



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

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

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FISIOLOGÍA VEGETAL**

**RENÉ GARCÍA MARTÍNEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2013**

La presente tesis titulada: **MADURACIÓN Y CALIDAD DE FRUTOS DE MANGO 'KENT' CON TRES DIFERENTES PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN**, realizada por el alumno **René García Martínez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

## **MAESTRO EN CIENCIAS**

### **RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD FISIOLOGÍA VEGETAL**

#### **CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. ALFREDO LOPEZ JIMÉNEZ**

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ**

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. SAMUEL SALAZAR GARCÍA**

ASESOR:

  
\_\_\_\_\_  
**DR. JAVIER SUÁREZ ESPINOSA**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2013.

# **Maduración y Calidad de Frutos de Mango 'Kent' con Tres Diferentes Programas de Fertilización**

René García Martínez, Mc  
Colegio de Postgraduados, 2013

## **RESUMEN**

El programa anual de fertilización juega un papel importante en el manejo del huerto puesto que, de su eficiencia dependen en gran medida la producción y la calidad de los frutos. Una fertilización balanceada considera la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo, incluyendo los que utiliza el árbol para su desarrollo y los removidos por la producción, lo cual asegura el suministro adecuado de macro y micro elementos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del programa de fertilización sobre el comportamiento de las variables de calidad en poscosecha, a partir de un experimento en un huerto de comercial de mango 'Kent' donde se aplicaron tres niveles de fertilización. Las distintas dosis de fertilización afectaron la concentración nutrimental del fruto. Se pudo observar que el incremento en la cantidad de fertilizante aplicado al árbol no implicó necesariamente un mayor contenido de los elementos nutrimentales en el fruto. Los programas de fertilización afectaron la evolución de las variables evaluadas, siendo muy notorios los cambios en firmeza, SST, ácido cítrico, ácido ascórbico y la relación azúcar ácido. Se presentó una relación entre la firmeza y el contenido de Ca en el fruto. La concentración de K afectó el contenido de SST. Las variables de color, tanto de la cáscara como de la pulpa, no fueron afectadas por los tratamientos de fertilización. Finalmente, el año de evaluación de los tratamientos también mostró diferencias en las variables estudiadas, el segundo año de evaluación fue superior en la concentración nutrimental en los frutos, inferior en la intensidad respiratoria y se registraron menores pérdidas acumulativas de peso.

**Palabras clave:** contenido nutrimental, *Mangifera indica*, calidad mango

# Ripening and Quality of Mango 'Kent' Fruit treated with Three Different Fertilization Programs

René García Martínez, M.Sc.  
Colegio de Postgraduados, 2013

## SUMMARY

Annual fertilization program plays a role in the orchard management because of their efficiency largely depends on production and fruit quality. A balanced fertilization considering the amount of nutrients available in the soil, including those used for their development tree and removed from the production, which ensures adequate supply of macro and micro elements. The objective of this research was to evaluate the effect of the fertilization program on the behavior of post-harvest quality variables, based on an experiment in a commercial mango 'Kent' orchard where three levels of fertilizer applied. The different fertilization programs affected the nutrient concentration of the fruit. Fertilization programs affected the evolution of the variables tested, with very noticeable changes in firmness, SST, citric acid, ascorbic acid and sugar ratio. There was a relationship between firmness and content of Ca in the fruit. The concentration of K affected the development of SST. The color variables both the peel and the pulp were not affected by fertilization treatments. Finally, the year of assessment also showed differences in the variables studied, the second year of evaluation was higher in the nutrient concentration in the fruit, lower respiratory intensity and cumulative losses were lower weight.

**Keywords:** nutritional content, *Mangifera indica*, mango quality

## AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México que a través del **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** brindaron el apoyo económico para la realización de mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al **Colegio de Postgraduados**, institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, por brindarme las facilidades para desarrollar el proyecto de investigación y por darme la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos.

Al **Dr. Alfredo López Jiménez** por brindarme toda la ayuda necesaria durante los estudios de maestría, por dirigir el proyecto y por confiar en mí para llevar a buen término el trabajo de investigación.

Al **Dr. Crescenciano Saucedo Veloz** por las facilidades brindadas en el laboratorio de Fisiología Postcosecha y por toda la ayuda brindada para el diseño y ejecución del proyecto de investigación.

Al **Dr. Samuel Salazar García** por brindar todas las facilidades durante la cosecha de los frutos y por toda la información y sugerencias aportadas al proyecto.

Al **Dr. Javier Suarez Espinosa** por la asesoría brindada para el análisis estadístico de los datos, que es parte esencial en la investigación científica.

Al **MC. David Jaen Contreras** por asesorarme en el análisis nutrimental y al **Sr. Arturo Veloz López** por la ayuda brindada en los análisis de las variables postcosecha.

A mis amigos **Iván, Enrique, Adriana Isabel, Alma Dalia, Araceli, César, Mario, Yesica y Rocío Cuéllar** por hacer ameno los dos años de estudio.

## DEDICATORIA

A **Dios** por darme la fortaleza, paciencia y sabiduría para desarrollarme de la mejor manera en cada una de las etapas de mi vida.

### Con amor para:

Mi padre, **Isidro García Vera** quien siempre luchó para que cada uno de sus hijos alcanzara sus objetivos en la vida y en todo momento nos motivó para explorar nuevos horizontes.

Mi madre, **Bernarda Martínez Silverio** quien nos ha enseñado a enfrentar las adversidades de la vida para hacernos más fuertes y reforzar la unión familiar.

Mis hermanos **Lorena, Lizeth, Wendy, Gerardo, Bianca y Amarissa**, por ser buenas personas y deseo que este esfuerzo siempre en ellos la motivación para alcanzar sus metas en la vida.

A mi sobrino **Mael** que ha llegado a llenar de alegría nuestra familia.

A mi novia **Alba Soberanes Pérez** quien forma parte de mi vida y ha estado incondicionalmente conmigo, me ha regalado su amor y, con ello, momentos maravillosos.

*“Hay hombres que luchan un día y son buenos. Hay otros que luchan un año y son mejores. Hay quienes luchan muchos años, y son muy buenos. Pero hay los que luchan toda la vida, esos son los imprescindibles” (Bertolt Brecht).*

## CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
SUMMARY.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Importancia económica del mango en México.....	4
2.2 Fertilización en mango.....	6
2.3 Remoción de nutrientes por el fruto.....	10
2.4 Efecto de los nutrientes en la calidad de los frutos.....	10
2.4.1 Nitrógeno.....	10
2.4.2 Fósforo.....	12
2.4.3 Potasio.....	12
2.4.4 Calcio.....	13
2.4.5 Boro.....	14
2.4.6 Magnesio.....	15
2.4.7 Cobre.....	16
2.4.8 Hierro.....	16
2.4.9 Zinc.....	17
2.4.10 Manganeso.....	17
2.5 Desórdenes nutrimentales.....	18
2.6 Calidad de frutos.....	19
2.7 Maduración de mango.....	19
2.7.1 Temperaturas de maduración.....	20
2.7.2 Respiración.....	20
2.7.3 Pérdidas de peso.....	21
2.7.4 Firmeza.....	22
2.7.5 Azúcares.....	23
2.7.6 Acidez.....	24

