padres José Román y Juana María. Quienes me dieron la vida, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por los ejemplos de constancia, por su motivación a diario que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos **Patty, Ale, Pepe y Rocío** por su apoyo y amor que aunque estemos lejos yo sé que siempre están conmigo; a mi compadre **Víctor** y a **Fabián** y a la tropa Morita (**Vic, Sebastián, Eli, Max y Fer**) por ser la alegría de la casa.

A mis suegros, la **Sra. Brígida Chávez** y **Sr. Oscar Vega** por su apoyo infinito en todo momento, no tengo como agradecer su apoyo.

A mis cuñadas **Cintya** y **Vale** por su gran apoyo y cariño. Sin olvidarme de **Ivanna** y **Rubén** que desde lejos sentimos su apoyo.

A mi amiga **Lupita Victoria**, por el gran apoyo que siempre me brindas.

A mi abuelitos **Guadalupe**[†] y **Adela; Eusebio**[†] y en especial ti abuelita **Romana**[†] que nunca te has ido, sé que vas conmigo a donde voy.

Al **Sr. Mario Vega** y a la Sra. **Conchita Ortiz** que siempre nos dan ánimos para salir adelante.

¡GRACIAS A TODOS!

Con Cariño. Yessica Abigail

CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| RESUMEN..... | iii |
| SUMMARY | iv |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| DEDICATORIAS..... | vi |
| LISTA DE CUADROS..... | xi |
| LISTA DE FIGURAS | xv |
| I. INTRODUCCION..... | 1 |
| II. OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 2 |
| 2.2 HIPÓTESIS..... | 2 |
| III. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 3.1 El cultivo de Mango | 3 |
| 3.2 Importancia del cultivo | 4 |
| 3.3 Producción nacional..... | 4 |
| 3.4 Producción mundial | 6 |
| 3.5 Influencia de la nutrición en la calidad de frutos..... | 7 |

| | | |
|---------------------------------|---|----|
| 3.6 | Almacenamiento | 9 |
| 3.6.1 | Almacenamiento en refrigeración | 9 |
| 3.7 | Maduración | 10 |
| 3.8 | Etileno | 11 |
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS | | 12 |
| 4.1 | Material Vegetal | 12 |
| 4.2 | Análisis Nutricional del Fruto | 14 |
| 4.3 | Intensidad respiratoria | 17 |
| 4.4 | Pérdida de Peso | 18 |
| 4.5 | Firmeza de la pulpa | 18 |
| 4.6 | Contenido de sólidos solubles totales (°Brix) | 18 |
| 4.7 | Acidez titulable (AT) | 19 |
| 4.8 | Ácido ascórbico (vitamina C) | 19 |
| 4.9 | Color interno y externo | 20 |
| 4.10 | Análisis estadístico | 20 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSION | | 22 |
| 5.1 | Análisis nutricional del fruto | 22 |
| 5.2 | Intensidad respiratoria | 24 |

| | |
|--|----|
| 5.3 Pérdida de Peso | 28 |
| 5.4 Firmeza | 32 |
| 5.5 Sólidos solubles totales (°Brix) | 37 |
| 5.6 Acidez Titulable | 41 |
| 5.7 Vitamina C (Ácido ascórbico) | 45 |
| 5.8 Color Externo | 48 |
| 5.9 Color interno | 56 |
| VI. CONCLUSIONES | 63 |
| VII. LITERATURA CITADA | 64 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Producción nacional de mango en 2012..... | 5 |
| Cuadro 2. Características del huerto de mango cv. Tommy Atkins. | 12 |
| Cuadro 3. Fuentes y dosis de fertilización aplicados a los árboles de mango ‘Tommy Atkins’ en el huerto Las Palmas en 2010. | 13 |
| Cuadro 4. Tratamientos de refrigeración y fertilización..... | 20 |
| Cuadro 5. Composición nutrimental de la pulpa de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ tratados con diferentes dosis de fertilización..... | 23 |
| Cuadro 6: Análisis de correlación de Pearson entre la relación K+Mg/Ca y las variables evaluadas al momento de cosecha | 23 |
| Cuadro 7. Respuesta de la respiración durante el proceso de maduración de frutos, almacenados a temperatura ambiente ($22\pm 2^{\circ}\text{C}$). | 26 |
| Cuadro 8. Comportamiento de la pérdida de peso de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados a temperatura ambiente, evaluados el día de cosecha y a los 3 y 6 días de maduración. | 29 |
| Cuadro 9. Comportamiento de la pérdida de peso de los frutos tratados con dosis normal, alta y control, almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 4 y 7 días de maduración..... | 30 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 10. Comportamiento de la pérdida de peso de los frutos tratados con dosis normal, alta y control, almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 4 y 7 días de maduración..... | 30 |
| Cuadro 11. Comportamiento de la firmeza de los frutos almacenados a temperatura ambiente, tratados con dosis normal, alta y control evaluados el día de cosecha y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración..... | 34 |
| Cuadro 12. Comportamiento de la firmeza de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración. | 34 |
| Cuadro 13. Comportamiento de la firmeza de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración..... | 35 |
| Cuadro 14. Comportamiento de los °Brix de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados a temperatura ambiente evaluados el día de cosecha y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración..... | 38 |
| Cuadro 15. Comportamiento de los °Brix de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración. | 38 |
| Cuadro 16. Comportamiento de los °Brix de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración..... | 39 |

| | |
|---|----|
| Cuadro 17. Comportamiento de la acidez de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados a temperatura ambiente evaluados el día de cosecha y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración..... | 42 |
| Cuadro 18. Comportamiento de la acidez de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración. | 42 |
| Cuadro 19. Comportamiento de la acidez de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración..... | 43 |
| Cuadro 20. Comportamiento del ácido ascórbico de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados a temperatura ambiente evaluados el día de cosecha y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración. | 45 |
| Cuadro 21. Comportamiento del ácido ascórbico de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración..... | 46 |
| Cuadro 22. Comportamiento del ácido ascórbico de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración..... | 46 |
| Cuadro 23. Valores de L medidos para el color de la cáscara de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0,3 y 7 días de maduración..... | 50 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 24. Valores Hue medidos para el color de la cáscara de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0,3 y 7 días de maduración..... | 51 |
| Cuadro 25. Valores Croma medidos para el color de la cáscara de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0,3 y 7 días de maduración..... | 52 |
| Cuadro 26. Evolución de L del color interno de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración , tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0, 4 y 8 días de maduración. | 57 |
| Cuadro 27. Evolución de Hue del color interno de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0, 4 y 8 días de maduración. | 58 |
| Cuadro 28. Evolución de Croma del color interno de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración , tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0, 4,y 8 días de maduración. | 59 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura1. Distribución de la producción nacional de mango en 2012. | 5 |
| Figura 2. Principales países productores de mango. | 6 |
| Figura 3. Comportamiento de la respiración de frutos almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 27 |
| Figura 4. Comportamiento de la respiración de frutos almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 27 |
| Figura 5. Comportamiento de la respiración de frutos almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, HR $90 \pm 5\%$), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 28 |
| Figura 6. Pérdida de peso (%) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 31 |
| Figura 7. Pérdida de peso (%) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 31 |
| Figura 8. Pérdida de peso (%) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 9. Cambios en la firmeza (N) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 35 |
| Figura 10. Cambios en la firmeza (N) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 36 |
| Figura 11. Cambios en la firmeza (N) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 36 |
| Figura 12. Comportamiento de los Sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR). | 39 |
| Figura 13. Comportamiento de los sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 40 |
| Figura 14. Comportamiento de los sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 40 |
| Figura 15. Comportamiento de la acidez ($^{\circ}\text{Brix}$) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 43 |
| Figura 16. Comportamiento de los Sólidos Solubles Totales ($^{\circ}\text{Brix}$) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... | 44 |

| | |
|---|----|
| Figura 17. Comportamiento de los Sólidos Solubles Totales (°Brix) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 14 días en refrigeración (11°C ±1°C, 90±5% HR), y madurados a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5 % HR)..... | 44 |
| Figura 18. Comportamiento del ácido ascórbico de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados y madurados a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5%)..... | 47 |
| Figura 19. Comportamiento del ácido ascórbico de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 7 días en refrigeración (11°C ±1°C, 90±5% HR), y madurados a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 35% HR)..... | 47 |
| Figura 20. Comportamiento del ácido ascórbico de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 14 días en refrigeración (11°C ±1°C, 90±5% HR), y madurados a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 35% HR)..... | 48 |
| Figura 21. Evolución del color externo de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ durante 7 días de maduración a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5 % HR)..... | 53 |
| Figura 22. Evolución del color externo de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 7 días en refrigeración (11°C ±1°C, 90±5% HR y madurados durante 7 días a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5 % HR). | 54 |
| Figura 23. Evolución del color externo de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 14 días en refrigeración (11°C ±1°C, 90±5% HR) y madurados durante 7 días a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5 % HR). | 55 |
| Figura 24. Evolución del color interno de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados y madurados durante 8 días a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y y 50±5 % HR). | 60 |

Figura 25. Evolución del color interno de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR) y madurados durante 7 días a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... 61

Figura 26. Evolución del color interno de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR) y madurados durante 7 días a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)..... 62

I. INTRODUCCION

El mango (*Mangífera indica* L.) es una especie de la familia Anacardiaceae y una de las frutas más consumidas en el mundo. A nivel internacional existen dos grupos de mango: Mulgova e Indostano. (EMEX. 2012).

La importancia de este frutal se da por su volumen de producción, el cual a nivel mundial supera los 37.1 millones de toneladas, contribuyendo México con el 4.3% . Durante el periodo 2000-2010 México aumentó su producción en 73 300 toneladas, mientras que las exportaciones aumentaron 25 % (FAOSTAT, 2010).

Diversos factores que ocurren durante el proceso de producción incurren en el comportamiento fisiológico postcosecha y calidad de los frutos de mango, siendo la nutrición de la planta y del fruto una de las más importantes, por su relación con diversos desórdenes fisiológicos, firmeza de la pulpa, tiempo de almacenamiento y resistencia a daños mecánicos y patológicos. El efecto positivo de la nutrición en cada uno de estos aspectos, depende de un balance específico para cada caso, por lo que se requiere de un programa de fertilización que, en función de las características de la planta y de las tecnologías de producción aplicadas, proporcione este balance. Además del estado nutricional de la planta y de sus órganos, la calidad final de los frutos de mango se ve afectada por otros factores como: condiciones climatológicas durante el período de producción, los requerimientos de agua del cultivo, el manejo de plagas y enfermedades, así como el manejo durante el traslado hasta los lugares de distribución (Romojaro, 2006), además de la fecha de cosecha (Osuna, 2008 y Briceño, 2005). Lo cual hace difícil evaluar la respuesta de un

programa de fertilización y del estado nutricional obtenido, en relación al comportamiento postcosecha, sensibilidad a daños y calidad de los frutos, situación que en mango todavía es incierta y poco definida. Por lo anterior, los objetivos de este trabajo de investigación fueron:

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar el comportamiento fisiológico de los frutos relacionado con la maduración y cambios en la calidad, tras su almacenamiento a $11\pm 1^{\circ}$ C por 7 y 14 días y su posterior maduración a $22\pm 2^{\circ}$ C.

Determinar el estado nutrimental de los frutos de mango 'Tommy Atkins' respecto a los dos programas de fertilización.

Determinar el efecto de la relación del estado nutrimental con el tiempo de frigo conservación sobre el proceso de maduración y calidad de frutos de mango 'Tommy Atkins'.

2.2 HIPÓTESIS

Frutos de mango 'Tommy Atkins' tratados con dos programas de fertilización no presentan diferencias con el testigo en la vida de anaquel, evolución de la maduración y calidad tras su almacenamiento a $22\pm 2^{\circ}$ C.

El comportamiento fisiológico, evolución de la maduración y calidad de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados a $11\pm 1^{\circ}$ C por 7 y 14 días y posterior maduración a $22\pm 2^{\circ}$ C, no es afectado por los programas fertilización establecidos.

El estado nutrimental proporcionado por los programas de fertilización aplicados es el mismo y no se relaciona con el tiempo de frigo conservación y calidad de frutos de mango 'Tommy Atkins'.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El cultivo de Mango

El mango (*Mangífera indica* L.) es originario de la zona comprendida entre la India y Myanmar, botánicamente es una dicotiledónea de la familia Anacardiaceas, cuyos frutos por su morfología son clasificados como drupa (Galán, 2009).

Los mangos han sido clasificados por su color y atributos sensoriales de la pulpa en Mulgova e Indostanos. Los del grupo mulgova son frutos de forma alargada, cáscara suave, de color amarillo, ligeramente fibrosa, aromáticos y de sabor agradable. Dichas variedades son 'Manila', 'Ataulfo', 'Diplomático', 'Criollo' y otros del mismo fenotipo; los del grupo indostano son frutos de forma ovalada, cáscara correosa, de color verde con chapeo, pulpa de color amarillo, ligeramente fibroso, aromáticos y de sabor agradable. Incluye las variedades; 'Haden', 'Keitt', 'Kent', 'Tomy Atkins', 'Irwin, Zill', 'Sensation', 'Oro', 'Vandycke, Vishis' (Manzanillo) y otras del mismo fenotipo. La mayoría de los cultivares tienen aroma fuerte, intensa coloración, sabor característico y alto valor nutritivo, debido a sus altos contenidos de vitamina C. β caroteno y minerales (Sagar *et al.*, 1999).

3.2 Importancia del cultivo

Las variedades de mango más comercializadas en el mercado internacional son 'Kent' y 'Tommy Atkins', mientras que el mercado interno de México muestra preferencia por los cultivares 'Manila' y 'Ataulfo' (Mosqueda, 2002)

Los principales cultivares de mango que se producen en México con fines de exportación son 'Kent', 'Keitt', 'Tommy Atkins' y 'Haden', y en los últimos años también 'Ataulfo', todos ellos por sus características sobresalientes de sabor, aroma y tamaño (Báez, 1998; Osuna-García et al., 2002).

3.3 Producción nacional

La producción nacional en 2012 fue de un millón 452 mil toneladas, los principales estados productores Chiapas, Guerrero, Nayarit, Veracruz, Michoacán y Oaxaca (SIAP 2012), que aportan en conjunto el 65 por ciento de la producción nacional.

Cuadro 1. Producción nacional de mango en 2012.

| Estado | Sup. Sembrada (ha) | Sup. Cosechada (ha) | Producción (ton) | Rendimiento (ton/ha) | Valor producción (miles de pesos) |
|------------------|--------------------|---------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|
| Chiapas | 26,178.59 | 24,798.59 | 184,859.47 | 7.45 | 690,935.56 |
| Guerrero | 25,066.15 | 24,591.90 | 352,779.30 | 14.34 | 1,444,863.52 |
| Nayarit | 23,446.87 | 22,767.87 | 292,585.40 | 12.85 | 604,587.09 |
| Veracruz | 22,353.78 | 22,353.28 | 112,806.11 | 5.05 | 242,444.30 |
| Michoacán | 23,535.83 | 20,265.31 | 121,980.79 | 6.02 | 397,316.45 |
| Oaxaca | 18,641.60 | 17,865.60 | 166,439.70 | 9.32 | 300,976.04 |

Fuente: SIAP 2012

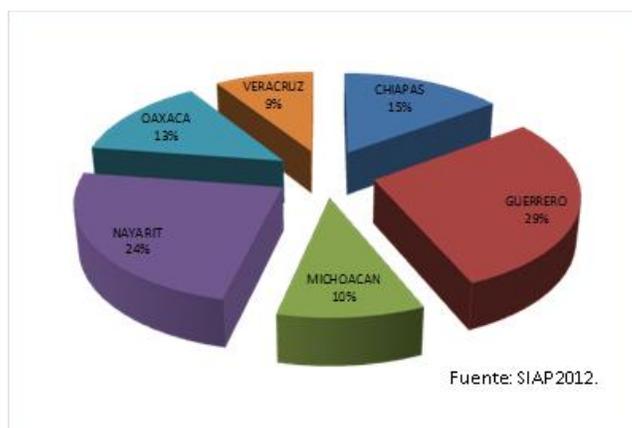


Figura1. Distribución de la producción nacional de mango en 2012.

3.4 Producción mundial

La producción de mango a nivel mundial en 2012 (FAO, 2012) indica que India es el principal productor con 9,788,830 toneladas, seguido por China, Tailandia y Pakistán. La FAO ubica a México como el quinto productor más importante a nivel mundial, con un valor de producción estimado en 978 millones de dólares anuales; además, es el principal productor de mango en el Continente Americano. Durante los primeros ocho meses de 2012, las exportaciones de mango que realiza México crecieron 33.3%, en comparación del mismo periodo de 2011, en el cual el valor de las exportaciones de mango alcanzó los 215 millones de dólares. En lo que corresponde a su volumen, indicó que se exportaron 275 mil toneladas, lo que representa un 21.3 % más que en el mismo periodo del 2011(FAO, 2012).