2.7.7	Ácido ascórbico.....	25
2.7.8	Carotenoides.....	26
2.7.9	Color.....	26
2.8	Daños por frío.....	28
2.9	Compuestos bioactivos.....	30
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1	Sitio Experimental y material vegetal.....	32
3.2	Tratamientos de campo.....	32
3.2.1	Manejo del huerto.....	33
3.3	Muestreo de frutos y tratamientos de laboratorio.....	34
3.4	Análisis nutrimental en frutos.....	35
3.5	Variables de calidad y frecuencias de medición.....	36
3.5.1	Intensidad respiratoria.....	36
3.5.3	Porcentaje de pérdida acumulativa de peso.....	37
3.5.4	Cambio de color en exocarpio y mesocarpio.....	38
3.5.5	Firmeza de la pulpa.....	38
3.5.6	Sólidos solubles totales.....	38
3.5.7	Acidez titulable.....	39
3.5.7	Ácido ascórbico.....	39
3.6	Análisis estadístico.....	41
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1	Evaluación año 2011.....	42
4.1.1	Contenido nutrimental.....	42
4.1.2	Intensidad respiratoria.....	46
4.1.3	Porcentaje de pérdida Acumulativa de Peso .....	50
4.1.4	Firmeza.....	53
4.1.5	Sólidos Solubles Totales.....	56
4.1.6	Acidez titulable.....	59
4.1.7	Relación azúcar/ácido (RAA).....	61
4.1.8	Ácido ascórbico.....	64
4.1.9	Color del exocarpio y mesocarpio.....	68
4.1.10	Conclusiones del evaluación 2011.....	69

4.2 Evaluacion año 2012.....	70
4.2.1 Contenido nutrimental.....	70
4.2.2 Intensidad respiratoria.....	75
4.2.3 Porcentaje de pérdida acumulativa de peso.....	78
4.2.4 Firmeza.....	80
4.2.5 Sólidos Solubles Totales.....	82
4.2.6 Acidez titulable.....	84
4.2.7 Relación azúcar/ácido (RAA).....	86
4.2.8 Ácido ascórbico.....	89
4.2.9 Color del mesocarpio y exocarpio.....	91
4.2.10 Conclusiones evaluación 2012.....	91
V. CONCLUSIONES.....	93
VI. LITERATURA CITADA.....	94
VII. ANEXOS.....	107

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Tratamientos anuales de fertilización de las dosis Normal, Alta y Control (g·árbol <sup>-1</sup> ) aplicados al suelo en 2010, 2011 en el huerto de mango cv. Kent (Buenavista, Mpio. de Acaponeta, Nayarit).....	33
<b>Cuadro 2.</b> Composición nutrimental en los tejidos de frutos de mango 'Kent' con distintas dosis de fertilización en la cosecha 2011.....	45
<b>Cuadro 3.</b> Composición nutrimental en los tejidos de frutos de mango 'Kent' con distintas dosis de fertilización en la cosecha 2012.....	73
<b>Cuadro 4.</b> Composición nutrimental del total del fruto de acuerdo con el año de evaluación.....	74
<b>Cuadro 5.</b> Intensidad respiratoria de frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.....	77
<b>Cuadro 6.</b> Porcentaje de pérdida acumulativa de peso en frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.....	79
<b>Cuadro 7.</b> Firmeza en frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.....	81
<b>Cuadro 8.</b> Porcentaje de SST en frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.....	83
<b>Cuadro 9.</b> Acidez titulable en frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.....	85
<b>Cuadro 10.</b> RAA en frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.....	88
<b>Cuadro 11.</b> Contenido de ácido ascórbico en frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Curva estándar para la determinación del contenido ácido ascórbico presente en la pulpa de los frutos.....	41
<b>Figura 2.</b> Intensidad respiratoria de frutos (2011), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	49
<b>Figura 3.</b> Pérdida de peso acumulativo de frutos (2011), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	52
<b>Figura 4.</b> Firmeza de frutos (2011), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	55
<b>Figura 5.</b> SST de frutos (2011), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	58
<b>Figura 6.</b> Contenido de ácido cítrico en frutos (2011), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	60
<b>Figura 7.</b> Relación azúcar/ácido en frutos (2011), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	63
<b>Figura 8.</b> Contenido de ácido ascórbico en frutos (2011), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	67
<b>Figura 9.</b> Intensidad respiratoria de frutos (2012), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	77
<b>Figura 10.</b> Pérdida de peso acumulativo de frutos (2012), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	79
<b>Figura 11.</b> Firmeza de frutos (2012), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	81
<b>Figura 12.</b> SST en frutos (2012), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	83
<b>Figura 13.</b> Contenido de ácido cítrico en frutos (2012), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	85
<b>Figura 14.</b> Relación azúcar/ácido en frutos (2012), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H.R.....	88
<b>Figura 15.</b> Contenido de ácido ascórbico en frutos (2012), madurados a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $36\pm 2\%$ de H. R.....	90

## I. INTRODUCCIÓN

En México la producción de mango juega un papel importante en la economía, ya que, nuestro país es el quinto productor a nivel mundial, sólo por debajo de India, China, Tailandia y Paquistán. A nivel nacional se han establecido estándares de calidad para asegurar que la producción cumpla con los requisitos mínimos para su comercialización. El incumplimiento de estos estándares implica bajos precios al y poca ganancia al productor, y dada la competitividad que existe con los productos provenientes de otros países se hace necesaria la implementación de programas de manejo orientados a incrementar la calidad y el rendimiento del cultivo.

Uno de los aspectos importantes en el manejo de los huertos, es el programa anual de fertilización, ya que de este dependen en gran medida la producción y calidad de los frutos. Sin duda el suministro de nutrientes a la planta impacta en las cualidades que presentará el fruto durante su desarrollo y en el manejo poscosecha. Este trabajo presenta un estudio sobre la calidad que presentaron en la etapa poscosecha los frutos provenientes de árboles manejados con tres distintos programas de fertilización. El experimento de campo se estableció en Acaponeta, Nayarit y la fase de laboratorio se realizó en el Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Se evaluaron variables físicas, químicas y fisiológicas que permitieron caracterizar la relación que existe entre la concentración de nutrientes y el proceso de maduración. Los resultados indican que los tratamientos de fertilización afectaron en primer lugar el contenido nutrimental, donde se observa que el incremento en la aplicación de un nutriente al suelo no implica necesariamente un mayor contenido en el tejido del fruto y por otra parte, las variables de calidad evaluadas en la fase de maduración mostraron

diferencias de acuerdo con el tratamiento de campo. El periodo refrigerado implicó una maduración acelerada de los frutos y nuevamente se presentaron diferencias entre tratamientos de fertilización.

Dados los resultados, es importante que estos estudios abarquen más años de evaluación para tener mayor información sobre calidad de frutos y nos permita recomendar con certeza, el mejor programa de fertilización que resulte en una buena calidad poscosecha del fruto.

### **1.1 Objetivos**

Determinar la relación existente entre la dosis de nutrientes aplicados al suelo y la calidad final de los frutos de mango 'Kent' sometidos a refrigeración.

Estudiar el proceso de maduración de frutos procedentes de árboles tratados con diferentes dosis de fertilización y periodos de refrigeración.

### **1.2 Hipótesis**

Los frutos de árboles con nutrición balanceada presentan maduración uniforme y calidad óptima de consumo después del periodo de almacenamiento refrigerado.

Al incrementarse la cantidad aplicada de un nutriente no implica mayor concentración en los tejidos del fruto.

La concentración de nutrimentos en los frutos tiene relación con la maduración, conservación en frío y calidad de fruto.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Importancia económica del mango en México

Los principales países productores de mango son India, China, Tailandia, Paquistán y México y en conjunto, estas seis naciones generan tres de cada cuatro toneladas del fruto a nivel mundial (SIAP, 2012), además, en América Latina sólo México y Brasil destacan como principales países productores (FAO, 2012). En México, el mango se cultiva en 21 entidades y las variedades más importantes son 'Ataulfo' (25,4%), 'Manila' (19.8%), 'Tommy Atkins' (13.2%), 'Haden' (11.5%) y 'Kent' (11.3 %), y conjuntamente aportan 81.2% por ciento de la producción nacional (SIAP, 2012). Finalmente el consumo de este fruto en México es de 14 kg·año<sup>-1</sup> (AMSDA, 2004).

#### 2.1.1 Distribución y época de producción

En México debido a las condiciones climáticas, en particular las bajas temperaturas que prevalecen en el territorio, la producción de mango se concentra en los meses más calurosos. En el 2011 la producción aproximada fue de 1.5 millones de toneladas y el 80 % de ésta se concentró en cinco meses (abril, mayo, junio, julio y agosto) y el 20 % restante de septiembre a marzo.

El 89 % de la superficie cultivada se encuentra distribuida principalmente en los estados de Sinaloa (16 %), Chiapas (14 %), Guerrero (13 %), Nayarit (13 %), Michoacán (12 %), Veracruz (11 %) y Oaxaca (10 %), además, su cultivo se realiza bajo condiciones de riego en

72 mil hectáreas (33 %) principalmente en siete estados (en orden descendente Michoacán, Sinaloa, Nayarit, Veracruz y Colima, Guerrero y Chiapas) y de temporal 111 mil hectáreas (67 %) donde destacan los estados de Nayarit, Sinaloa, Oaxaca, Veracruz, Guerrero y Chiapas de mayor a menor respectivamente (SIAP, 2012).

En el 2011 la superficie cosechada de mango fue de 174, 855 ha y los cultivares se distribuyeron de la siguiente manera; 'Ataulfo' 26 %, 'Manila' 23 %, 'Haden' 15 %, 'Tommy Atkins' 12 %, 'Kent' 10 %, 'Keitt' 5 % y otros cultivares 9 % (SIAP, 2012).

### **2.1.2 Producción y Comercialización**

De acuerdo con el SIAP (2012), en México el cultivo de mango ocupa el cuarto lugar en producción entre los frutales, precedido de la naranja, el plátano y el limón, aunque, respecto a la superficie sembrada se ubicó en el segundo lugar sólo después de la naranja y seguido por el limón y el aguacate. Del 2001 al 2011 la superficie plantada se incrementó en 14 000 ha y la producción se ha mantenido alrededor de 1.5 millones de toneladas, resaltando los años 2006-2008 con una producción de 1.7 millones de toneladas, además el rendimiento promedio se ha mantenido muy homogéneo (8.55 a 10.08 ton·ha<sup>-1</sup>).

En 2011 la producción fue de 1,536,654 ton y el 88 % de la producción se concentró en los estados de Guerrero (21 %), Nayarit (15 %), Chiapas (13 %), Oaxaca (12 %), Sinaloa (12 %), Michoacán (8 %) y Veracruz (7 %). Nayarit por su parte produjo cerca de 250 mil toneladas y su producción se distribuyó en los meses comprendidos entre marzo y octubre

presentando un pico de producción en junio, julio y agosto que abarcan el 80 % del volumen cosechado.

En los últimos cinco años el precio medio rural (PMR) y el valor de la producción no se han incrementado en gran medida manteniendo valores aproximados de 2, 600 pesos por tonelada y 4,059 millones de pesos, respectivamente (SIAP, 2012).

En el 2010, México fue el segundo país más importante en la exportación de mango al mundo, sólo precedido por la India (FAO, 2012). Para el 2011 México exportó 272,170 ton (17.7 % de su producción y representó 157 millones de dólares) principalmente a los mercados de Estados Unidos de América (84 %), Canadá (12 %), Japón (1.2 %) y Holanda (1.2 %) y estos países pagaron el producto en 508 USD·ton<sup>-1</sup>, 693 USD·ton<sup>-1</sup>, 2,703 USD·ton<sup>-1</sup> y 813 USD ton<sup>-1</sup> respectivamente (Secretaría de Economía, 2012). Finalmente, los productores mexicanos concentran la exportación de acuerdo con los meses de producción (febrero a septiembre) y es importante mencionar, dada la importancia económica, que existe una ventana de mercado en Estados Unidos en los meses de agosto, septiembre y octubre, noviembre y diciembre cuando sólo Ecuador cubre la demanda.

## **2.2 Fertilización en mango**

Los árboles frutales, al igual que otros cultivos, obtienen los elementos nutritivos de la solución del suelo para desarrollar las estructuras que lo conforman y lograr buena producción. A lo largo de la vida del cultivo, estos nutrientes se agotan y es necesario reponerlos para no afectar la capacidad productiva del huerto.

Un programa de fertilización de árboles frutales debe considerar las distintas etapas de desarrollo del cultivo, puesto que cada una de ellas demanda distintos niveles de nutrientes. Lopes *et al.* (2009), ubican a la fertilización como un eje central en la producción integrada de frutales procurando un uso eficiente de los nutrientes. La respuesta del mango a la fertilización varía, como en la mayoría de las plantas, dependiendo de numerosos factores y entre los más importantes se encuentran el cultivar, tipo de fertilizante, la dosis, frecuencia y forma de aplicación, las condiciones ambientales, del suelo y el aporte hídrico (Whiley, 1984; Cull, 1991).

En las plantas de mango la nutrición puede tardar un periodo considerable en mostrar efectos en crecimiento y producción. De Mello (2010) encontró que la aplicación de distintas dosis de P en plantas jóvenes mostró diferencias, hasta el cuarto año, en diámetro del tallo, más no en altura y producción; por el contrario, Aly *et al.* (2011), observaron que la aplicación de cloruro de calcio foliar incrementó la concentración de Ca desde el primer año de aplicación. La forma de aplicación también afecta la absorción nutrimental del zinc, como lo muestran los datos de Bahadur *et al.* (1998), al comparar la aplicación de sulfato de zinc de manera foliar (0.25, 0.50 y 1.0 %) y al suelo (0.5, 1.0 y 2.0 kg·árbol<sup>-1</sup>) durante la diferenciación floral de mango 'Dusheri'; estos autores reportaron que todos los tratamientos fueron efectivos en incrementar la concentración de Zn en las hojas a un nivel adecuado ( $\geq 20$  mg·kg<sup>-1</sup>) aunque la absorción vía foliar fue más rápida. De acuerdo con Totten *et al.* (2008), los programas de fertilización al suelo se consideran prácticas comunes, pero dependen del estado de la raíz.