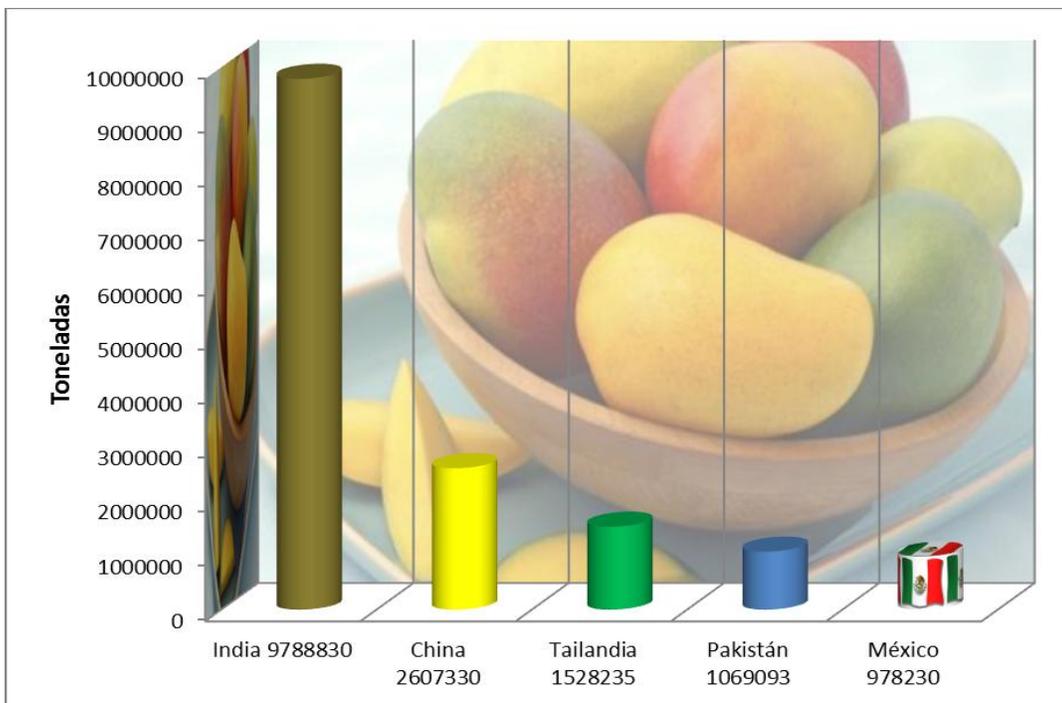


Figura 2. Principales países productores de mango.

Fuente: FAO 2012

3.5 Influencia de la nutrición en la calidad de frutos.

Las condiciones ambientales y las prácticas culturales donde se desarrolla el fruto de mango influyen en la maduración, calidad y vida de anaquel del fruto (Galán, 2009). La influencia de la nutrición en el frutal dependerá de los elementos, del déficit o exceso de estos. Las curvas de absorción de nutrimentos son una herramienta que permite conocer las necesidades o los momentos de máxima absorción y así ajustar los diferentes programas de fertilización, ya que mediante su expresión gráfica es más fácil determinar dichas necesidades (Bertsch 1995, Sancho 1999). Al ajustar la fertilización a la demanda se asegura una mayor calidad, especialmente en el caso del mango, ya que se sabe que en este tipo de fruto existe una estrecha relación entre el contenido de los diferentes nutrimentos y la calidad postcosecha del fruto (Oosthuysen 1997, Donald et al. 2002). Los frutos representan una tercera parte de la necesidad total de nutrimentos y los rendimientos varían de acuerdo al ciclo de producción y la edad de la planta. Los niveles se ajustan según la eficiencia de los nutrientes aplicados como fertilizantes: 70 % para el N, 20 % y 40% para el P en suelos pesados y arenosos respectivamente y 50 % para el K (Avilán, 1999). De las curvas de absorción de nutrimentos, depende la importancia de suministrarlos adecuadamente en fases tempranas del ciclo de desarrollo, el agua y cualquier otro factor que limite el incremento en tamaño del fruto; la carencia de alguno de estos factores posiblemente resulte en fruta pequeña y también el realizar la cosecha antes de tiempo puede resultar en un menor rendimiento de la producción, debido a que el incremento en peso se da en las etapas finales ya que el crecimiento y el desarrollo alteran los requerimientos nutricionales de una planta, pero también la nutrición

mineral afecta el crecimiento y desarrollo de la planta (Fallas, 2010). De acuerdo con Hardy (1970), los suelos del trópico cálido-húmedo de México se caracterizan por su baja capacidad de intercambio catiónico, alta acidez (pH de 4.5- 5.5), alta concentración de Fe y Al intercambiables y una muy marcada deficiencia de fósforo soluble, lo cual repercute sobre la calidad de frutos.

Se han encontrado marcadas diferencias en la absorción de nutrimentos en los frutos entre los distintos cultivares e inclusive dentro de un mismo cultivar, lo cual es asociado a los distintos contenidos de nutrimentos que se presentan en cada sitio donde se desarrollaron los estudios (Stassen et al. 1997, Silva et al. 2002).

Los nutrientes tienen influencia en la maduración y calidad final de los frutos. Romero-Gomezcaña et al. (2006) reportan que la aplicación de Ca (20 g L⁻¹) en suelo en pre cosecha reduce la velocidad de respiración en frutos de mango 'Haden', ya que el mayor contenido de Ca reduce la intensidad respiratoria y la producción de etileno, así mismo encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), por efecto de las aplicaciones de calcio en suelo, en la luminosidad (L) del color de la cáscara y establecieron que la evolución del color durante el almacenamiento es más lento en aquellos frutos provenientes de árboles tratados con Ca (20 g L⁻¹) también encontraron que la firmeza final en frutos de mango 'Haden' provenientes de huertos con aplicaciones de 15 y 20 g/L⁻¹ de Ca, es mayor que en aquellos que no fueron aplicados.

3.6 Almacenamiento

El mango es vulnerable a la pérdida postcosecha debido a su alta perecibilidad natural. Los factores que afectan el almacenamiento de mango son: cultivar, estado de madurez, tamaño, método de cosecha, manejo, embalaje y modo de transporte. La vida de anaquel de mango no excede de las 2-3 semanas y es limitada por deterioro fisiológico relacionado con sobre maduración y enfermedades postcosecha (Cunha, 2000).

3.6.1 Almacenamiento en refrigeración

Los frutos de mango son cosechados normalmente en madurez fisiológica y después son transportados y almacenados a bajas temperaturas (10-15° C) para extender su vida postcosecha (Snowdon, 1990). Wang et al. (2007) menciona que el fruto de mango es susceptible a daños por frío a temperaturas menores a 13° C manifestando oscurecimiento de la pulpa, decoloración y hundimientos en la piel. Luna *et al.* (2006) reportan que el mango 'Ataulfo' no es apto para almacenarse a 10 °C ya que produce síntomas de daño por frío, además de acelerar la intensidad respiratoria y emisión de etileno, inactivar enzimas y cambiar la permeabilidad de la membrana de la pared.

De forma general se recomiendan temperaturas de almacenamiento en frío de 7-9° C para frutos verdes y entre 10-15° C para frutos maduros. A estas temperaturas pueden conservarse los mangos durante 2-4 semanas, la temperatura exacta depende del cultivar y de acuerdo a la investigación realizada por Dantas de Morais, y Simão de Assis (2004) para 'Tommy Atkins' recolectado en el apropiado punto de

madurez puede almacenarse a 8° C y 67% de humedad relativa durante 18 días sin daños por frío conservando toda su calidad comercial tras ser transferido a temperatura ambiente.

3.7 Maduración

La maduración de los frutos es un proceso genéticamente programado, que involucra una serie de cambios fisiológicos bioquímicos y organolépticos que conducen al desarrollo de los frutos blandos, comestibles y de calidad deseable, iniciada por la producción de etileno y un incremento en la tasa respiratoria. La madurez fisiológica en frutos de mango, se ha correlacionado con características físicas y químicas. Dentro de las físicas se consideran el color, forma, tamaño y crecimiento de hombros. Dentro de las químicas se encuentran: Sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de almidón, compuestos fenólicos y carotenoides (Tharanathan *et. al.*, 2006).

El desarrollo de la maduración, se manifiesta por el incremento en respiración, degradación de clorofila, biosíntesis de carotenoides, antocianinas, componentes de sabor así como el incremento de actividad enzimática de la pared celular y etileno. La acidez disminuye, mientras que la concentración de sólidos solubles totales aumenta, debido a la transformación del almidón en azúcares durante la maduración (Selvaraj *et al.*,2005).

El incremento del dulzor es resultado de la gluconeogénesis, hidrólisis de polisacáridos, especialmente del almidón, disminución de la acidez, acumulación de azúcares e incremento de los ácidos orgánicos y el balance de azúcar/acidez

(Lizada, 1993). También se asocia a la pérdida de firmeza, deshidratación y cambios en el grosor de la pared celular, desorganización estructural e incremento de espacios intercelulares (Fuchs *et al.*, 1980). Inicia al final del crecimiento, donde la característica más evidente en frutos climatéricos es el incremento en la respiración y la producción de etileno (Adams y Yang, 1979).

3.8 Etileno

El etileno conocido como la hormona de la maduración, existe en estado gaseoso, regula aspectos de crecimiento, inicia y controla la maduración. Su precursor es el ácido 1- aminociclopropano- 1- carboxílico (ACC) (Adams y Yang, 1979). En mango, un volumen de 0.01- 0.02 $\mu\text{L L}^{-1}$ es suficiente para disparar el proceso de maduración (Matto *et. al.*, 1975)

De acuerdo con Báez *et al.* (1997), se puede mostrar que los frutos de mango de los cultivares Keitt y Tommy Atkins no liberan etileno o lo producen en cantidades mínimas o trazas (Contreras-Martínez *et al.*, 2003), lo que coincide con lo obtenido por Romero-Gomezcaña (2006), quién tampoco lo detectó en frutos de del cultivar 'Haden' cosechados de árboles tratados con calcio.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Material Vegetal

Se cosecharon 360 frutos de mango (*Mangífera Indica* L.) cv. Tommy Atkins. Los cuales correspondieron a la cosecha 2011, seleccionando muestras en fase de madurez fisiológica: Categoría “Mínimo aceptable”: color amarillo-pálido en 100% de la superficie de la pulpa; (EMEX, 2012), provenientes de árboles manejados a partir de Junio 2010 con tres dosis de fertilización, lo que constituyó para el estudio tres tratamientos: dosis Normal, dosis Alta y Control.

Para el experimento se utilizaron frutos de un huerto de mango del cv. Tommy Atkins, ubicado en Las Palmas, Municipio de San Blas, Nayarit, con clima Cálido-subhúmedo, suelo (Ah+Bc/3P) Acrisol+ Cambisol Crómico, Textura fina-pedregosa.

Cuadro 2. Características del huerto de mango cv. Tommy Atkins.

| | | |
|--------------------|-------------------------------|---|
| Coordenadas | Latitud N | 21° 36' 45.8" |
| | Longitud O | 105° 11' 19.5" |
| | Altura (msnm) | 140 |
| | PMA (mm) | 1453 |
| | Tipo de suelo | Acrisol húmico + Cambisol crómico, textura fina, pedregosa. |
| | Edad del huerto (años) | 30 |

PMA= Precipitación media anual

Cuadro 3. Fuentes y dosis de fertilización aplicados a los árboles de mango 'Tommy Atkins' en el huerto Las Palmas en 2010.

| Fuentes de fertilizantes | Dosis | Dosis alta | Dosis | Fechas de aplicación |
|---|-----------------------|------------|---------|----------------------|
| | normal | | control | |
| | g.árbol ⁻¹ | | | |
| Fosfato monoamónico(MAP) | 3631 | 5447 | 0 | Julio |
| Cloruro de Potasio (KCl) | 1085 | 1628 | 0 | Junio |
| Sulfato de Calcio (CaSO ₄) | 800 | 1200 | 0 | Julio |
| Sulfato de Magnesio (MgSO ₄) | 260 | 390 | 0 | Julio |
| Sulfato de Fierro (FeSO ₄) | 166 | 249 | 0 | Julio |
| Sulfato de Manganeso (MnSO ₄) | 36 | 54 | 0 | Julio |
| Sulfato de Zinc (ZnSO ₄) | 26 | 39 | 0 | Julio |
| Boronat (10% Boro) | 561 | 842 | 0 | Julio |

Después de cosechados los frutos, fueron trasladados al laboratorio de Fisiología Postcosecha del Programa de Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, donde se realizó una preselección para eliminar los frutos con daños físicos e inmaduros y de esta manera obtener una muestra homogénea en sanidad y grado de madurez. Los frutos de cada tratamiento se dividieron en tres lotes, almacenando uno de ellos directamente a condiciones de maduración (22° C ± 2° C y 50±5 % HR); los otros dos lotes se almacenaron a condiciones de refrigeración (11° C±1° C y 90±5% HR), uno de ellos durante 7 días y el otro por 14 días (Cuadro

4), al final de los cuales se expusieron a las condiciones de maduración antes indicadas. Para cada una de las condiciones de almacenamiento establecidas se realizaron evaluaciones del comportamiento fisiológico y de calidad al momento de cosecha y posteriormente cada dos días en los de calidad y diariamente los fisiológicos cuando los frutos se almacenaron a las condiciones de maduración. Las variables fisiológicas evaluadas fueron: Intensidad respiratoria y pérdidas de peso; las de calidad incluyeron: firmeza de la pulpa, color externo e interno, sólidos solubles totales, acidez titulable (AT) y contenido de ácido ascórbico (vitamina C). Para las variables de calidad destructivas se analizaron tres repeticiones en cada periodo de evaluación, para las no destructivas diez repeticiones, considerando un fruto como una repetición; para las variables fisiológicas de respiración se consideraron cinco repeticiones y diez para pérdida de peso, considerando también un fruto como una repetición.

4.2 Análisis Nutricional del Fruto

El análisis nutricional se realizó en cinco frutos de cada tratamiento (dosis normal, dosis alta y control) cosechados en madurez fisiológica, de los cuales fueron separados en sus componentes: pulpa, cáscara y semilla; Enseguida se deshidrataron en una estufa Lab-line Imperial 5 (3488M USA.) con aire forzado a 70 °C hasta peso constante, posteriormente se molieron en un molino de acero inoxidable Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10, USA.) con tamiz calibre 40.

La digestión de las muestras se hizo con 0.5g de materia seca; cada muestra se colocó en un matraz de digestión de 30mL; al que se le adicionaron 10mL de HNO₃

concentrado más 3.0mL de la mezcla ácido perclórico y ácido sulfúrico, ambos grado reactivo. Posteriormente se pusieron a digerir en una plancha con arena a 300°C hasta que la solución tomó una coloración cristalina y volumen de 1.5 a 3.0mL, este proceso tomo cinco horas aproximadamente. Después de enfriarse un poco se agregó 10 mL de agua destilada en cada matraz.

4.2.1 Fósforo

El P se cuantificó por el método de Vanadato Molibdato amarillo a partir de la solución madre. Una alícuota de 1mL fue colocada en un matraz volumétrico de 10mL al que se agregó 1.5mL de la mezcla de Vanadato de amonio y heptamolibdato de amonio después se aforó, enseguida se agitó un poco y se procedió a tomar la lectura en el espectrofotómetro modelo Spectronic 20D de la marca Milton Roy Company, a 470 nm. Los datos obtenidos se compararon con una curva de calibración y los cálculos se efectuaron con la siguiente ecuación:

$$\%P = \frac{\text{Absorbancia} \times \text{vol. digestión} \times \text{vol. dilución} \times 100}{M \times \text{peso muestra} \times 1,000,000 \times \text{alícuota}}$$

Dónde:

M = Pendiente de la curva estándar

Los datos se reportaron como $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de materia seca.

4.2.2 Potasio, Calcio y Magnesio.

Para potasio se tomó 1mL de la solución filtrada de la digestión y se colocó en un matraz volumétrico de 25mL y se aforó. En los casos de calcio y magnesio se tomó 1mL de la solución para potasio y se aforó a 10mL. Se agitaron un poco y se procedió a tomar la lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica con emisión de flama, marca GBS Scientific Equipment.

Los cálculos se realizaron con las siguientes ecuaciones:

$$\%K = \frac{\text{ppm K} \times \text{vol. digestión} \times \text{vol. dilución} \times 100}{\text{Peso muestra} \times 1,000,000 \times \text{alícuota}}$$

$$\%Ca = \frac{\text{ppm Ca} \times \text{vol. digestión} \times \text{vol. dilución} \times \text{vol. dilución} \times 100}{\text{Peso muestra} \times 1,000,000 \times \text{alícuota} \times \text{alícuota}}$$

$$\%Mg = \frac{\text{ppm Mg} \times \text{vol. digestión} \times \text{vol. dilución} \times \text{vol. dilución} \times 100}{\text{Peso muestra} \times 1,000,000 \times \text{alícuota} \times \text{alícuota}}$$

Los datos obtenidos se reportaron como g 100 g⁻¹ de materia seca.

4.3 Intensidad respiratoria

Se evaluó cuantificando la concentración de CO₂ liberada, por cromatografía de gases según el método descrito por Mendoza y Báez (2000). Cada unidad experimental consistió en un fruto, que fue colocado en una cámara de 2L y cerrada herméticamente durante 1h, transcurrido este tiempo se tomó 1mL del gas del espacio de cabeza y se inyectó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard (modelo 5890 Serie II), con una columna tipo abierta con empaque de capa porosa de silica, conectada simultáneamente a un detector (A) de ionización de flama (FID) y (B) un detector de conductividad térmica (TCD). Las condiciones de lectura fueron: temperatura de columna= 150°C, temperatura del FID=180°C, temperatura del TCD=180°C. Las concentraciones de las muestras se determinaron con la siguiente ecuación:

$$\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1} = \frac{(\text{A}_p - \text{A}_t) \times 0.05 \times (V - V_p)}{\text{A} \times P \times T} = \frac{\text{mL CO}_2}{\text{kg}^{-1} \text{ h}^{-1}}$$

Dónde:

A_p= Área proporcionada por el cromatógrafo de la muestra problema.

A_t= Área proporcionada, de la muestra inyectada del medio ambiente (testigo).

0.05= Factor de conversión de la concentración del patrón (5%).

V= Volumen del recipiente en el que fue encerrada la fruta, mL.

V_p= Volumen ocupado por el producto (Volumen de la fruta), mL.

A= Área proporcionada por el patrón.

Pp= Peso del fruto.

T= tiempo de encierro del fruto, h.

Los resultados se expresaron como mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹

4.4 Pérdida de Peso

Se evaluó con una balanza digital ALSEP EY-2200, pesando diariamente los frutos durante 7 días para determinar el porcentaje de pérdida de peso según la siguiente ecuación:

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

4.5 Firmeza de la pulpa

Se determinó por penetración utilizando un Texturómetro Universal WAGNER Force Five Modelo FDV-30, con un puntal cónico de 7mm de diámetro, retirando la cáscara de la parte ecuatorial de cada lado del fruto, reportando los datos obtenidos en Newtons (N).

4.6 Contenido de sólidos solubles totales (°Brix)

Se determinó de acuerdo con el método descrito por la AOAC (1990), utilizando un refractómetro digital ATAGO Palette PR-32 con un rango de lectura de 0 a 32°Brix, en el cual se colocaron unas gotas de jugo y se tomó la lectura, los datos se expresaron en °Brix.

4.7 Acidez titulable (AT)

Se determinó por el método volumétrico de la AOAC (1990), en cuyo caso se tomaron 10g de pulpa y se licuaron con 50mL de agua destilada; posteriormente la mezcla se filtró y del filtrado se tomaron 5mL los cuales se titularon con NaOH (0.1N). El resultado fue expresado como porcentaje de ácido cítrico.

Dónde:
$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{G \times N \times \text{Meq} \times V_t}{P \times A} \times 100$$

G = Gasto utilizado en la titulación (mL)

N = Normalidad del hidróxido de sodio (0.1N)

Meq = Miliequivalente del ácido cítrico (0.064)

Vt = Volumen total (muestra más agua) (mL)

P = Peso de la muestra utilizada (g)

A = Alícuota (mL)

4.8 Ácido ascórbico (vitamina C)

Se determinó con base en el método del 2,6 diclorofenol indofenol de la AOAC (1990). Para esto se pesaron 5g de pulpa y se homogeneizaron con 50 mL de ácido oxálico (0.5%); posteriormente se tomó una alícuota de 5mL y se tituló con solución de Tillman hasta el vire color rosa de la solución. Los cálculos de ácido ascórbico de hicieron a partir de una solución estándar y se expresaron como mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de pulpa.

4.9 Color interno y externo

Se evaluó mediante un colorímetro Hunter Lab D25-PC2. Obteniendo directamente los valores L^* , a^* y b^* Hunter y con ellos se calculó el ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue) y el Índice de Saturación (Croma), de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ángulo Hue} = \text{Arco tangente} \left(\frac{b}{a} \right)$$

$$\text{Índice de saturación} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

4.10 Análisis estadístico

Cuadro 4. Tratamientos de refrigeración y fertilización

| Tratamiento | Tiempo de refrigeración | Dosis de fertilización |
|-------------|------------------------------|-----------------------------------|
| T1 | Ambiente (Sin refrigeración) | Dosis alta |
| T2 | Ambiente (Sin refrigeración) | Dosis normal |
| T3 | Ambiente (Sin refrigeración) | Dosis control (Sin fertilización) |
| T4 | 7 días | Dosis alta |
| T5 | 7 días | Dosis normal |
| T6 | 7 días | Dosis control (Sin fertilización) |
| T7 | 14 días | Dosis alta |
| T8 | 14 días | Dosis normal |
| T9 | 14 días | Dosis control (Sin fertilización) |

El diseño experimental utilizado para las variables de calidad fue un factorial con dos factores (tiempo de refrigeración y dosis de fertilización) cada uno con tres niveles.

Para el análisis nutrimental se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones.

Todos los resultados se sometieron a un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS para Windows V9. SAS System Versión 9.0 (SAS Institute, 2000). Y la comparación de medias se realizó por el método de Tukey ($p \leq 0.05$).

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Análisis nutrimental del fruto

El análisis nutrimental de la pulpa de frutos de mango cv. Tommy Atkins al momento de cosecha no mostro diferencias ($p \leq 0.05$) en las concentraciones de P, K, Ca, y Mg, el balance de los tres últimos elementos genero una relación K+Mg/Ca diferente en cada tratamiento. La pulpa de los frutos tratados con las dosis Normal y Alta presentaron una relación mayor (3.11 y 2.15, respectivamente) al control (1.95) (Cuadro 5), influyendo en el caso de la dosis Alta la menor concentración de Ca. Cabe señalar que el pH del suelo para este tratamiento fue 4.75, para dosis Normal 4.95 y para el control 6.10. Cuando el pH de la solución del suelo es menor a 5 la baja la disponibilidad de Ca para la planta resulta más evidente que la de K y Mg (Epstein y Bloom, 2005) . Romero Gomezcaña (2006) encontró en frutos tratados con cinco dosis de calcio aplicado al follaje en precosecha relaciones K+Mg/Ca de 2.6 a 3.3. Por su parte Mellado (2012) en frutos de Mango cv. Tommy Atkins cosechados en madurez fisiológica, bajo condiciones de temporal en Nayarit, México encontró concentraciones (%) de 0.04 para P, 1.18 K, 0.39 Ca y 0.37 para Mg, en esta investigación se encontraron concentraciones inferiores, particularmente de K, Ca y Mg. Madeiros *et al.* (2004) reporta que los mayores niveles nutrimentales en la pulpa de mango cv. Tommy Atkins corresponden a K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} , tendencia que se presentó en los frutos de la dosis Normal con $K=Mg>Ca$, siendo diferente para el caso de dosis Alta con un nivel nutrimental $K>Mg>Ca$.

Cuadro 5. Composición nutrimental de la pulpa de frutos de mango 'Tommy Atkins' tratados con diferentes dosis de fertilización.

| Dosis de fertilización | g 100g ⁻¹ m.s . | | | | |
|------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|---------|
| | P | K | Ca | Mg | K+Mg/Ca |
| Normal | 0.03 a ^y | 0.14a | 0.13a | 0.14a | 2.15a |
| Alta | 0.03 a | 0.18a | 0.09a | 0.10a | 3.11a |
| Control | 0.03 a | 0.19a | 0.15a | 0.10a | 1.95a |

^yValores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha \leq 0.05$)

El análisis de correlación entre la relación los valores de la K+Mg/Ca de cada tratamiento, respecto a las variables bioquímicas y fisiológicas evaluadas al momento de cosecha, se muestran en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Análisis de correlación de Pearson entre la relación K+Mg/Ca y las variables evaluadas al momento de cosecha

| Variable | Coefficiente de correlación (r ²) |
|--|---|
| Velocidad de respiración (mL CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) | 0.85 |
| Firmeza de la pulpa (Newtons) | 0.97 |
| Ácido Ascórbico (mg 100g ⁻¹) | 0.98 |
| <u>Color externo</u> | |
| Tonalidad (°Hue) | 0.99 |
| Croma (IS) | 0.91 |
| Luminosidad (L) | 0.79 |
| a-Hunter | -0.96 |
| b-Hunter | 0.04 |
| <u>Color pulpa</u> | |
| Tonalidad (°Hue) | 0.71 |
| Croma (IS) | 0.71 |
| Luminosidad (L) | -0.97 |
| a-Hunter | 0.05 |
| b-Hunter | |
| Relación °Brix/% Ácido Cítrico | 0.94 |

5.2 Intensidad respiratoria.

La velocidad de respiración al momento de cosecha resultó menor en los frutos de los tratamientos Control y Dosis Normal con 16.30 y 15.47 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente, siendo mayor en los frutos con Dosis Alta los cuales se situaron en 26.21 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Es de señalar que estos valores de velocidad de respiración correlacionaron positivamente (0.85) con los valores de la relación K+Mg/Ca, siendo estos últimos de: 1.95 para el control, 2.15 para la Dosis Normal y 3.11 para la dosis Alta (Cuadro 5); lo cual permite establecer que la relación K+Mg/Ca influye en el metabolismo de los frutos de mango 'Tommy Atkins', de tal manera que a mayor K+Mg/Ca, la velocidad de respiración también resulta mayor. Es de señalar que esta misma respuesta de la velocidad de respiración se observó durante el periodo de maduración con velocidades de respiración promedio de 32.45, 25.66 y 39.95 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ para el Control y Dosis Normal y Dosis Alta, respectivamente (Cuadro 7).

En cuanto al comportamiento respiratorio postcosecha, los frutos de mango de todos los tratamientos presentaron el típico patrón climatérico de respiración, con un máximo, al quinto día de almacenamiento a las condiciones de maduración, de 49.68 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ y 39.8 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ para el Control y Dosis Normal, presentándose al sexto día en los frutos con Dosis Alta con un máximo climatérico de 49.48 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 3). Resultados similares han sido reportados por Siller-Cepeda *et al* (2009), quienes reportan valores de 40.0 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ en frutos del cv. Tommy Atkins almacenados y madurados a temperatura ambiente.

En cuanto a la velocidad de respiración de los frutos almacenados a las condiciones de refrigeración y posteriormente transferidos a temperatura de maduración (22±2°

C), los resultados revelaron que esta disminuyó conforme se prolongó el tiempo de almacenamiento, con lo cual el máximo climatérico después de 7 días se presentó al quinto día con 28.83 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, 30.70 y hasta 38.07 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ para el Control, Dosis Normal y Dosis Alta, respectivamente; la velocidad de respiración al máximo climatérico después de 14 días disminuyó hasta 16.32 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ en el Control al quinto día, así como 15.34 y 27.43 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ para la Dosis Normal y Alta, en el mismo orden, al sexto día de exposición a las condiciones de maduración (Figuras 4 y 5). Una disminución en la velocidad de respiración después de periodos cortos de frigoconservación en frutos de mango, ha sido reportado por diversos investigadores (Saucedo *et al.*, 1977), siendo indicativo de la alta sensibilidad de los frutos de mango a las bajas temperaturas de refrigeración, manifestándose inicialmente por un proceso de maduración incompleto, principalmente debido a un menor aporte de energía al limitarse la velocidad de respiración, como ocurrió en los frutos almacenados por 14 días a 11±1° C, independientemente del tratamiento de fertilización aplicado.

Cuadro 7. Respuesta de la respiración durante el proceso de maduración de frutos, almacenados a temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$).

| Tratamiento | Días de evaluación al ambiente | | | | | | | | | |
|---------------|--------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| | TR, DF | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 | Promedio |
| Ambiente (DN) | | 15.47ab ^y | 21.82ab | 21.51ab | 15.50ab | 32.30abc | 39.40ab | 33.00abc | 26.31ab | 25.66bc |
| Ambiente (DA) | | 26.21a | 41.02a | 32.83a | 29.63a | 44.78a | 49.15a | 49.48a | 46.50a | 39.95a |
| Ambiente (C) | | 16.30ab | 26.82ab | 26.10ab | 22.32ab | 41.15ab | 49.68a | 45.19ab | 32.03ab | 32.45ab |
| 7 días (DN) | | 13.47b | 19.9ab | 15.00b | 15.54ab | 14.88c | 30.70ab | 16.72c | 18.45b | 19.36cd |
| 7 días (C) | | 15.00ab | 23.60ab | 19.42b | 18.70ab | 24.49abc | 38.07ab | 24.94bc | 21.77b | 23.25c |
| 7 días (DA) | | 15.30ab | 18.68b | 14.97ab | 12.00b | 21.62bc | 28.83ab | 25.52bc | 20.76b | 19.71cd |
| 14 días (DN) | | 10.29b | 9.81b | 11.31b | 9.37b | 12.28c | 14.66b | 15.34c | 13.34b | 12.05d |
| 14 días (DA) | | 11.00b | 13.07b | 12.92b | 12.93b | 11.67c | 17.85b | 27.43bc | 14.15b | 13.79d |
| 14 días (C) | | 8.72b | 11.16b | 11.41b | 11.28b | 14.23c | 16.32b | 15.52c | 13.42b | 12.76d |

TR: Tiempo de refrigeración, DF: Dosis de fertilización DN: Dosis normal, DA:Dosis Alta, C: Control, respectivamente.

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

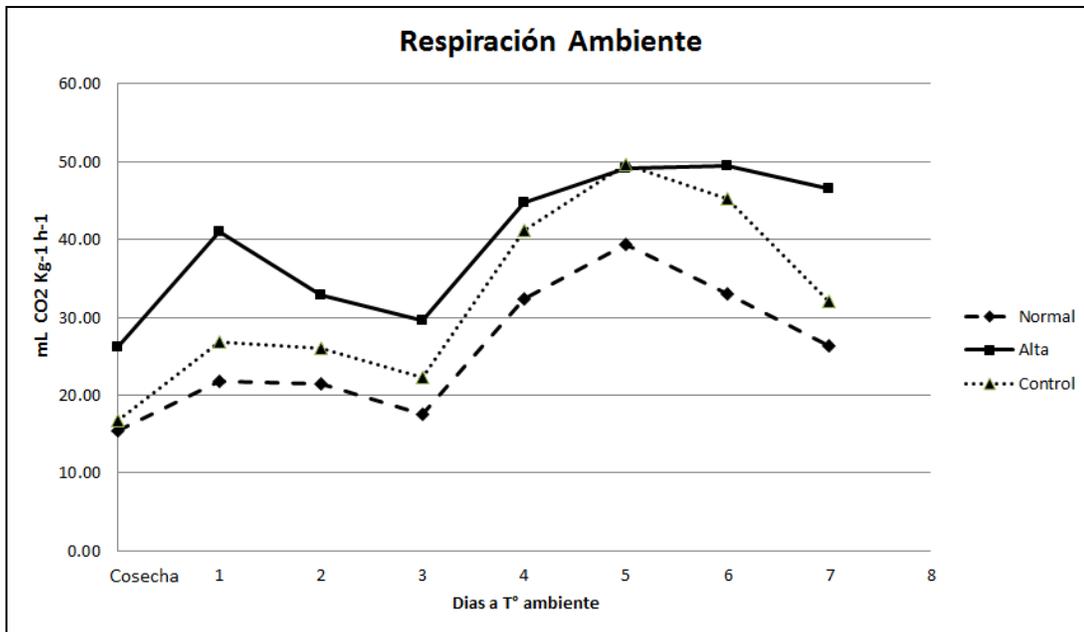


Figura 3. Comportamiento de la respiración de frutos almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

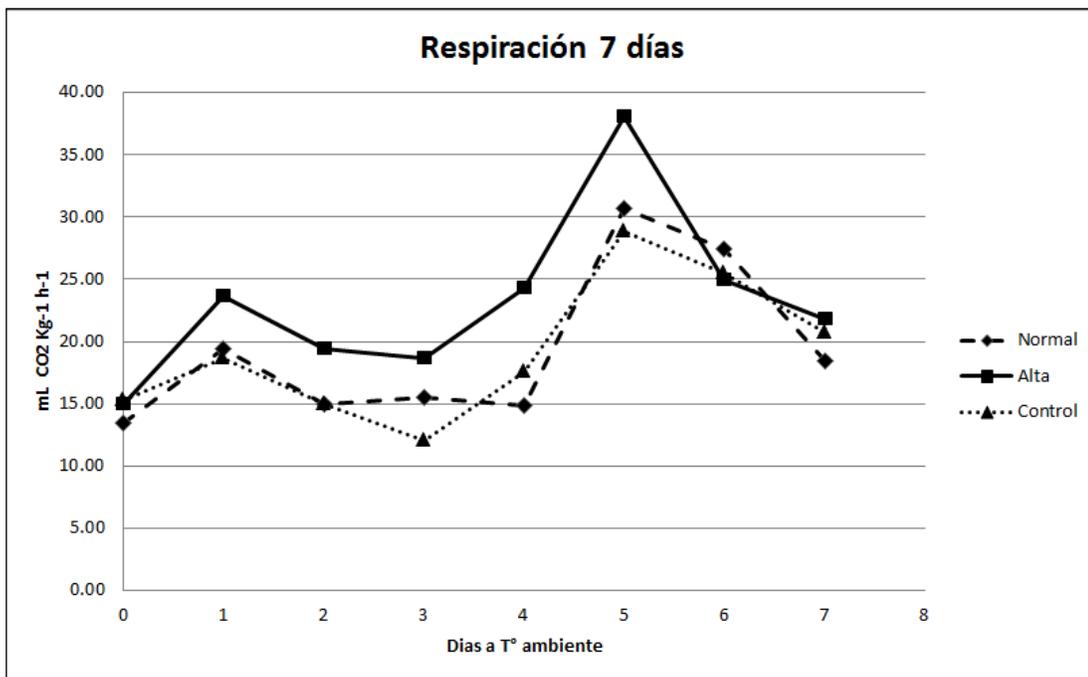


Figura 4. Comportamiento de la respiración de frutos almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