Galán (1999), indica que la forma más racional para determinar una fórmula de abonado se debe basar en la utilización de un análisis foliar que determine las necesidades en nutrientes por comparación con los niveles óptimos de dichos nutrientes, además de un análisis de suelo.

Debido a las condiciones que prevalecen a nivel regional o incluso de huerto se reportan distintas dosis de fertilización para árboles de mango. Xiuchong *et al.* (2001), reportan el uso de N (400 g), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (125 g), K<sub>2</sub>O, Mg (320-440 g) y S (80 g) por árbol para mejorar el rendimiento y la calidad de frutos de mango en algunas provincias de China, por su parte Sharma *et al.* (2000), reportan el uso de N (400-800 g), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (200-400 g) y K<sub>2</sub>O (300-600 g) por árbol para mejorar la calidad de los frutos de mango 'Dashehari' en la India. Para el caso de Florida en árboles jóvenes, Crane *et al.*(2009), recomiendan el uso de mezclas que contengan 6-10 % N, 6-10 % de ácido fosfórico, 6-10% de K y 4-6% de Mg, para el caso de árboles en producción es necesario incrementar a 9-15% de K y reducir de 2-4% el ácido fosfórico, el boro se debe aplicar en concentraciones muy bajas (1/300 respecto a la concentración de N) ya que este elemento es toxico para las plantas en concentraciones mayores.

En México, para mango 'Ataulfo' se han diseñado diferentes dosis de fertilización. Vázquez-Valdivia *et al.* (2005), determinaron un programa de fertilización para huertos de mango 'Ataulfo' ubicados en Atonalisco, Nayarit. El programa incluye una fertilización anual de 100 g·árbol<sup>-1</sup> de 17N-17P-17K en el primer año, en el segundo y tercer año 1.0 kg y en el octavo y noveno año 2.0 kg de la misma fuente, la aplicación se hizo en dos tiempos, una al inicio (Julio) y la otra al final del periodo de lluvias (Septiembre). En otro trabajo, Vázquez-

Valdivia *et al.* (2009), reportaron para mango 'Ataulfo' la aplicación de 1 Kg de la fórmula 17N-17P-17K y 500 g de urea (46% N) por árbol, aplicados una parte inmediatamente después de la cosecha (julio) con mayor proporción de N y menor de P y K (500 g de urea y 250 g de 17-17-17), esto con la finalidad de favorecer la emisión de brotes vegetativos; La segunda y última parte en febrero con 750 g de 17-17-17, para favorecer el desarrollo del fruto y no un nuevo flujo vegetativo.

Con el fin de promover la floración fuera de época normal, se han utilizado distintos compuestos a diferentes concentraciones, por ejemplo, Quijada *et al.* (2009), han utilizado  $\text{KNO}_3$  a una concentración de 6% y tiosulfato de potasio en una concentración de 1% para inducir la floración en mango 'Irwin' y 'Tommy Atkins'. Para mejorar la calidad del fruto Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), estudiaron la aplicación de  $\text{CaNO}_3$  foliar en concentraciones de 1, 10, 15 y 20 g L<sup>-1</sup> por árbol durante la floración y amarre de frutos de mango 'Haden'.

En la floración del mango 'Tommy Atkins' y 'Keitt' la aplicación foliar de  $\text{KNO}_3$  al 3 % promueve la emisión de brotes reproductivos después de permanecer 15 días a temperaturas de 10 a 15 °C (Yeshitela *et al.*, 2004). Este compuesto se ha utilizado ampliamente para adelantar la floración en árboles de mango. Dalal *et al.*, (2005) lograron adelantar la floración (27 a 30 días más temprano) en mango 'Pairy' aplicando  $\text{KNO}_3$  de manera foliar. Por otra parte, Sarker y Rahim (2013) reportan que el tratamiento de  $\text{KNO}_3$  al 4% favoreció la aparición de panículas 17 días antes que los tratamientos de  $\text{KNO}_3$  al 6%,  $\text{KNO}_3$  al 8%, Urea al 2%, Urea al 4% y el Control. Diversos autores (Sergent *et al.*, 1997;

Sarker y Rahim, 2013) reportan un adelanto en la fecha de cosecha cuando se realizan aplicaciones foliares precosecha de  $\text{KNO}_3$ .

## **2.3 Remoción de nutrientes por el fruto**

Difícilmente puede establecerse un orden general en la remoción de nutrimentos para todos los cultivares y zonas de cultivo, por ejemplo, Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), mencionaron que la demanda de nutrientes en mango 'Haden' cultivados en Michoacán está dado por el orden  $\text{K} > \text{N} > \text{Mg} > \text{Ca}$ . A su vez, Cruzaley *et al.* (2003), establecieron que en mango 'Ataulfo' la demanda de los nutrimentos fue  $\text{Mg} > \text{Ca} > \text{N} > \text{K}$ . Según Léchaudel *et al.* (2002), los mayores niveles nutrimentales en la pulpa de mango 'Lirfa' estuvieron dados por Mg, K y Ca. Por último, Xiuchong *et al.* (2001), observaron que el orden de remoción de nutrimentos en frutos de mango 'Shenzhen' y 'Sanshui' fue  $\text{K}_2\text{O} > \text{N} > \text{P}_2\text{O}_5 > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S}$ .

Existen relaciones de antagonismo o sinergismo entre los elementos. Por ejemplo Aly *et al.* (2011), reportó que la aplicación de  $\text{CaCl}_2$  en mango 'Alphonse' y 'Badami' redujo la concentración de K en las hojas con respecto al Control pero no afectó de manera significativa al N, P, Fe, Zn y Cu.

## **2.4 Efecto de los nutrientes en la calidad de frutos**

### **2.4.1 Nitrógeno**

El nitrógeno es un ingrediente esencial de la clorofila, proteínas, hormonas de crecimiento, y enzimas, además, conforma un bloque para la producción de frutos (Ramírez y

Davenport, 2010). La planta absorbe el nitrógeno principalmente en formas de  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{NH}_4^+$  y al ser un elemento muy móvil por el floema se transporta progresivamente hacia las hojas más jóvenes o ápices en crecimiento, esto ocasiona que las deficiencias se presenten en primer lugar en las hojas basales o de mayor edad (Gil, 1995). En mango, un aporte adecuado de nitrógeno durante el periodo de rápido desarrollo del fruto, momento en que la demanda de nutrientes es máxima, aumenta la producción (Samra *et al.*, 1977; Guzmán-Estrada *et al.*, 1997). Robert y Wolstenholme (1993) señalaron que la aplicación de nitrógeno inmediatamente después de la cosecha es beneficiosa ya que permite reponer los carbohidratos consumidos durante el proceso de crecimiento del fruto y poner rápidamente éstos a disposición de las hojas de la nueva brotación. Galán (1999) recomienda concentrar la aplicación del nitrógeno al inicio del crecimiento vegetativo, inicio del crecimiento del fruto e inmediatamente tras la cosecha.