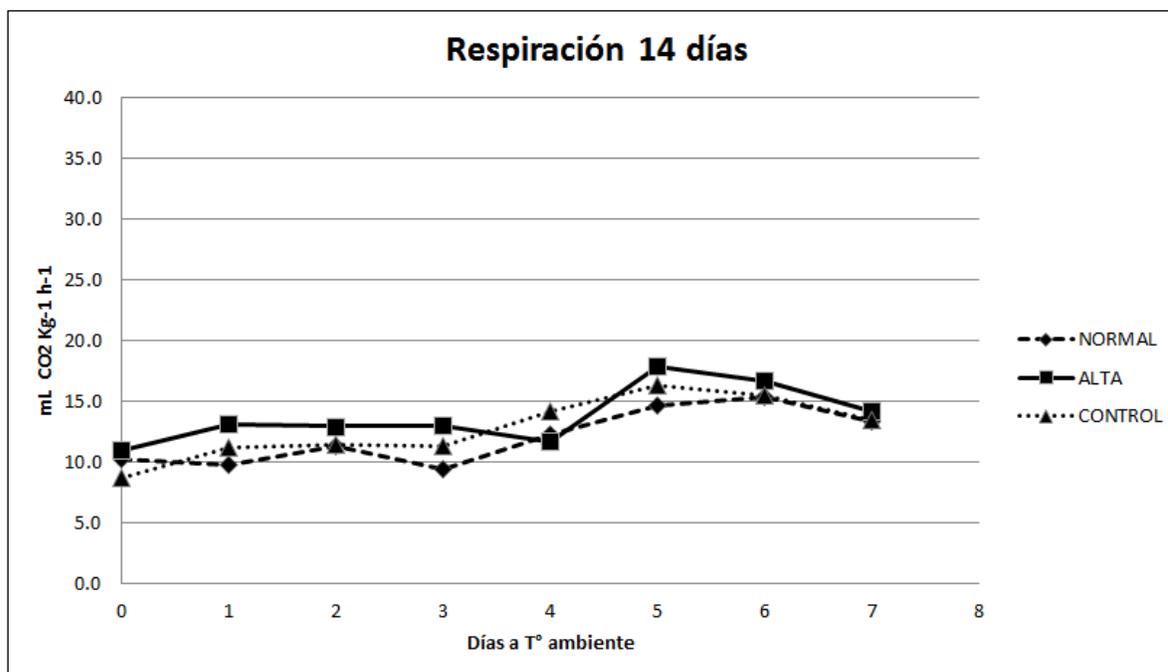


Figura 5. Comportamiento de la respiración de frutos almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, HR $90 \pm 5\%$), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

5.3 Pérdida de Peso

Tanto en los frutos almacenados a la temperatura de maduración directamente, como en los expuestos a $11 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 7 y 14 días y posteriormente transferidos a $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$, no se presentaron diferencias estadísticas significativas por efecto de los tratamientos de fertilización aplicados (Cuadros 8, 9 y 10). Sin embargo, pérdidas de peso significativas se observaron por efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento, en cuyo caso estas resultaron mayores cuando los frutos se expusieron directamente a la temperatura de maduración, asimismo conforme el tiempo de almacenamiento refrigerado se prolongó. En este sentido, los frutos con maduración directa alcanzaron, después de 7 días, pérdidas de peso de 5.67, 5.37 y 5.72 % para los tratamientos Dosis Normal, Dosis Alta y Control, respectivamente (Figura 6). En el caso de los frutos almacenados por 7 días a $11 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y

posteriormente a $22\pm 2^{\circ}$ C por 7 días las pérdidas de peso se situaron en 6.53 (Dosis Normal), 6.44 (Dosis Alta) y 6.20 % (Control); la prolongación del tiempo de almacenamiento bajo refrigeración hasta 14 días, se manifestó en pérdidas de peso de 8.16, 7.60 y 7.97 %, en el mismo orden (Figuras 7 y 8). Estos resultados permiten asumir que los tratamientos de fertilización aplicados y la relación K+Mg/Ca obtenida, no afectan la velocidad de pérdidas de agua por transpiración de los frutos de mango 'Tommy Atkins', respondiendo estas principalmente a cambios de la temperatura y/o tiempo de almacenamiento; sin embargo, otros tratamientos pueden resultar efectivos en cuanto al control de la velocidad de pérdidas de agua, tal como ha sido reportado por Romero- Gomezcaña (2006), quien reporta una menor pérdida de peso para los frutos de mango 'Haden' tratados con Ca 20 g L^{-1} .

Cuadro 8. Comportamiento de la pérdida de peso de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados a temperatura ambiente, evaluados el día de cosecha y a los 3 y 6 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|--|--------------------------------|-------|-------|
| | Cosecha | DIA 3 | DIA 6 |
| Ambiente, dosis normal | 0.90a ^y | 3.96a | 5.67a |
| Ambiente, dosis alta | 0.94a | 3.77a | 5.37a |
| Ambiente, dosis control | 1.19a | 4.11a | 5.72a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$)

Cuadro 9. Comportamiento de la pérdida de peso de los frutos tratados con dosis normal, alta y control, almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 4 y 7 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|---|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Salida | Día 4 | Día 7 |
| 7 días, dosis normal | 2.24a ^y | 5.06a ^y | 6.53a ^y |
| 7 días, dosis alta | 2.17b | 4.98a | 6.44a |
| 7 días, dosis control | 2.03b | 4.77a | 6.20a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 10. Comportamiento de la pérdida de peso de los frutos tratados con dosis normal, alta y control, almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 4 y 7 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|---|--------------------------------|-------|-------|
| | Salida | Día 4 | Día 7 |
| 14 días, dosis normal | 2.91a | 6.43a | 8.16a |
| 14 días, dosis alta | 2.50a | 5.91a | 7.97a |
| 14 días, dosis control | 2.90a | 6.30a | 7.59a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

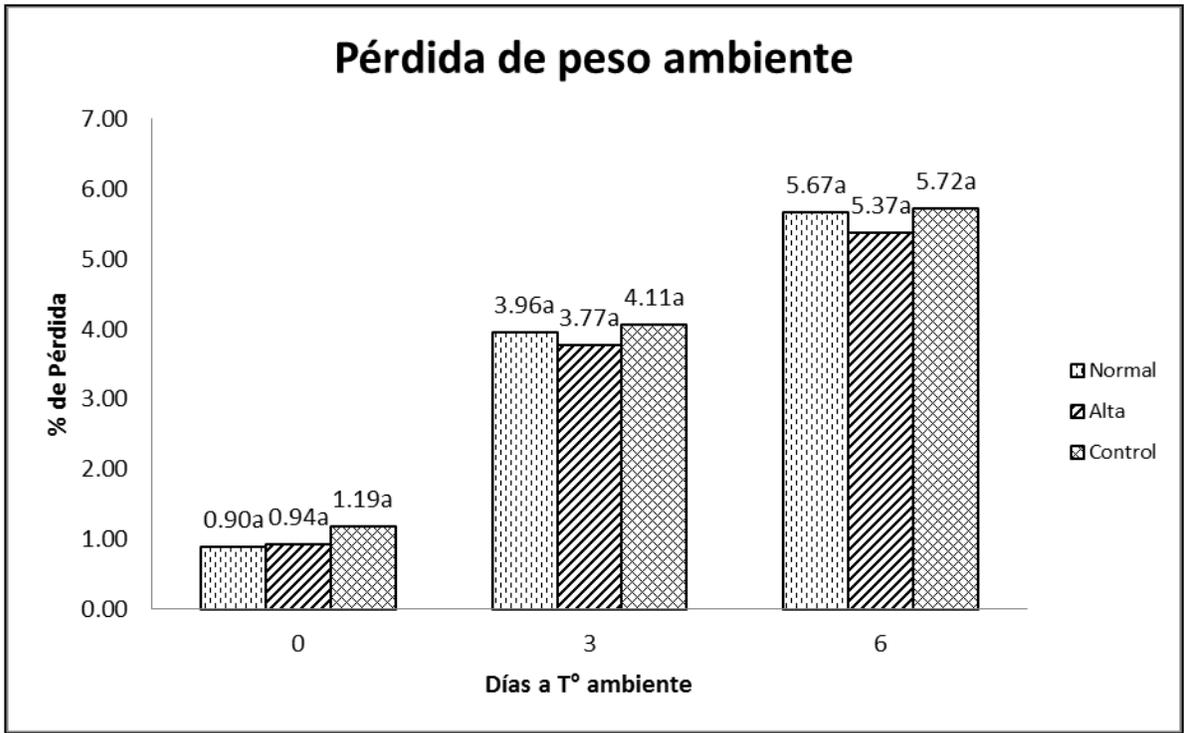


Figura 6. Pérdida de peso (%) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados y madurados a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5 % HR).

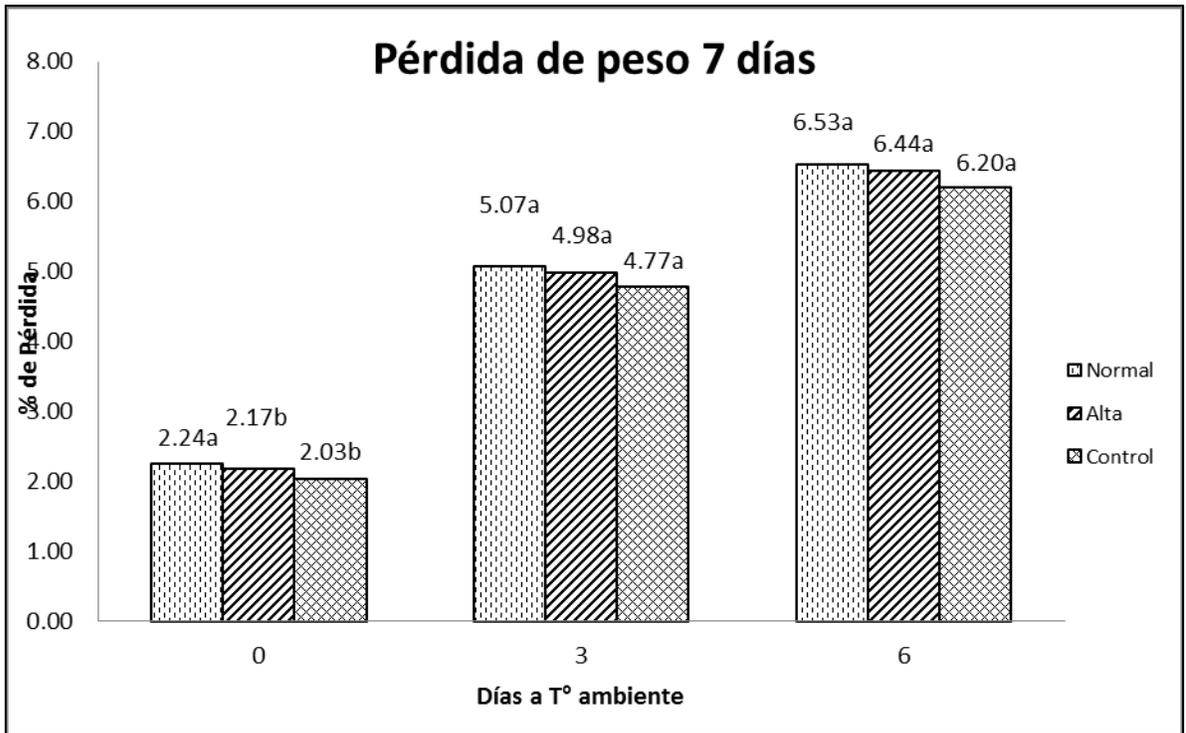


Figura 7. Pérdida de peso (%) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 7 días en refrigeración (11°C ± 1°C, 90±5% HR), y madurados a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5 % HR).

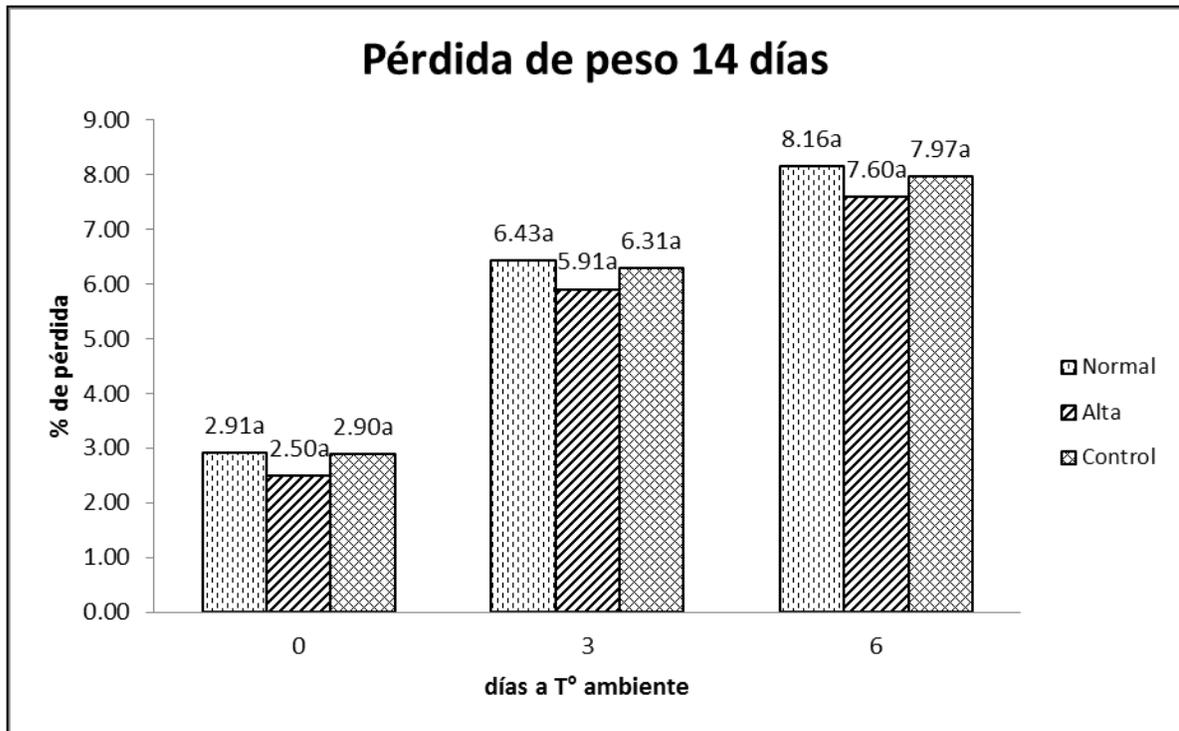


Figura 8. Pérdida de peso (%) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

5.4 Firmeza

Uno de los cambios importantes durante la maduración de los frutos de mango, lo constituye la pérdida de la firmeza con el consecuente ablandamiento principalmente de la pulpa, en cuyo caso metabólicamente se encuentra involucrada la degradación de la pared celular y cambios en el contenido de sustancias pécticas insolubles y solubles por la acción de las enzimas pectinestearasa y poligalacturonasa (Lizada, 1993).

Al momento de cosecha no se observaron diferencias estadísticas significativas en la firmeza de la pulpa por efecto de los tratamientos de fertilización aplicados, presentando valores de 218.47 N (Dosis Normal), 199.73 N (Dosis Alta) y 212.39 N

(Control). Sin embargo, una correlación negativa (-0.72) se observó entre la relación K+Mg/Ca y los valores de la firmeza, lo que sugiere que a mayor valor de la relación K+Mg/Ca se obtiene una menor firmeza y viceversa; el mayor valor de dicha relación correspondiente al tratamiento Dosis Alta (2.00) presentó el menor valor de firmeza (199.73 N), que a su vez coincidió con el tratamiento con menor contenido de Ca⁺⁺. En los tres tratamientos la firmeza de la pulpa disminuyó conforme evolucionó el proceso de maduración (Figura 9), siendo este cambio más lento en los tratamientos Dosis Normal y Control, toda vez que después de 7 días a 22±2° C mantuvieron una firmeza de la pulpa de 82.80 y 50.52 N, respectivamente, contra 21.78 N de la Dosis Alta, observándose diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Cuadro 9). Una mayor firmeza y retardo en la maduración de frutos de mango con mayor contenido de Ca⁺⁺ ha sido reportada por Tirmazi y Wills (1981) y Poovaiah *et al.* (1988), situación que coincide con la mayor aportación de calcio en la relación K+Mg/Ca de los tratamiento Dosis Normal y Control.

Con relación a los frutos de los tres tratamientos almacenados a condiciones de refrigeración (11±1° C), la firmeza de la pulpa disminuyó conforme se prolongó el tiempo de almacenamiento y durante la exposición a temperatura de maduración. En este sentido, la firmeza de la pulpa después de 7 días de frigoconservación disminuyó hasta 198.95, 147.54 y 159.51 N para los tratamientos Dosis Normal, Dosis Alta y Control, respectivamente, así como hasta 169.52, 142.15 y 151.47 N tras 14 días a la temperatura de refrigeración, en el mismo orden. En estos tratamientos la firmeza de la pulpa, tras el periodo de maduración (8 días a 22±2° C, disminuyó hasta valores entre 18.25 y 20.80 N, sin diferencias estadísticas

significativas; manteniéndose además una correlación negativa de -0.88, lo que permite establecer que conforme disminuye la relación K+Mg/Ca, la firmeza de la pulpa es mayor. Este comportamiento ha sido también observado por Romero-Gomezcaña (2006) en mango ‘Haden’ con fertilización a la planta.

Cuadro 11. Comportamiento de la firmeza de los frutos almacenados a temperatura ambiente, tratados con dosis normal, alta y control evaluados el día de cosecha y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|---------|---------|---------|--------|
| | Cosecha | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| Ambiente, dosis normal | 218.47a ^y | 153.23a | 132.53a | 106.44a | 82.80a |
| Ambiente, dosis alta | 199.73a | 121.06b | 113.40a | 96.82a | 21.78c |
| Ambiente, dosis control | 212.39a | 144.21a | 127.23a | 93.49a | 50.52b |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 12. Comportamiento de la firmeza de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|---------|---------|--------|--------|
| | Salida | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| 7 días, dosis normal | 198.95a ^y | 165.99a | 46.60ab | 20.40b | 19.23a |
| 7 días, dosis alta | 147.54b | 46.11b | 26.68b | 27.96b | 20.80a |
| 7 días, dosis control | 159.51b | 152.64a | 68.47a | 41.10a | 19.62a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 13. Comportamiento de la firmeza de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|---------|--------|--------|--------|
| | Salida | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| 14 días, dosis normal | 169.52a | 139.69b | 68.77b | 20.21b | 19.13a |
| 14 días dosis alta | 142.14b | 73.67c | 66.51b | 21.39b | 18.25a |
| 14 días, dosis control | 151.47b | 166.48a | 88.98a | 43.56a | 18.54a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

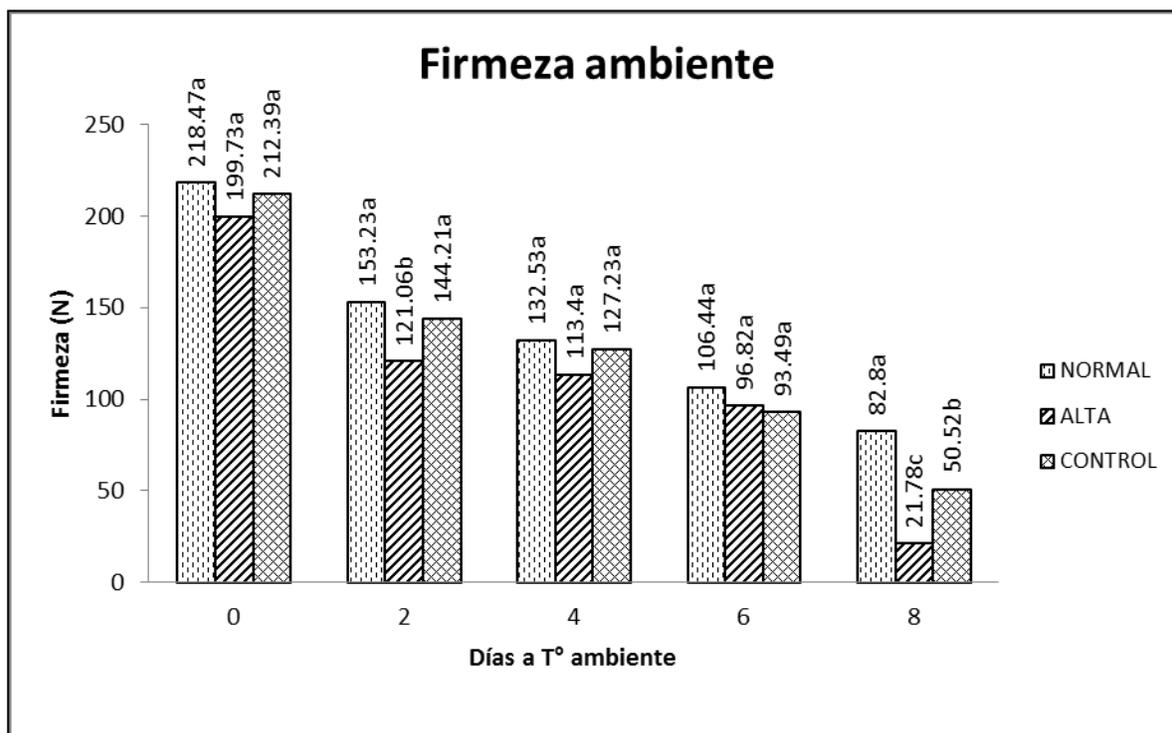


Figura 9. Cambios en la firmeza (N) de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ y $50 \pm 5\% \text{ HR}$).

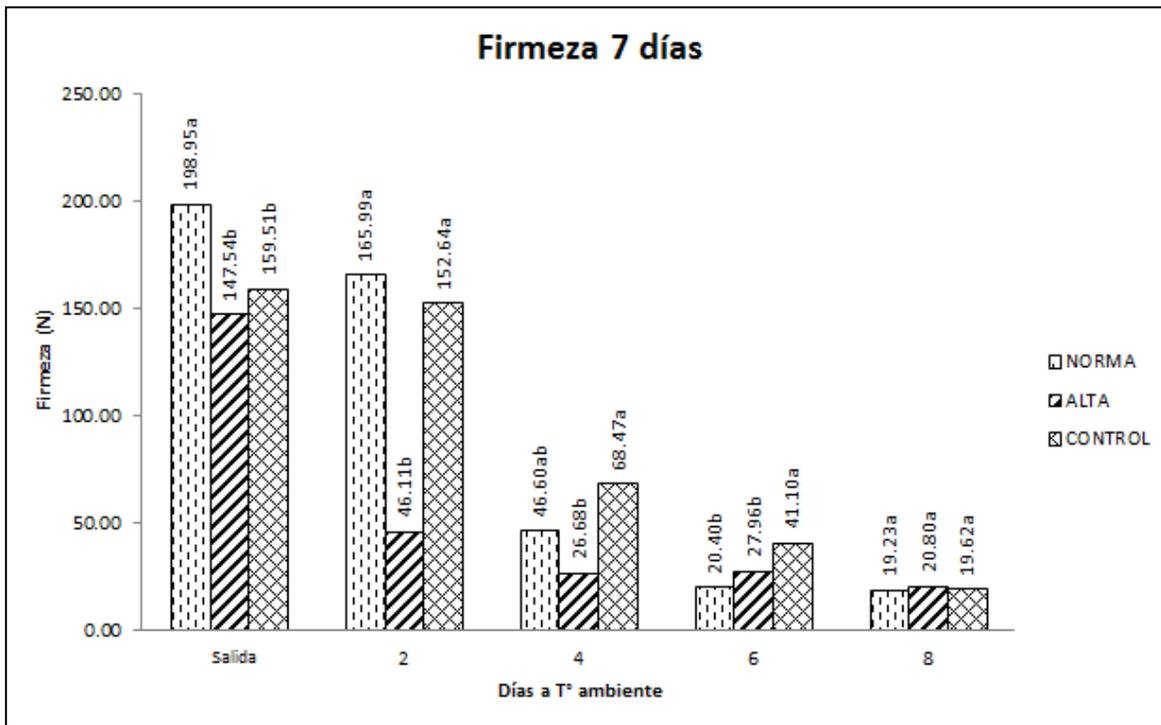


Figura 10. Cambios en la firmeza (N) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 7 días en refrigeración (11°C ±1°C, 90±5% HR), y madurados a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5 % HR).

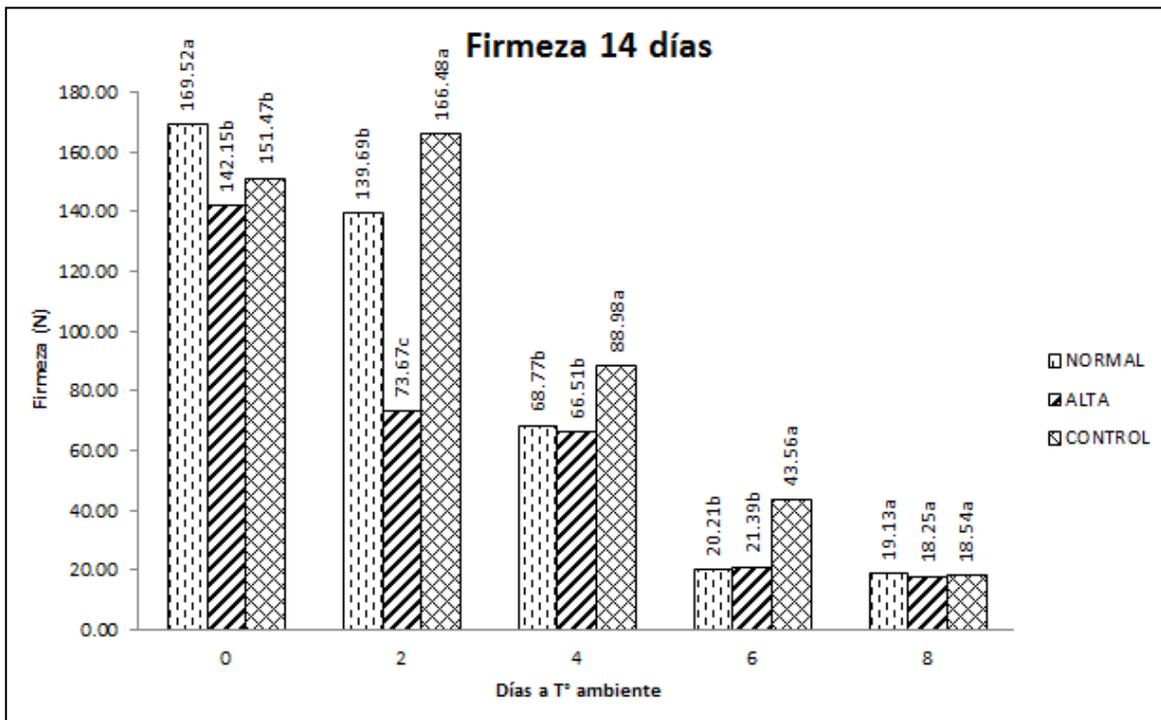


Figura 11. Cambios en la firmeza (N) de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ almacenados durante 14 días en refrigeración (11°C ±1°C, 90±5% HR), y madurados a temperatura ambiente (22° C ± 2°C y 50±5 % HR).

5.5 Sólidos solubles totales (°Brix)

Los sólidos solubles totales, medidos como °Brix, no presentaron diferencias estadísticas significativas al momento de cosecha, presentando valores de 8.32, 7.38 y 7.85 °Brix para los frutos de los tratamientos Dosis Normal, Dosis Alta y Control, respectivamente; sin embargo, estas concentraciones coinciden con las requeridas para exportación, las cuales, de acuerdo con Osuna (2008), se sitúan en 7.3 °Brix para los cultivares Tommy Atkins, Haden y Kent. Durante el proceso de maduración los sólidos solubles totales aumentaron (Figura 12) hasta alcanzar una concentración de 9.12, 10.12 y 9.97 °Brix (Cuadro 14), en el orden antes mencionado, tras 8 días de almacenamiento a $22\pm 2^{\circ}$ C. Estos contenidos de sólidos solubles resultan bajos respecto a los reportados por Báez et al. (1997), quienes para el cultivar Tommy Atkins reportan de 11.0 a 13.2 °Brix después de 9-12 días a 20° C y resultan similares a los reportados por Laborem *et,al* (2002), quien para 'Tommy Atkins' reporta valores de 10.6 °Brix a 24° C, lo que permite suponer diferencias por efecto de las condiciones agroclimatológicas de desarrollo. En el caso del comportamiento de la concentración de los sólidos solubles en los frutos almacenados a las condiciones de refrigeración por 7 días y posteriormente transferidos a $22\pm 2^{\circ}$ C por 8 días, estos aumentaron significativamente (Figura 13), hasta alcanzar 12.70, 11.63 y 12.35 °Brix para las Dosis Normal, Alta y Control, respectivamente; en tanto que en lo almacenados por 14 días a 11 ± 1 las concentraciones, en el mismo orden, fueron de 11.71, 11.60 y 11.36 en el mismo periodo de maduración (Figura 14).

Cuadro 14. Comportamiento de los °Brix de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados a temperatura ambiente evaluados el día de cosecha y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|--------|-------|--------|--------|
| | Cosecha | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| Ambiente, dosis normal | 8.32a ^y | 8.70b | 8.92a | 8.97a | 9.12a |
| Ambiente, dosis alta | 7.38a | 8.75a | 9.38a | 10.02a | 10.12a |
| Ambiente, dosis control | 7.85a | 8.57ab | 9.2a | 9.25a | 9.97a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 15. Comportamiento de los °Brix de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|-------|--------|--------|--------|
| | Salida | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| 7 días, dosis normal | 7.63a ^y | 9.7a | 11.13a | 10.05a | 12.07a |
| 7 días, dosis alta | 8.03a | 9.22a | 11.28a | 11.45a | 11.63a |
| 7 días, dosis control | 7.62a | 9.5a | 10.33a | 10.82a | 12.35a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 16. Comportamiento de los °Brix de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|--------|---------|--------|--------|
| | Salida | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| 14 días, dosis normal | 7.48ab ^y | 8.62b | 9.57a | 9.67a | 11.72a |
| 14 días dosis alta | 7.02b | 10.13a | 11.28ab | 11.68a | 11.6a |
| 14 días, dosis control | 8.05a | 10.25a | 10.5b | 12.23a | 11.37a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

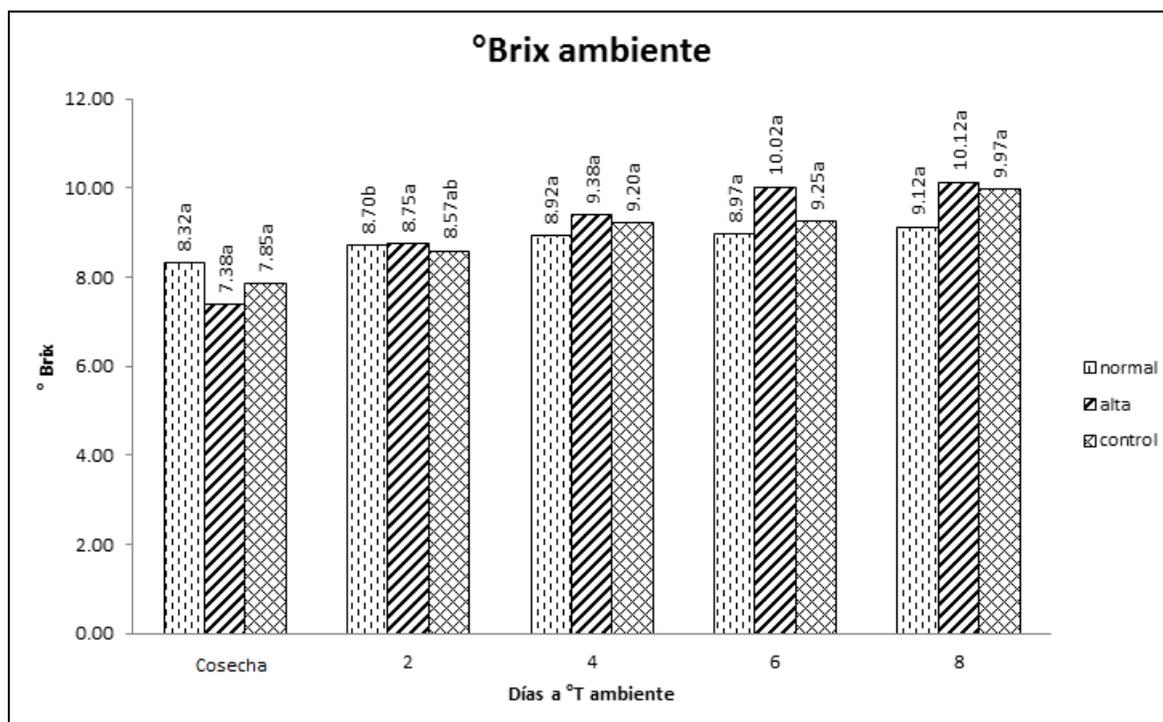


Figura 12. Comportamiento de los Sólidos solubles totales (°Brix) de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ y 50 ± 5 % HR).