La aplicación de N juega un papel relevante en la producción y calidad de los frutos. El nitrógeno suministrado en forma de nitrato a los árboles de manzana 'Fuji' lograron que el fruto fuera más largo, presentará mejor color, alto porcentaje de SST, altos niveles de azúcares y mayor acidez respecto a los tratamientos con amonio, aunque este último favoreció la concentración de N en el fruto (Motosugi *et al.*, 1995). MacKenzie (1993) mencionó que debe ponerse atención en la aplicación de nitrógeno en el caso de algunos cultivares como 'Keitt' y 'Kent' que no alcanzan el deseable color amarillo en la epidermis cuando la fertilización nitrogenada es excesivo, ya que presentan machas verdosas cuando la concentración foliar de este elemento es mayor a 1.2 %. Síntomas similares fueron reportados por Pinto (2000), en frutos maduros de 'Tommy Atkins' cuando la concentración

de N en las hojas excedió 1.3 %. Finalmente, Sarker y Rahim (2013) encontraron que la aplicación foliar de urea permitió adelantar la fecha de cosecha.

#### **2.4.2 Fósforo**

El fósforo está estrechamente relacionado con un crecimiento prolífico de la raíz, producción de tallos fuertes, buen amarre de frutos y maduración oportuna (Samara y Arora, 1997). En cítricos la deficiencia de fósforo disminuye la emisión de brotes y raíces (Lovatt, 1986). De acuerdo con Gil (1995), la disponibilidad óptima en el suelo se presenta con un pH 6.5-7.5, se absorbe principalmente como fosfato monoácido ( $H_2PO_4$ ) y se trata de un elemento plástico que se haya en los ácidos nucleicos, en los fosfolípidos y glucolípidos de membranas, en los fosfatos (mono, di y trifosfatos) de las bases púricas y pirimídicas y de los monosacáridos (enlaces fosfato de alta energía). Se ha demostrado que el incremento en la actividad de síntesis de arginina en las hojas de algunos cultivares usados como portainjertos de cítricos se debe a la acumulación de amonio en las hojas de plantas deficientes de P y esta acumulación y remoción a través de la síntesis de arginina es la respuesta inicial a la deficiencia de este elemento (Lovatt, 1986).

#### **2.4.3 Potasio**

El Potasio ( $K^+$ ) se encuentra en el suelo en forma de catión, la máxima disponibilidad en el suelo se presenta en pH entre 6.5 y 7.5, la forma de absorción por la planta es la de catión monovalente y es un ion móvil por el floema que se redistribuye a los tejidos jóvenes, por lo cual los síntomas de deficiencias se presentan primero en hojas viejas (Gil, 1995). De

acuerdo con Alva *et al.*, (2008) el potasio es altamente móvil en todos los niveles, desde la célula individual hasta el transporte por xilema y floema, es por ello que es importante en la activación enzimática, síntesis de proteína, funciones estomatales, estabilización interna del pH, fotosíntesis, proceso de turgencia y transporte de metabolitos.

En la calidad de los frutos, el principal efecto es sobre los SST. Al respecto, Quijada *et al.* (2009) reportó un incremento en la concentración de °Brix cuando se realizó la aplicación foliar de  $\text{KNO}_3$  antes de la floración. El exceso de K puede causar un desbalance de Ca y Mg en las hojas.

#### **2.4.4 Calcio**

El calcio es importante en la asimilación de N y transporte de carbohidratos y aminoácidos. El Ca se absorbe mejor cuando se aplica al suelo que por vía foliar y juega un papel importante en la estructura de la membrana y pared celular de toda la planta. Una vez depositado en las hojas por la corriente de transpiración queda inmovilizado, por lo que las deficiencias afecta a las hojas jóvenes, tan pronto como decrece su aporte (Gil, 1995).

El Ca afecta la actividad fisiológica de los frutos y con ello la calidad. En manzana 'Golden Reinders' la aplicación de 2% de  $\text{CaCl}_2$  por inmersión, inhibió la producción de etileno en la primera semana después de un periodo refrigerado de 19 y 36 semanas; también, se han observado efectos directos en la integridad de la lámina media inhibiendo la actividad de las enzimas  $\alpha$ -L-arabinofuranosidase, pectatoliasa,  $\beta$ -galactosidasa que son importantes en la preservación de la firmeza después de la cosecha (Ortiz *et al.*, 2011). Singh *et al.* (1993),

reportaron que la aplicación foliar de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (1% y 2% Ca) y  $\text{CaCl}_2$  (0.6% y 1.2% Ca), 20 y 10 días antes de la cosecha, en mango 'Dashehari' retardaron la maduración, además los frutos mostraron altos niveles de calcio en mesocarpio y endocarpio con bajas pérdidas de peso y poca producción de  $\text{CO}_2$ .

Según Pinto *et al.*, (1994) uno de los principales problemas relacionado con la calidad es el colapso interno de la pulpa y se atribuye a un desbalance entre bajo contenido de Ca y alto contenido de N; estos autores encontraron que en plantas con una relación mínima de Ca:N de 2.2:1 en las hojas produjo una producción promedio de 245 frutos por planta con 97% de los frutos libre de colapso interno de la pulpa y en plantas con una relación Ca:N de 1:1, produjo 139 frutos por planta, de los cuales 60% presentaron colapso interno de la pulpa.

#### **2.4.5 Boro**

En las hojas de mango 'Dashehari' se mencionan niveles óptimos de Boro (B) de  $100 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de materia seca (Agarwala *et al.*, 1988). Rath *et al.* (1980), aplicaron B y Zn (0.8 a 0.2 %) y se logró incrementar la longitud, diámetro y peso del fruto; las concentraciones mayores (0.8 y 0.6%) incrementaron los azúcares totales, el ácido ascórbico, la acidez y sólidos solubles. El B también participa activamente en la calidad de los frutos. Rajput *et al.* (1976), observaron que la aplicación foliar de B (ácido bórico) en mango 'Langra', justo antes de la floración, en concentraciones desde 0.2 hasta 0.8 % presentó un incremento en el amarre de fruto por panícula, disminuyó notablemente la caída de fruto, favoreció un mayor tamaño del fruto con concentraciones de 0.6 y 0.8 %, y los Sólidos Solubles Totales (SST) y el porcentaje de ácido fue mayor conforme aumentó la concentración. De acuerdo con

Chapman *et al.* (1978), los frutos provenientes de árboles de papaya con deficiencia de B maduraron de manera poco uniforme y presentaron bajo contenido de azúcar. También se ha reportado que la aplicación precosecha de B favorece la calidad de frutos de guayaba (Aly y Ismail, 2000).

Bhatt *et al.* (2012), encontraron que la aplicación foliar precosecha de Borax (0.5%) registró en los frutos de mango 'Dashehari' los máximos valores en peso, volumen, rendimiento por árbol, SST, contenido de ácido ascórbico, azúcares, reductores y no reductores, comparado con la aplicación de  $\text{CaCl}_2$  (1.2%),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0.5%),  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (1.0%),  $\text{ZnSO}_4$ (0.5%),  $\text{ZnCl}_2$  (0.3%) y el Control.

#### **2.4.6 Magnesio**

El papel fisiológico más conocido para el Mg está en la cosecha de energía solar puesto que ocupa la posición central en la estructura de la clorofila, también es un cofactor modulador alostérico para más de 300 enzimas (incluyendo carboxilasas, fosfatasas, quinasas, RNA polimerasas y ATPasas (Cowan, 2002; Hawkesford *et al.*, 2012). En muchas especies los síntomas de la deficiencia de Mg aparecen primero en la hojas más viejas y posteriormente en las hojas más pequeñas (Verbruggen y Hermans, 2013). Debido a la gran movilidad del Mg, las plantas pueden remover Mg de las hojas viejas hacia las hojas jóvenes (Taiz y Zeiger, 2010). En muchas especies, los primeros indicios de la deficiencia de Mg consisten en un deterioro en la partición de azúcar que conduce a la acumulación de almidón y la mejora de los mecanismos antioxidantes, antes de efectos notables sobre la actividad fotosintética (Cakmak y Kirkby, 2008; Hermans y Verbruggen, 2008).

En plantas C3, el Mg está involucrado en la modulación de la actividad de la enzima clave de la fotosíntesis, la ribulosa-1, 5-bifostato carboxilasa/oxigenasa (Rubisco) que cataliza el paso principal de la fijación de carbono (Anderson, 2008; Engels *et al.*, 2012). La deficiencia de Mg induce condiciones en las cuales la exportación de azúcar hacia afuera de la hoja es restringida (Verbruggen y Hermans, 2013). La aplicación de cantidades excesivas de Ca y K disminuye la absorción de Mg.

#### **2.4.7 Cobre**

Según Yruela (2005), el cobre (Cu) es un metal esencial para el crecimiento y desarrollo adecuado de la planta, también es potencialmente tóxico, este elemento participa en numerosos procesos fisiológicos y es un cofactor esencial para muchas metaloproteínas, sin embargo, los problemas surgen cuando este elemento se encuentra en exceso en la célula ya que este exceso inhibe el crecimiento e implica importantes procesos celulares (i.e., transporte de electrones en la fotosíntesis).

#### **2.4.8 Fierro (Fe)**

Este elemento se requiere para mantener el proceso de la vida puesto que está involucrado en la respiración y la fotosíntesis. En estos procesos, el Fe participa en la transferencia de electrones a través de reacciones redox reversibles cambiando entre  $Fe^{2+}$  y  $Fe^{3+}$ . Los síntomas de la insuficiente absorción de Fe incluye clorosis intervenal y la reducción en el rendimiento de los cultivos (Kim y Guerinot, 2007). Asociados con un exceso

de Mn y aplicando grandes cantidades de fertilizantes fosfatados se pueden inducir deficiencias de Fe en mango.

#### **2.4.9 Zinc**

En las hojas de mango 'Dashehari' se reportan niveles óptimos de Zinc (Zn) de  $28 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de materia seca (Agarwala *et al.*, 1988). El Zn, en combinación con B, ha mostrado mejorar notablemente la calidad de los frutos (Rath *et al.*, 1980). Bhatt *et al.* (2012), observaron que la aplicación foliar de los tratamientos  $\text{ZnSO}_4$  (0.5 %),  $\text{ZnCl}_2$  (0.3 %) y el Control mostraron los valores más bajos en el contenido de ácido ascórbico durante la maduración y valores mínimos de SST a la cosecha en frutos de mango 'Dashehari', comparado con los tratamientos  $\text{CaCl}_2$  (1.2 %),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0.5 %) y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (1.0 %). La deficiencia de Zn puede ser un problema en suelos calcáreos o en aquellos que reciben grandes cantidades de limo y fertilizantes Fosfatados (Ruele y Ledin, 1955; Geus, 1964).

#### **2.4.10 Mn**

La limitación en la aplicación de Mn y la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes fosfatados afecta la disponibilidad de Mn en el suelo. Para Mn, Agarwala *et al.* (1988), reportan un nivel óptimo de  $22 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de materia seca en hojas de mango 'Dashehari'.

## 2.5 Desórdenes nutrimentales

Durante el desarrollo de los frutos se pueden presentar desórdenes que a menudo se relacionan con un exceso o deficiencia de algún elemento. En los ápices de frutos de mango se desarrolla comúnmente una alteración conocida como punta blanda que consiste en el ablandamiento excesivo de la pulpa. Según Burdon *et al.* (1991), el bajo nivel de Ca en esta zona se debe a la distribución que va de mayor a menor a partir del pedúnculo hasta la punta y de afuera hacia adentro del fruto, obteniendo una zona con muy baja concentración de Ca.

Sharma y Sing (2009) han identificado que la deficiencia de B y Ca en la pulpa se relaciona con el desarrollo del desorden “Fruitpitting” o picado de la fruta, representando hasta el 30.2 % de la piel del fruto de mango ‘Dashehari’.

La descomposición interna del fruto es un problema fisiológico cuyo origen no está claramente establecido pero se trata de una pérdida de las características ideales de la pulpa que adopta diversos grados de acuerdo con los cultivares y condiciones ambientales que van desde la gelatinización de la pulpa hasta la descomposición interna de la misma (Galán, 1999). Wainwright y Burbage (1989) mencionan que puede deberse a un desequilibrio nutricional, en particular una deficiencia de Ca.

En mango ‘Tommy Atkins’ se ha encontrado que las altas concentraciones de Ca y Mg, y los bajos valores en la relación N/Ca y K/Ca en la pulpa y en la cáscara previenen la ocurrencia de desórdenes fisiológicos (De Assis *et al.*, 2004).

## 2.6 Calidad de frutos

En México, varios estudios para determinar la calidad postcosecha de frutos han incluido la evaluación de variables como firmeza, pérdida de peso, sólidos solubles totales, daños por frío, acidez titulable, ácido ascórbico, color interno y externo (Luna-Esquivel *et al.*, 2006; Osuna *et al.*, 2002; Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006).

Existen normas que establecen lineamientos para la comercialización de mangos de calidad, tal es el caso del PC-005-2005 (pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Mango) y la NMX-FF-058-SCFI-2006, Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fruta fresca – mango (*Mangifera indica* L.) – especificaciones. Ambos documentos establecen los requisitos mínimos que deben cumplir los frutos para ser considerados de calidad y poder comercializarse, incluyen especificaciones sanitarias, atributos físicos y sensoriales, presentación, preservación, almacenamiento y transporte, así como requisitos necesarios para la certificación. Es importante destacar que muchos huertos en la República Mexicana toman en cuenta los índices de cosecha de estos documentos para realizar la recolección.

## 2.7 Maduración de mango

La maduración es el proceso fisiológico que se inicia en la última etapa de crecimiento del fruto y termina en la primera etapa de la senescencia; involucra una serie de cambios físico-químicos que conduce a los frutos a obtener su máxima calidad. Ocurren cambios en color

interno y externo, sabor y olor, firmeza, peso, composición de azúcares, acidez y compuestos volátiles.