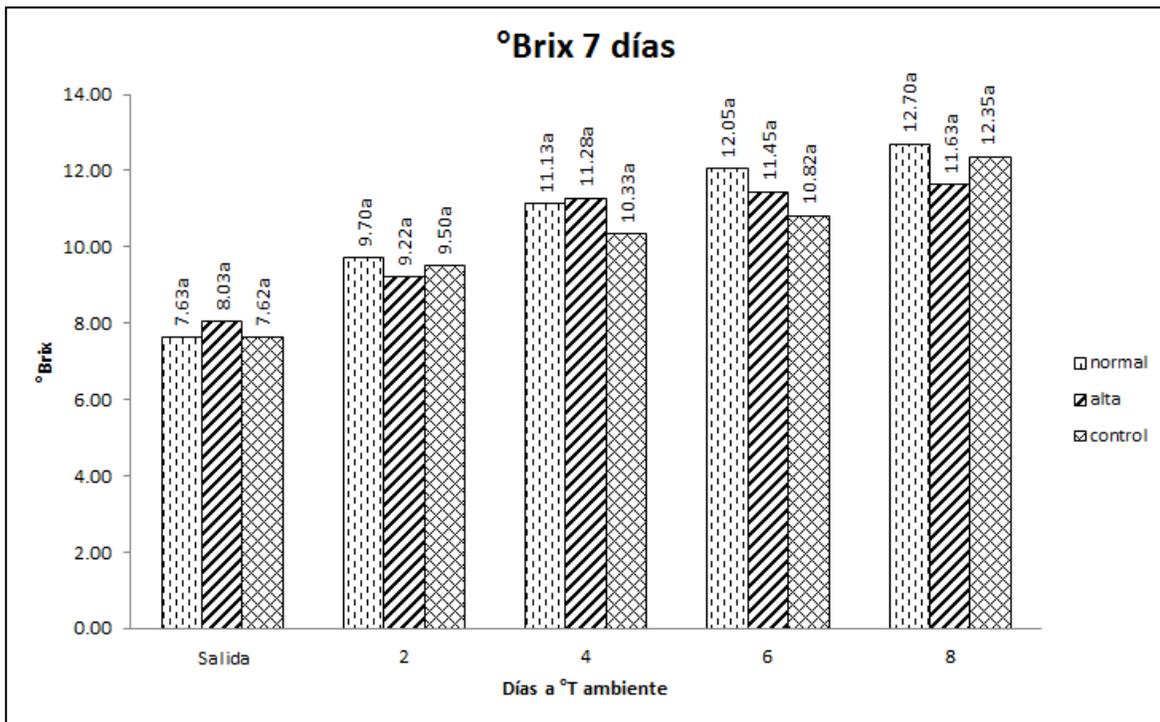


Figura 13. Comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix) de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR)

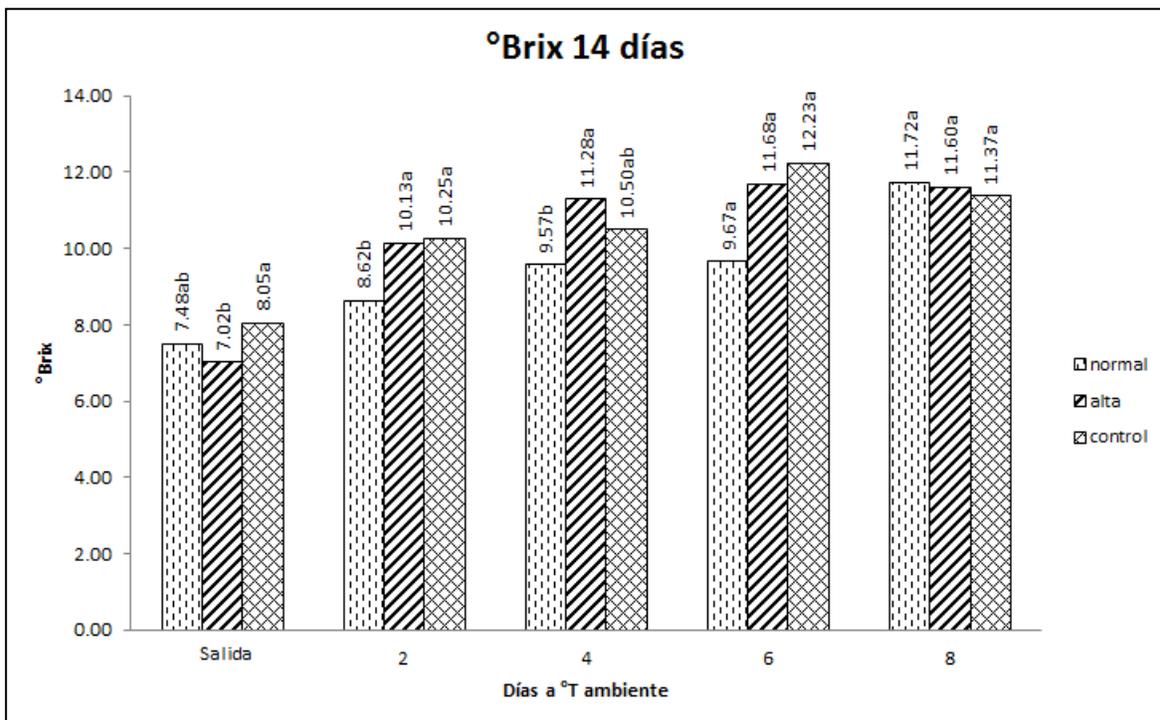


Figura 14. Comportamiento de los sólidos solubles totales (°Brix) de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

5.6 Acidez Titulable

El contenido de ácido cítrico al momento de cosecha no presentó diferencias significativas por efecto de los tratamientos (Cuadro 17) y si bien durante el proceso de maduración a $22\pm 2^{\circ}$ C se presentó una gradual disminución de este ácido, esta también resultó con diferencias no significativas (Figuras 15, 16 y 17); en este sentido, el contenido de ácido cítrico evolucionó desde 0.40-0.43 hasta 0.23 % en los tres tratamientos. En cuanto a los frutos expuestos a 11.1° C por 7 días y posteriormente transferidos a $22\pm 2^{\circ}$ C el contenido de ácido cítrico disminuyó hasta 0.10-0.23, en tanto que los almacenados por 14 días, bajo las dos temperaturas, la concentración de ácido cítrico disminuyó hasta 0.13-0.20 %, no presentándose diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y periodos de almacenamiento. Una disminución gradual desde 0.47 hasta 0.19 % de ácido cítrico en frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados a 20° C han sido reportadas por Báez et al. (1997).

Si bien no se observaron diferencias estadísticas significativas en el contenido de sólidos solubles y ácido cítrico por efecto de los tratamientos, una correlación positiva (0.98) se observó entre la relación K+Mg/Ca y la relación $^{\circ}$ Brix/% ácido cítrico al momento de cosecha, en cuyo caso los frutos de los tratamientos Dosis Normal y Control presentaron los mayores valores con 19.34 y 19.63, respectivamente, siendo 18.45 para la Dosis alta; todo lo cual permite establecer que una relación K+Mg/Ca alta favorece un incremento en la relación $^{\circ}$ Brix/% ácido cítrico, influyendo por lo tanto la primera en el sabor de los frutos.

Cuadro 17. Comportamiento de la acidez de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados a temperatura ambiente evaluados el día de cosecha y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | Cosecha | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| Ambiente, dosis normal | 0.43a ^y | 0.47a | 0.53a | 0.57a | 0.23a |
| Ambiente, dosis alta | 0.40a | 0.40a | 0.43a | 0.47a | 0.23a |
| Ambiente, dosis control | 0.40a | 0.43a | 0.53a | 0.40a | 0.23a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 18. Comportamiento de la acidez de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | Salida | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| 7 días, dosis normal | 0.53a ^y | 0.37a | 0.27a | 0.27a | 0.10a |
| 7 días, dosis alta | 0.47a | 0.33a | 0.27a | 0.23a | 0.23a |
| 7 días, dosis control | 0.50a | 0.37a | 0.30a | 0.17a | 0.10a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 19. Comportamiento de la acidez de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | Salida | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| 14 días, dosis normal | 0.40a ^y | 0.37a | 0.37a | 0.23a | 0.13a |
| 14 días, dosis alta | 0.40a | 0.30a | 0.30a | 0.13a | 0.20a |
| 14 días, dosis control | 0.37a | 0.23a | 0.40a | 0.20a | 0.04a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

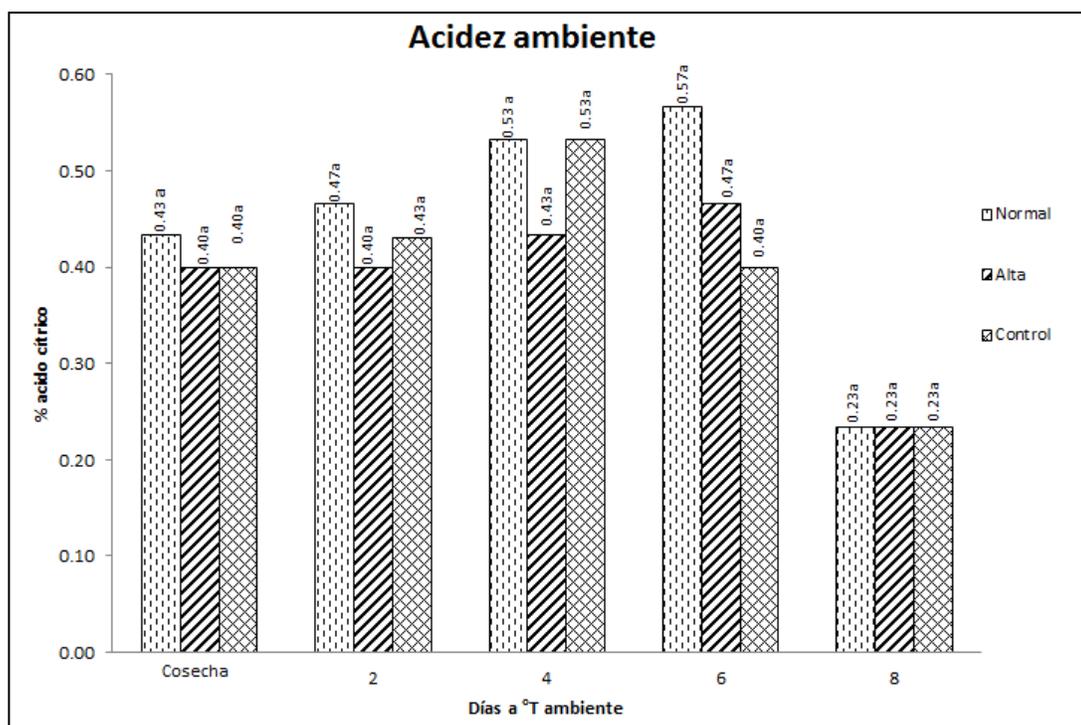


Figura 15. Comportamiento de la acidez (°Brix) de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ} \text{C} \pm 2^{\circ} \text{C}$ y $50 \pm 5\% \text{ HR}$).

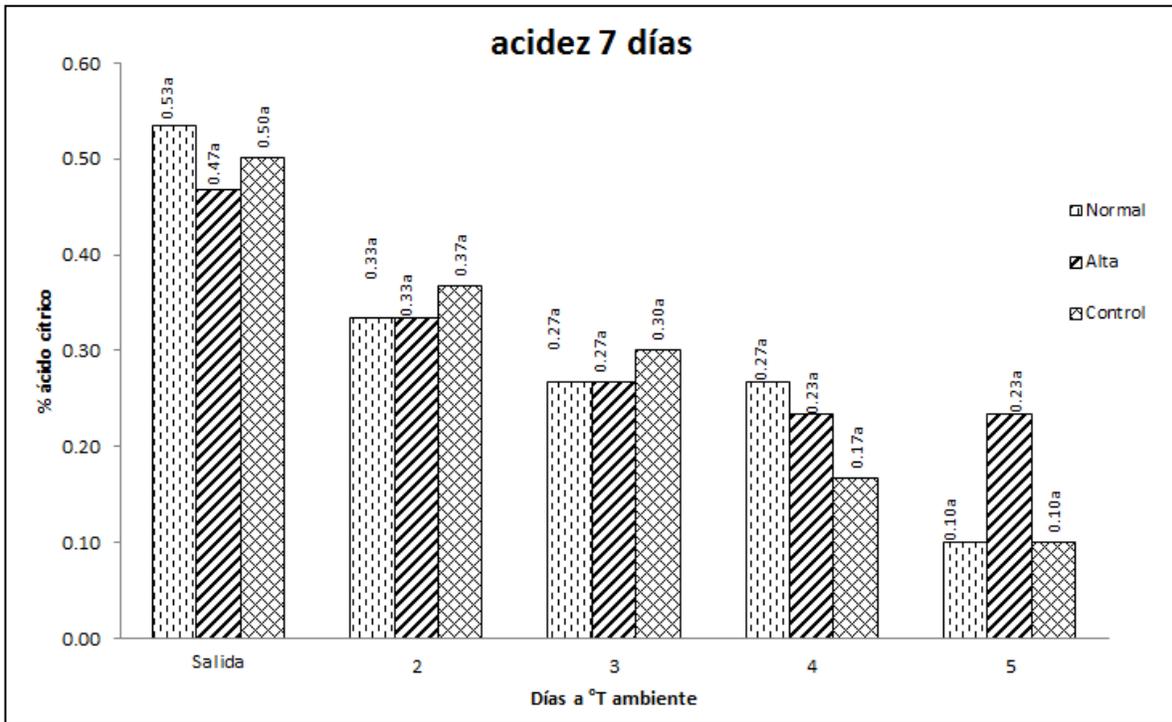


Figura 16. Comportamiento de los Sólidos Solubles Totales (°Brix) de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

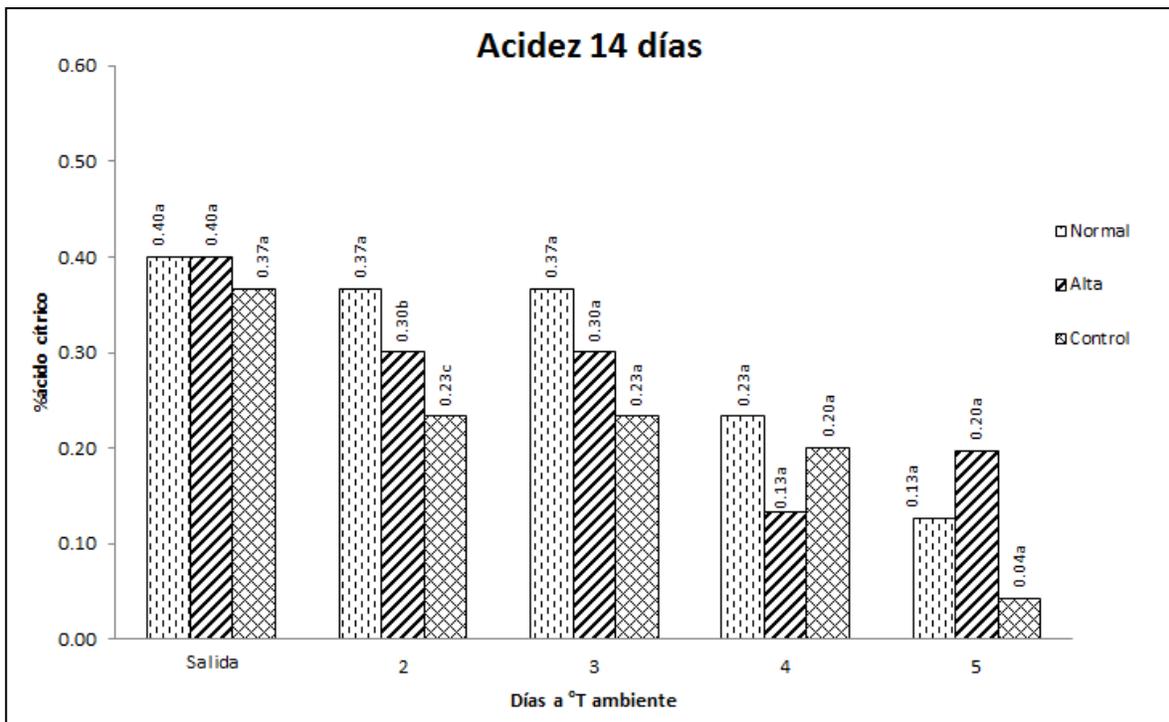


Figura 17. Comportamiento de los Sólidos Solubles Totales (°Brix) de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

5.7 Vitamina C (Ácido ascórbico)

En cuanto al contenido de ácido ascórbico, no se observaron diferencias estadísticas significativas, entre los tratamientos de fertilización aplicados, al momento de cosecha, presentándose concentraciones ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) de 14.80 (Dosis Normal), 11.67 (Dosis Alta) y 13.47 (Control) (Cuadro 20); sin embargo, una correlación positiva (0.76) se presentó entre la relación K+Mg/Ca y el contenido de ácido ascórbico, con lo cual se puede asumir que el contenido de Vitamina C en los frutos de mango se incrementa al presentarse un aumento en dicha relación nutricional.