### **2.7.1 Temperaturas de maduración**

Entre los factores que afectan el proceso de maduración en los frutos está la humedad relativa y la temperatura, pero en general se recomienda 90 % de H.R. y 18 a 24 °C, requiriéndose en ocasiones hasta 14 días para obtener un fruto con características homogéneas (Galán, 1999). La temperatura de maduración depende del cultivar, por ejemplo, Medlicott *et al.* (1986), reportan que en mango 'Tommy Atkins' a temperaturas de 12 y 17 °C los frutos no maduran completamente y se manifiesta con altos valores de acidez, baja relación azúcares/acidez, retención de la coloración verde en la cáscara, bajo contenido de carotenoides en la pulpa y ablandamiento incompleto, por el contrario, a temperaturas de 22, 27, y 32 °C, los frutos mostraron gran pérdida de clorofila, alto contenido de carotenoides en la pulpa, buena textura y balance adecuado de la relación azúcares/acidez.

### **2.7.2 Respiración**

Durante la maduración, en frutos climatéricos, se eleva la respiración y producción de etileno. Li *et al.* (2009), reportan valores de producción de CO<sub>2</sub> de 60 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> en el máximo climatérico que se presenta a los cinco días después de la cosecha de mangos 'Tommy Atkins' almacenados a 22 °C. Por otra parte, Lalel *et al.* (2003), reportan valores de producción de CO<sub>2</sub> de 50.75 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> al cuarto día de maduración cuando el color óptimo ocupada un 75% de la epidermis de mangos 'Kensington Pride'. Por otra parte, Siller-Cepeda *et al.* (2009), reportaron que los frutos de mango mostraron una producción de CO<sub>2</sub>

característica de frutos climatéricos, con la máxima tasa respiratoria entre los 8 y 10 días de almacenamiento; 'Edward' y 'Kent' alcanzaron  $71 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , mientras que 'Tommy Atkins', 'Palmer' y 'Osteen' registraron un promedio de  $40 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), observaron que la aplicación de Ca ( $20 \text{ g L}^{-1}$ ) en precosecha redujo la velocidad de respiración en poscosecha en frutos de mango 'Haden', ya que el mayor contenido de Ca redujo la intensidad respiratoria y la producción de etileno. Esto hace pensar que este elemento mantiene la integridad del sistema de membranas en la célula que se traduce en una disminución de la actividad de algunas enzimas respiratorias.

### 2.7.3 Pérdidas de peso

Siller-Cepeda *et al.* (2009), mostraron que la maduración de frutos de mangos 'Edward', 'Diplomático', 'Ah-Ping', 'Van Dyke', 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Kent', 'Osteen', 'Palmer', 'Fabián' y 'Keitt' se caracterizó por mostrar una pérdida final de peso relativamente baja (entre 3 y 6 %) ; con excepción de 'Diplomático' (7.4 %), los frutos de 'Kent', 'Palmer', 'Osteen', 'Van Dyke', 'Tommy Atkins' y 'Haden' presentaron pérdidas menores a 4 %. Hidalgo *et al.* (1996), reportaron una pérdida de peso de 11 % en frutos 'Manila' almacenados por 10 días a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ; posiblemente la temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  durante el almacenamiento aceleró la transpiración del fruto y hubo así una mayor pérdida de peso. Muy *et al.* (2004), encontraron en mango 'Keitt' pérdidas de peso de 4, 6 y 11% en frutos recubiertos con películas de polietileno (Britex<sup>®</sup>) y almacenados a  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  por 10 días a 93, 64 y 52 % HR, respectivamente, lo que indicó que la humedad relativa es otra variable importante a considerar en la pérdida de peso de los frutos durante el almacenamiento.

#### 2.7.4 Firmeza

La maduración del mango se caracteriza por un natural y gradual ablandamiento, el cual se debe a la progresiva depolimerización de polisacáridos pécticos y hemicelulósicos con pérdidas significativas de galactosa, arabinosa y manosa a la maduración (Yashoda *et al.*, 2005). Las hidrolasas de la pared celular muestran un incremento en su actividad durante la maduración, especialmente en el estado climatérico (Fry, 1995). Durante la maduración de frutos de mango 'Alphonso' la actividad de las hidrolasas se incrementó gradualmente, muchas de ellas mostraron mayor actividad durante el climaterio, mientras que la de una esterasa (pectinmetilesterasa) disminuyó conforme avanzó la maduración, aunque la alta actividad al inicio se ha asociado a la dimetilación de las pectinas para la acción subsecuente de la poligalacturonasa (Yashoda *et al.*, 2007). La actividad de la pectinmetilesterasa juega un papel importante en el ablandamiento y pérdida de viscosidad de la pulpa de frutos (Zhi *et al.*, 2008). En frutos climatéricos la elevada actividad de la poligalacturonasa coincide con la alteración considerable en la textura (pérdida de firmeza) durante la maduración y la conversión de polisacáridos pécticos en galacurónides solubles en agua (Lazan *et al.*, 1986). Yashoda *et al.* (2005), reportaron que la glicanasa, manasa, arabinasa y galactanasa muestran alta actividad en mangos maduros, las dos últimas son conocidas como degradadoras de los polisacáridos del tipo galactano y arabinano los cuales son constituyentes del complejo péctico.

Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), encontraron que la firmeza final en frutos de mango 'Haden' fue mayor en los frutos provenientes de huertos con aplicaciones de Ca; esto porque el calcio se encuentra principalmente en la pared celular adherido a la pectinas, donde su

función más importante es la de regular la permeabilidad de las membranas y fortalecer la pared celular, por ello los tejidos deficientes en Ca suelen ser suaves.

### **2.7.5 Azúcares**

Báez (1998) reportó que los mangos 'Tommy Atkins', 'Haden' y 'Kent' con características de exportación deben presentar al momento de corte valores mínimos de 7.3 °Brix. Lakshminarayana (1980) reportó un incremento, durante la maduración, de 9.8 a 17 °Brix en frutos de 'Haden' y de 8.7 a 19.4 °Brix en 'Kent', ambos con características muy dulces. Gutiérrez *et al.* (1996) mencionaron que en mango 'Manila' los valores de sólidos solubles totales fueron de 8.5 a 14.6 °Brix durante simulación de mercadeo a 23 °C.

Vazquez-Salinas y Lakshminarayana (1985) reportan que durante el proceso de maduración los valores de glucosa siempre son más bajos que los de fructosa y sacarosa, la cual puede registrar valores arriba del 75 % del total de los azúcares en la pulpa de frutos de mango 'Haden', 'Irwin', 'Kent' y 'Keitt', el incremento de la sacarosa coincide con la disminución de almidón sugiriendo que la síntesis y acumulación progresiva de la sacarosa está directamente relacionada a la hidrólisis de almidón por productos como la glucosa.

Osuna *et al.* (2002), mencionaron que la fecha de cosecha en Nayarit, México, afectó significativamente la relación de sólidos solubles totales/acidez de los frutos de mango 'Ataulfo', mostrando altos valores (69-75) en la primera cosecha de la temporada y valores bajos (41-50) al final de la temporada.