Una disminución significativa en el contenido de ácido ascórbico se presentó al término del periodo de maduración directa a $22\pm 2^{\circ}$ C por 8 días (promedio $6.50 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$), así como tras el almacenamiento previo a 11.1° C por 7 y 14 días con un promedio de 5.26 y $3.98 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente (Figuras 18, 19 y 20)

Cuadro 20. Comportamiento del ácido ascórbico de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados a temperatura ambiente evaluados el día de cosecha y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|--------|--------|-------|-------|
| | Cosecha | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| Ambiente, dosis normal | 14.80a ^y | 12.50a | 11.10a | 10.23 | 7.07a |
| Ambiente, dosis alta | 11.67a | 10.53a | 9.67a | 8.53a | 6.80a |
| Ambiente, dosis control | 13.97a | 12.53a | 10.77a | 8.53a | 5.63a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p\leq 0.05$)

Cuadro 21. Comportamiento del ácido ascórbico de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 7 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | Salida | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| 7 días, dosis normal | 13.67a ^y | 9.67a | 8.23a | 7.37a | 6.5a |
| 7 días, dosis alta | 14.23a | 8.80a | 6.77a | 5.03a | 3.9b |
| 7 días, dosis control | 13.93a | 9.67a | 7.63a | 5.9a | 5.37ab |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 22. Comportamiento del ácido ascórbico de los frutos tratados con dosis normal, alta y control almacenados 14 días en refrigeración, evaluados el día de salida y a los 2,4, 6 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | | | |
|--|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|
| | Salida | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| 14 días, dosis normal | 13.13a ^y | 7.63a | 6.47a | 5.03a | 3.60a |
| 14 días, dosis alta | 11.93a | 11.07a | 6.80a | 5.07a | 4.17a |
| 14 días, dosis control | 18.13a | 11.97a | 8.77a | 5.33a | 4.17a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

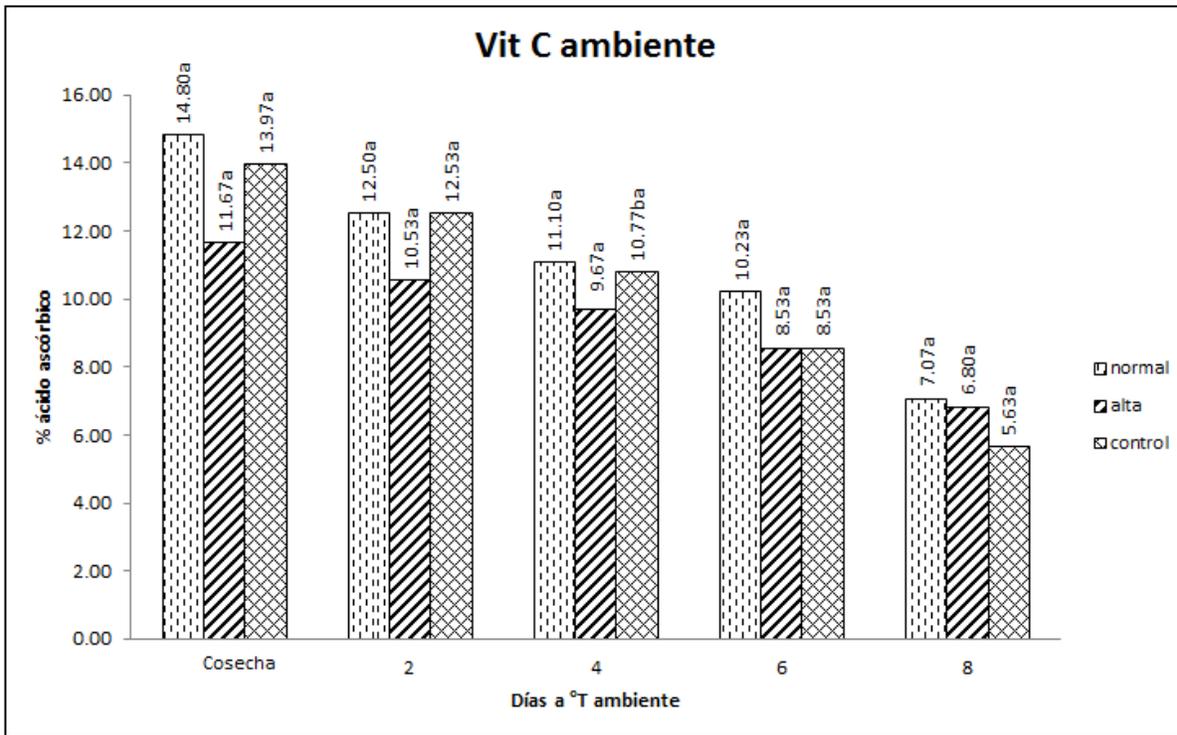


Figura 18. Comportamiento del ácido ascórbico de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$).

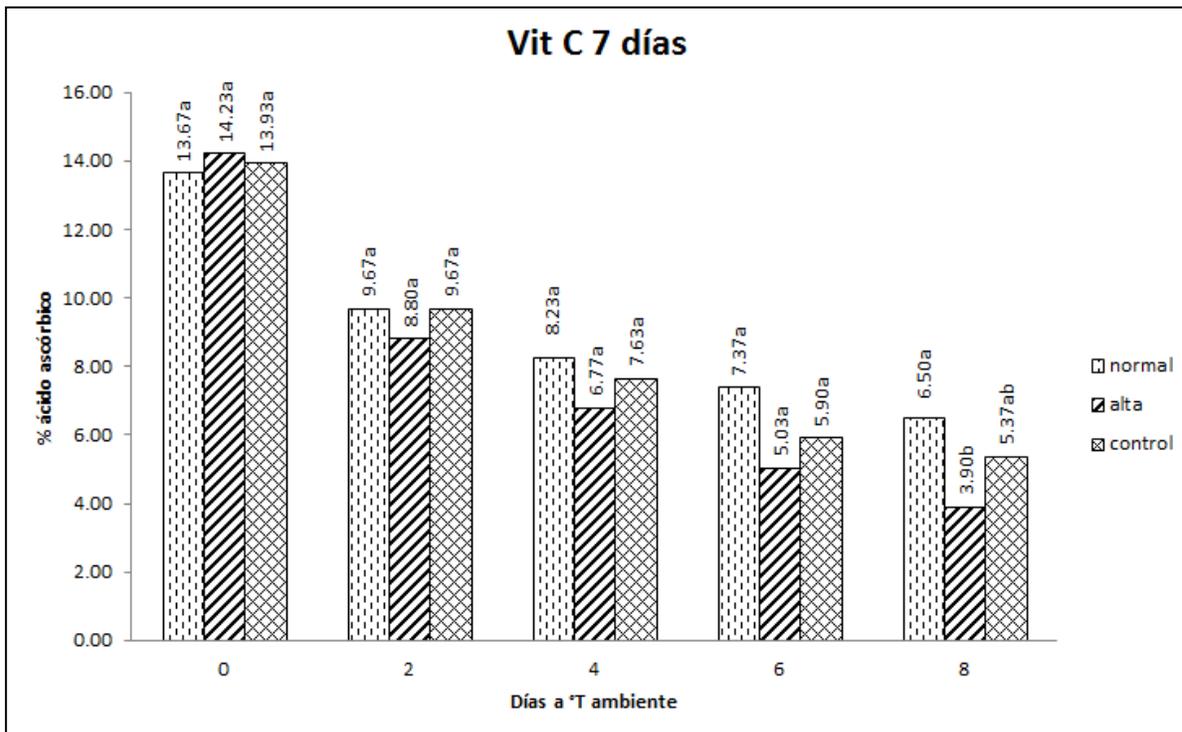


Figura 19. Comportamiento del ácido ascórbico de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 35% HR).

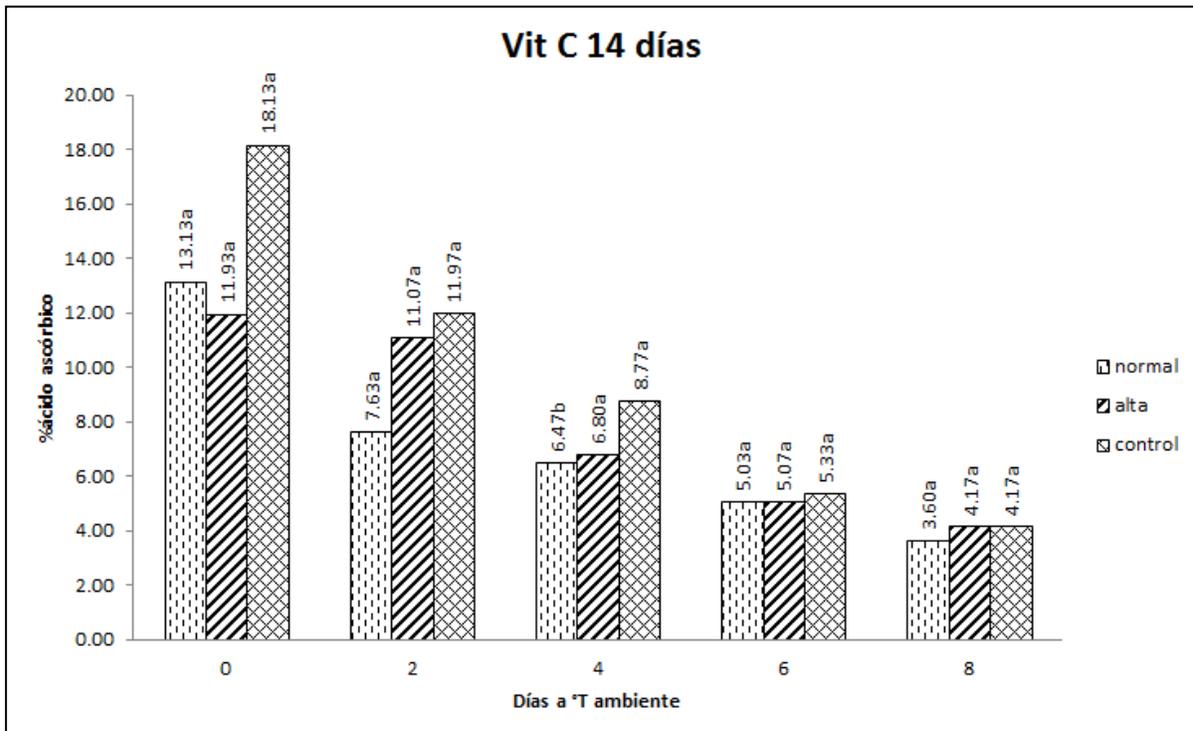


Figura 20. Comportamiento del ácido ascórbico de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR), y madurados a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 35% HR).

5.8 Color Externo

El color de la cáscara y de la pulpa al momento de cosecha, no experimentó diferencias estadísticas significativas en las variables L, $^{\circ}\text{Hue}$ y Croma, por efecto de los tratamientos de fertilización aplicados (Cuadro 23, 24 y 25); no obstante una correlación positiva se presentó entre la relación K+Mg/Ca y las variables: L-cáscara (0.79), L-pulpa (0.71), $^{\circ}\text{Hue}$ - cáscara (0.99), $^{\circ}\text{Hue}$ -pulpa (0.97), Croma-cáscara (0.91) y Croma-pulpa (Cuadro 6). Asimismo una correlación negativa se observó entre la relación K+Mg/Ca y el parámetro a-Hunter (cáscara -0.96 y pulpa -0.97); observándose además en el color externo valores a-Hunter de -4.77, -9.32 y -3.63 para las Dosis Normal, Dosis Alta y Control, respectivamente, lo cual sugiere que

una mayor relación K+Mg/Ca favorece una mayor acumulación de clorofila y por tanto una tonalidad verde más intensa.

Por otro lado, se registraron diferencias significativas por efecto de la fertilización, en la luminosidad (L) del color de la cáscara, pero no en croma ni en Hue. Los frutos tratados con dosis normal de fertilización fueron los que presentaron el menor valor de L (37.49) y un valor Hue (-1.11), lo que corresponde a un tono más verde en la cáscara de los frutos y por lo tanto menor velocidad de maduración. Dichos valores coinciden con lo reportado por Romero- Gomezcaña (2006), quien reporta diferencias en luminosidad pero no en croma y Hue.

Arizaleta *et al.* (2001), utilizando sulfato de calcio en dosis de 1 kg árbol⁻¹ en el cultivar Tommy Atkins, encontraron que el fertilizante con calcio contribuyó sólo a mantener el color verde de la cáscara.

Se observó que en los frutos almacenados y madurados a temperatura ambiente y tratados con fertilización, se mostró el mejor avance en color externo, siendo el mejor para aquellos sin fertilización. En los frutos almacenados en refrigeración y madurados a temperatura ambiente se mostró un pobre desarrollo de color (Figura 21), estos resultados contrastan a los obtenidos por Saucedo *et al.* (1977), quien reporta que en mangos 'Kent' que estuvieron en refrigeración y posterior simulación de mercadeo a temperatura ambiente mostraron un pobre desarrollo de color.

Según Díaz (2002) la presencia progresiva de color en la fruta coincide en muchos casos con otros cambios de maduración como la respiración; observando que los frutos tratados con dosis control mostraron los valores más altos para Hue(-0.88) y los más bajos para croma (17.00),y aquellos tratados con dosis altas de fertilización

mostraron los valores más bajos para Hue (-1.25) y los más altos para croma L (34.12).

Según Campbell(1992), el color externo de los frutos de mango, no debería considerarse como factor de calidad ya que pueden presentarse variedades que no presenten un atractivo color en la cáscara pero si un excelente sabor, como el 'Keitt'.

Cuadro 23. Valores de L medidos para el color de la cáscara de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0,3 y 7 días de maduración

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|--|--------------------------------|----------|---------|
| | Día 0 | Día 3 | Día 7 |
| Ambiente, dosis Normal | 40.90a ^y | 36.82b | 37.49b |
| Ambiente, dosis Alta | 38.66a | 37.06bc | 39.01ba |
| Ambiente, dosis Control | 40.58a | 38.55bac | 40.28ba |
| 7 días, dosis Normal | 39.20a | 41.98ba | 43.60a |
| 7 días, dosis alta | 39.30a | 42.43a | 44.48a |
| 7 días, dosis Control | 37.23a | 40.49bac | 41.80ba |
| 14 días, dosis Normal | 40.90a | 36.82b | 27.49b |
| 14 días, dosis Alta | 38.66a | 37.06bc | 39.01ba |
| 14 días, dosis Control | 40.58a | 38.55bac | 40.28ba |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 24. Valores Hue medidos para el color de la cáscara de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0,3 y 7 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|---|--------------------------------|---------|---------|
| | Día 0 | Día 3 | Día 7 |
| Ambiente, dosis normal | 117.47a ^y | 114.45a | 116.40a |
| Ambiente, dosis alta | 108.43a | 117.52a | 111.36a |
| Ambiente, dosis control | 117.87a | 113.24a | 105.94a |
| 7 días, dosis normal | 113.80a | 112.45a | 113.12a |
| 7 días, dosis alta | 113.73a | 111.76a | 110.80a |
| 7 días, dosis control | 109.17a | 107.16a | 108.84a |
| 14 días, dosis normal | 117.47a | 114.45a | 116.40a |
| 14 días, dosis alta | 110.96a | 117.52a | 111.36a |
| 14 días, dosis control | 117.87a | 113.24a | 105.94a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 25. Valores Croma medidos para el color de la cáscara de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0,3 y 7 días de maduración

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|--|--------------------------------|--------|--------|
| | Día 0 | Día 3 | Día 7 |
| Ambiente, dosis normal | 20.16a ^y | 18.81a | 19.00a |
| Ambiente, dosis alta | 34.12a | 17.94a | 19.68a |
| Ambiente, dosis control | 19.95a | 19.18a | 20.53a |
| 7 días, dosis normal | 19.95a | 20.62a | 21.15a |
| 7 días, dosis alta | 20.27a | 20.40a | 21.74a |
| 7 días, dosis control | 17.00a | 18.77a | 19.74a |
| 14 días, dosis normal | 20.16a | 18.81a | 19.00a |
| 14 días, dosis alta | 34.12a | 17.94a | 19.68a |
| 14 días, dosis control | 19.95a | 19.18a | 20.53a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

| Ambiente | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dosis | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 |
| N O R M A L | | | | | | | | |
| A L T A | | | | | | | | |
| C O N T R O L | | | | | | | | |

Figura 21. Evolución del color externo de frutos de mango 'Tommy Atkins' durante 7 días de maduración a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

| 7 Días | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---|---|--|---|---|---|---|
| Dosis | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 |
| N O R M A L |  |  |  |  |  |  |  |  |
| A L T A |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C O N T R O L |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figura 22. Evolución del color externo de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR) y madurados durante 7 días a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

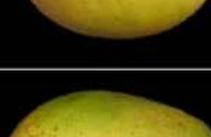
| 14 Días | | | | | | | | |
|---------------|---|---|---|---|--|---|---|---|
| Dosis | Día 0 | Día 1 | Día 2 | Día 3 | Día 4 | Día 5 | Día 6 | Día 7 |
| N O R M A L |  |  |  |  |  |  |  |  |
| A L T A |  |  |  |  |  |  |  |  |
| C O N T R O L |  |  |  |  |  |  |  |  |

Figura 23. Evolución del color externo de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR) y madurados durante 7 días a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

5.9 Color interno

Para esta variable, la fertilización no tuvo efecto significativo, sin embargo el efecto en el avance de color interno se observó por los períodos de refrigeración, siendo más lenta la evolución de color para aquellos frutos almacenados en refrigeración durante 7 y 14 días (Figuras 25 y 26) mostrando el mejor avance en los frutos almacenados y madurados a temperatura ambiente (Figura 24).

Se mostró una diferencia significativa en los valores de L, siendo los valores más bajos para aquellos almacenados y madurados a temperatura ambiente siendo los valores finales 42.63, 43.83 y 44.60 para las dosis: normal, alta y control respectivamente. Los frutos almacenados durante 14 días en refrigeración, mostraron los valores más bajos de Hue, esto significa que mostraron menor coloración amarilla, con valores de 91.62, 91.26 y 92.09 para las dosis: normal, alta y control respectivamente (Cuadro 27).

Cuadro 26. Evolución de L del color interno de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0, 4 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|--|--------------------------------|--------|--------|
| | Día 0 | Día 4 | Día 8 |
| Ambiente, dosis normal | 36.07a ^y | 41.23a | 43.83a |
| Ambiente, dosis alta | 38.30a | 43.93a | 42.63a |
| Ambiente, dosis control | 36.80a | 43.87a | 44.60a |
| 7 días, dosis normal | 73.53a | 68.90a | 61.23a |
| 7 días, dosis alta | 72.70a | 66.96a | 58.37a |
| 7 días, dosis control | 72.80a | 69.67a | 62.03a |
| 14 días, dosis normal | 69.33a | 69.83a | 63.47a |
| 14 días, dosis alta | 69.93a | 66.50a | 64.47a |
| 14 días, dosis control | 70.57a | 73.30a | 61.80a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 27. Evolución de Hue del color interno de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración, tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0, 4 y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|---|--------------------------------|---------|----------|
| | Día 0 | Día 4 | Día 8 |
| Ambiente, dosis normal | 107.77ab ^y | 106.09a | 112.96a |
| Ambiente, dosis alta | 123.64a | 108.15a | 107.31ab |
| Ambiente, dosis control | 103.11ab | 107.00a | 107.29ab |
| 7 días, dosis normal | 103.86ab | 96.12a | 96.76bc |
| 7 días, dosis alta | 102.33b | 92.79a | 93.38bc |
| 7 días, dosis control | 98.21b | 100.96a | 97.82bc |
| 14 días, dosis normal | 101.49b | 94.68a | 91.62c |
| 14 días, dosis alta | 99.24b | 92.99a | 91.26c |
| 14 días, dosis control | 101.5b | 98.60a | 92.09bc |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

Cuadro 28. Evolución de Croma del color interno de los frutos almacenados a temperatura ambiente, 7 y 14 días en refrigeración , tratados con dosis normal, alta y control evaluados a los 0, 4,y 8 días de maduración.

| Tiempo de refrigeración, dosis de fertilización | Días en evaluación al ambiente | | |
|--|--------------------------------|--------|--------|
| | Día 0 | Día 4 | Día 8 |
| Ambiente, dosis normal | 13.63a ^y | 19.06a | 22.16a |
| Ambiente, dosis alta | 16.73a | 20.67a | 21.23a |
| Ambiente, dosis control | 14.67a | 21.00a | 21.90a |
| 7días, dosis normal | 32.27a | 32.33a | 34.93a |
| 7 días, dosis alta | 33.50a | 35.93a | 34.57a |
| 7 días, dosis control | 34.40a | 32.37a | 36.43a |
| 14 días, dosis normal | 30.03a | 34.63a | 37.30a |
| 14 días, dosis alta | 33.23a | 36.93a | 37.30a |
| 14 días, dosis control | 31.97a | 33.97a | 37.10a |

^yValores con la misma letra entro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey, $p \leq 0.05$)

| Dosis | Ambiente | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|
| | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| N O R M A L |  |  |  |  |  |
| A L T A |  |  |  |  |  |
| C O N T R O L |  |  |  |  |  |

Figura 24. Evolución del color interno de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados y madurados durante 8 días a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

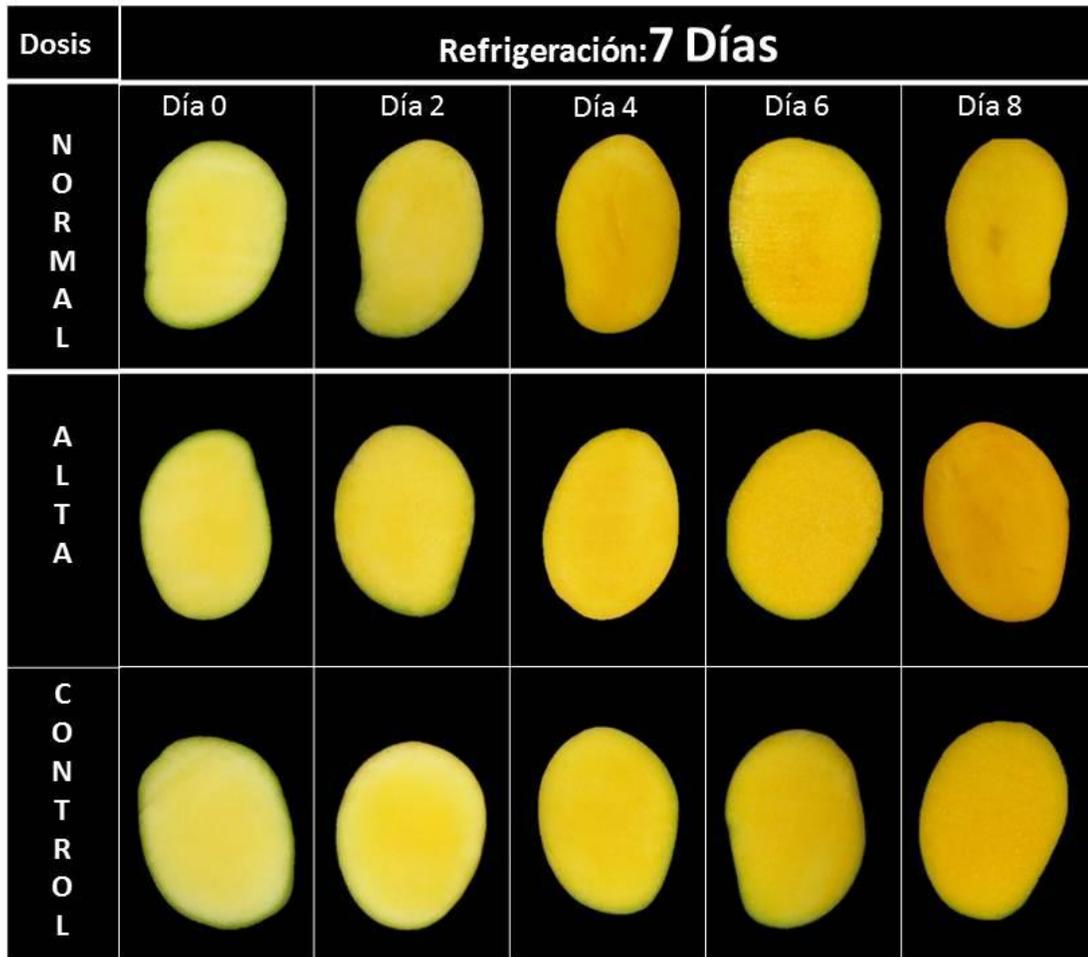


Figura 25. Evolución del color interno de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 7 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR) y madurados durante 7 días a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

| Dosis | Refrigeración: 14 Días | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|
| | Día 0 | Día 2 | Día 4 | Día 6 | Día 8 |
| N O R M A L |  |  |  |  |  |
| A L T A |  |  |  |  |  |
| C O N T R O L |  |  |  |  |  |

Figura 26. Evolución del color interno de frutos de mango 'Tommy Atkins' almacenados durante 14 días en refrigeración ($11^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 5\%$ HR) y madurados durante 7 días a temperatura ambiente ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y $50 \pm 5\%$ HR).

VI. CONCLUSIONES

Los frutos de mango 'Tommy Atkins' no presentaron diferencias en la maduración por efecto de las dosis de fertilización y los tiempos de refrigeración estudiados sobre su comportamiento postcosecha presentando el patrón climatérico normal con el pico más alto de respiración al quinto día.

El contenido nutrimental de la pulpa no se vio afectado por las diferentes dosis de fertilización, presentando valores bajos de nutrimentos, esto se atribuye al pH del suelo, lo que hace indisponibles los nutrientes.

La relación $K+Mg/Ca$ influye en el metabolismo de los frutos de mango 'Tommy Atkins', de tal manera que a mayor $K+Mg/Ca$, mayor velocidad de respiración y menor firmeza de los frutos.

El color de la cáscara y de la pulpa no presentó diferencias significativas de acuerdo al análisis estadístico entre tratamientos de acuerdo a los datos obtenidos sin embargo se hizo notoria la diferencia en el color externo con respecto a los tiempos de refrigeración, siendo mejor el avance para los frutos de la dosis control y sin refrigeración.

VII. LITERATURA CITADA

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Vol. II. Association of Official Analytical Chemistries. Washington, D.C. , 918-919.

Adams D., O., and F. Yang, S., 1979. Ethylene biosynthesis: Identification of 1-aminocyclopropane- 1- carboxylic acid as an intermediate in the conversion of the methionine to ethylene. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 76: 170-174.

Arizaleta, M. J., K. Cárdenas y J. E. Manzano. 2001. Influencia del sulfato de calcio, paclobutrazol y etrel en el comportamiento postcosecha del mango (*Mangifera indica* L. Vr. Tommy Atkins). Rev. Iberoam. Tecnol. Postcosecha 4: 30-37.

Avilán, L. 1999. Fertilización de mango en el trópico. Informaciones agronómicas. Número 34, 1999.

Báez S. R. 1998. Norma Mexicana de Calidad para Mango Fresco de exportación. Comité técnico Científico de Empacadores de Mango de Exportación, A. C. (EMEX, A.C.). Guadalajara, Jalisco. México. 4p.

Baéz-Sañudo, R., J. Siller-Cepeda, E. Bringas T. y S. M. Báez. 1997. Determinación de índices de madurez de los principales cultivares de mango producidos en México. Proceedings of Interamerican Society of tropical Horticulture 37: 148-154.

Bertsch F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, C.R. ACCS. 157 p.

Briceño, S., Zambrano, J., Materano, W., Quintero, I., y Valera, A. 2005. Calidad de los frutos de mango 'Bocado', madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica. *Agronomía Tropical*. 55(4): 461-473.

Campbell R. 1992. Mangos, a Guide to Mangos in Florida. Fairchild Tropical Garden. Miami, Florida, USA. 90 p.

Contreras-Martinez, R., R. A. Báez-Sañudo y J. H. Siller-Cepeda. 2003. Respuesta del mango 'Tommy Atkins' a diferentes concentraciones de 1-metilciclopropeno. Resúmenes X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultura Ornamental. Chapingo, México. p.324.

Cunha F., H. A., T. B. Florencio A., J. Barbosa M., R. Elesbao A., e A. Barbosa C. 2000. Características da fruta para exportação: In: Manga Pós- colheita. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. EMBRAPA. PP: 14-21.

Dantas de Moraes, P. L. and J. Simão de Assis. 2004. Quality and conservation of mango cv. Tommy Atkins as affected by maturity stage and storage temperature. *Acta Horticulturae* 645: 639-643.

Díaz, D.H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT editor. DF, Mexico. Pp.325-330.

Donald J., Rodríguez M., Sánchez P., Mora A., Cárdenas E. 2002. Foliar fertilization of mango (cv Haden) for the control of malformation. *Acta Horticulturae* 594:667-673p.

EMEX, A. C. 2012. PC-005-2005 pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en mango. 33 p.

Epstein, E. and A. J. Bloom. 2005 Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. Second edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Massachusetts, USA. 400 p.

Fallas, Róger; Bertsch, Floria; Miranda, Enaldo; Henríquez, Carlos 2010. Análisis de crecimiento y absorción de nutrimentos de frutos de mango, cultivares Tommy Atkins y Keith. Agronomía Costarricense, vol. 34, núm. 1, 2010, pp. 1-15

FAO. 2012. Base de datos estadísticos. Agricultura (en línea) disponible en <http://www.fao.org>. Fecha de consulta 2 de febrero de 2012.

Fuchs Y., E. Pesis, and G. Zauberan. 1980. Changes in amylase activity, starch and sugar contents in mango fruit pulp. Sci. Hort. 13: 155-160.

Galán S. V. 2009. El cultivo del Mango. Editorial Mundi-Prensa. Barcelona, España. 343p.

Hardy, F. 1970. Edafología tropical. Herrero. México. 177p.

Laborem G., C. Marín, L. Rangel y M. Espinoza. 2002. Influencia del pre-enfriamiento sobre la maduración de 27 cultivares de mango, (*Mangífera indica* L.). Bioagro 14(2):113-118

Lizada, C. C. 1993. Mango. *In*: G. B. Seymour, J. E., Taylor and G. A. Tucker (eds.), Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall. London. U. K. p. 255-266.

Luna, G., M.L. Arévalo, S. Anaya, A. Villegas, M. Acosta y G. Leyva. 2006. Calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico. Revista fitotecnia mexicana.29:123-128.

Madeiros A A, J R Amorim, D J Silva, J A Dantas Y A G Guerra (2004) Mineral composition of leaves and fruits of irrigated mango trees in Rio Grande do Norte State, Brazil. Acta Horticulturae 645: 403-408.

Mellado V. A. 2012. Composición y remoción de nutrimentos y calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) en diferentes ambientes. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Mayo, 2012.

Mendoza W., A. M., y R. Báez. 2000. Medición de la tasa respiratoria por sistema cerrado en melón cantaloupe. Hortic. Mex. 8(2): 158-163.

Mosqueda V., R. 2002. Variedades o Cultivares de Mango en México. Compilado de el Mango Manejo y Comercialización. CD. Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Texcoco, México. pp.21-24.

Oosthuysen S. 1997 Relationship between leaf nutrient concentrations and cropping or fruit quality in mango. S. A. Mango Growers Association Yearbook. 17: 1 -15.

Osuna, T. 2008. Calidad postcosecha y vida de anaquel en frutos del banco de germoplasma de la zona centro (Aguaruto) y sur (Chametla) del estado de Sinaloa: mango y otros frutales. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C

Osuna García J. A., M. L. Guzmán Robles, B. Tovar Gómez, M. Mata Montes de Oca, V. A. Vidal Martínez. 2002. Calidad del mango 'Ataulfo' producido en Nayarit, México. Rev. Fit. Mex. 25:367-374.

Poovaiah, B., Glenn G. y N. Reddy. 1988. Calcium and fruit softening: Physiology and Biochemistry. Horticulturae Reviews 10: 107-151.

Romero-Gomezcaña, N. R.; Saucedo-Veloz, C.; Sánchez-García, P.; Rodríguez-Alcázar, J.; González-Hernández, V. M.; Rodríguez-Mendoza, M. N. y Báez-Sañudo, R. 2006. Aplicación foliar de Ca(NO₃)₂: fisiología y calidad de frutos de mango 'Haden'. Terra Latinoamericana, vol. 24

Romero, F., Martínez-Madrid, M.C., Pretel, M.T. 2006. Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. V Simposio Ibérico VIII Nacional de Maduración y Post-Recolección, Orihuela Alicante. pp. 91-96.

Sagar V., R., S. Khurdiya D., and Balakrishan K. 1999. Quality of dehydrated ripe mango slices as affected by packaging material and mode of packaging. J. Food Sci. Technol. 36:67-70.

Sancho, H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: importancia y uso en los programas de fertilización. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Informaciones Agronómicas 36:11–13.

Saucedo-Veloz, C., F. E. Torres and S. Lakshminarayana. 1977. Effect of refrigerated temperatures on the incidence of chilling injury and ripening quality of mango fruit. Proceedings of Florida State Horticultural Society 90:205-210.

SAS Institute (Versión 9.0). 2000. The SAS system for Windows. SAS Inst., Cary, NC. USA.

Selvaraj, Y., E. Raja M., and D. Rawal R. ,2005. Biochemical studies on internal breakdown a ripening disorder in mango fruits. *Indian J. Hort.* 57:183- 189.

SIAP. Servicio de información Agrícola y pesquera 2012. Informe de la producción nacional 2011. Fecha de consulta 2 de febrero de 2012.

Siller-Cepeda, J., D. Muy-Rangel, M. Báez-Sañudo, E. Araiza-Lizarde y A. Ireta-Ojeda. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32: 45-52.

Simão de Assis, J.; Silva, D. J.; De Moraes, P. L. D 2004. Nutritional balance and physiological disorders in mango Tommy Atkins. *Rev. Bras. Frutic.* 26(2):326-329.

Silva D., Quaggio J., Da Costa P., De Queiroz A., de Jesus A. 2002. Nutrição e adubação In: *Acultura da mangueira*. Editores: de Carvalho, P y de Queiroz, A. EMBRAPA. 454 p.

Snowdon, A. L.1990. A colour atlas of postharvest diseases and disorders of fruits and vegetables fruits, Vol. 2. (pp. 302): Wolfe scientific Ltd.

Stassen P., Van Vuuren J., Davie S. 1997. Macro elements in mango trees: uptake and distribution. *S.A. Mango Growers' Association Yearbook* 17:16-19 p.

Tharanathan R., N., M. Yashoda H., and N. Prabha T. 2006. Mango (*Mangifera indica* L.) "The king of Fruits" an overview. *Food Rev. Int.* (22): 95-123.

Tirmizi, S. y R. Wills. 1981. Retardation of ripening of mangos by postharvest application of calcium. *Tropical Agriculture (Trinidad)*. 58 (2): 137-140.

Valdez Magallanes 2007

Wang, B., J. Wang, H. Liang, J. Yi, J. Zhang, L. Lin, Y. Wu, X. Feng, J. Cao, and W. Jiang. 2007. Reduced chilling injury in mango fruit by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and the antioxidant response. *Postharvest Biology and Technology*. 48:172–181.