### 2.7.6 Acidez

Los dos ácidos más dominantes en muchas especies de frutos son el cítrico y el málico (Lobit *et al.*, 2006). La proporción individual de ácidos también es importante; por ejemplo el ácido cítrico enmascara la percepción de sacarosa (Schiffenstein y Fritjers, 1990; Bonnans y Noble, 1993) y fructosa (Pangborn, 1963), mientras que el málico parece mejorar la percepción de la sacarosa (Fabian y Blum, 1943). Siller-Cepeda, *et al.* (2009), reportaron que los mangos de maduración temprana ('Edward', 'Diplomático', 'Ah-Ping', 'Van Dyke' y 'Haden') mostraron valores de pH bajos y acidez titulable alta (2.25%), al final del almacenamiento; la acidez disminuyó y el pH aumentó en todos los cultivares (mangos 'Edward', 'Diplomático', 'Ah-Ping', 'Van Dyke', 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Kent', 'Osteen', 'Palmer', 'Fabián' y 'Keitt' ).

Gutiérrez *et al.* (1996), reportaron un descenso drástico en la acidez de mango 'Manila' de 2.7 a 0.2 %. Lakshminarayana (1980) indica que los mangos 'Keitt' e 'Irwin' en madurez de consumo alcanzan valores de pH de 4.5 y acidez de 0.12 %, además, menciona que la acidez de los frutos se reduce durante la maduración, ya que mangos 'Haden' y 'Kent' en madurez fisiológica muestran valores de 0.97 y 0.51 %, respectivamente, y de 0.31 y 0.49 % en madurez de consumo. Lebrun *et al.* (2008), también estudiaron la maduración de mangos 'Keitt', 'Kent' y 'Cogshall' cosechados en diferentes estados de desarrollo, y en todos los materiales observaron pérdida de la acidez e incremento de los sólidos solubles totales.

### 2.7.7 Ácido ascórbico

El ácido ascórbico es un componente esencial para los tejidos vegetales ya que cumple funciones antioxidantes, y actúa como un cofactor enzimático y regulador de crecimiento. El contenido depende del tipo de fruto, condiciones de cultivo, ambiente, entre otros. Para mango se reportan valores en peso fresco de 14 a 57 mg/100 g en varios cultivares (Kohli et al., 1987), 15.97 mg/100 g en 'Tommy Atkins' (Sogi *et al.*, 2012), 36 mg/100 g en 'Keitt' (Gómez y Lajolo, 2008) y 80 a 55 mg/100 g en mango inmaduro y maduro, respectivamente, en 'Keitt' (Hernández *et al.*, 2006).

El contenido de ácido ascórbico en frutos de mango 'Keitt' muestra altos valores en las primeras etapas de desarrollo del fruto y va disminuyendo hasta la madurez fisiológica, a partir de la cual ya no hay cambios significativos, este perfil está estrechamente asociado con actividad enzimática de L-galactono-1,4-lactono deshidrogenasa, el cual cataliza el último paso de la síntesis del ácido ascórbico, además cuando se presentan bajos niveles de vitamina C se incrementa la actividad de la enzima ascorbatoperoxidasa (Gómez y Lajolo, 2008). Vazquez-Salinas y Lakshminarayana (1985) reportaron que durante la maduración a varias temperaturas (16, 18, 20, 22, 25 y 28 °C) se presentaron pérdidas de ácido ascórbico de 16 a 23 % en mango 'Haden', 'Irwin' y 'Keitt', mientras, que en mango 'Kent' se encontró un incremento en la concentración conforme el proceso de maduración avanzó. Luna-Esquivel et al. (2006), indicaron que el ácido ascórbico en mango 'Ataulfo' madurado después del tratamiento hidrotérmico mostró pérdidas de hasta 60 % y en los frutos almacenados a temperaturas de 10 °C las pérdidas se acentuaron.

### 2.7.8 Carotenoides

La composición de carotenoides en mango puede verse afectado por varios factores como cultivar, origen geográfico, grado de maduración y tratamientos postcosecha (Cano y de Ancos, 1994; Pott *et al.*, 2003). En mango 'Tommy Atkins' se reportan valores de 1.37 mg/100 g de peso fresco (Sogi *et al.*, 2012). Las temperaturas de maduración afectan en gran medida la concentración de carotenoides de frutos de mango 'Haden', 'Irwin', 'Kent' y 'Keitt', tanto  $\beta$ -carotenos como carotenoides totales aumentan conforme se incrementa la temperatura de 16-20°C a 22-28 °C (Vázquez-Salinas y Lakshminarayana, 1985). Mercadante y Rodríguez-Amaya, (1998) observaron que durante los cambios en la maduración los principales carotenoides afectados fueron la violaxantina y el  $\beta$ -caroteno. Según Lakshminarayana *et al.* (1974), el tratamiento con agua caliente incrementó el contenido de los carotenos totales en casi 100 %.

El color atractivo del mango se debe a la abundante presencia de  $\beta$ -carotenos, el cual aporta una gran porción del total de carotenoides (48-84 %) (Mercadante *et al.*, 1997). En el caso de otros frutos como la naranja el color se debe principalmente a los carotenoides, con la particularidad de que los más importantes, los epoxicarotenoides, pueden isomerizarse en isómeros de diferentes colores en presencia de ácido (Meléndez-Martínez *et al.*, 2010).

### 2.7.9 Color

El color externo e interno del fruto depende principalmente del cultivar, las condiciones climáticas, manejo del huerto, época de cosecha, fertilización y temperatura de maduración. Osuna *et al.* (2002), reportaron que el color mostró valores bajos, correspondientes al color

amarillo-naranja, en aquellos frutos cosechados al final de la temporada respecto a los de la cosecha inicial. El pobre desarrollo de color puede relacionarse con la baja producción de etileno que se registra en las últimas fechas de cosecha (Osuna *et al.*, 2000). Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), registraron diferencias significativas en la luminosidad (L) del color de la cáscara por efecto de las aplicaciones de calcio. En algunos cultivares como 'Keitt' y 'Kent' la aplicación excesiva de nitrógeno, especialmente en las temporadas próximas a la recolección, impide que los frutos alcancen el deseable color amarillo en el exocarpio (McKenzie, 1993). Para un desarrollo óptimo de color la temperatura de maduración debe ser muy próxima a 18 °C (Galán, 1999).

La exposición a la luz en los huertos comerciales de mango tiene un efecto importante en la coloración externa del fruto. De acuerdo con Schaffer *et al.* (1994), los frutos más expuestos a la luz desarrollan una coloración rosa o roja, esto debido a la mayor síntesis de pigmentos antociánicos, más notoria que los situados en la zona sombreada para aquellos cultivares que presentan estas coloraciones. Una práctica común para la distribución de la luz solar es el manejo de la poda que no debe ser tan drástica como para producir golpes de sol en frutas, pero si debe ser adecuada para promover el coloreado de los frutos.

En México el tratamiento cuarentenario, hidrotérmico, para la eliminación de la mosca de la fruta *Anastrepha ludens* (Loew) y *A. obliqua* (Macquart) ha mostrado un efecto en el color del exocarpio del fruto. Luna-Esquivel *et al.* (2006), reportaron que los frutos del cultivar 'Ataulfo' con tratamiento hidrotérmico presentaron un ángulo de tono y cromaticidad menor cuando fueron refrigerados y en los que fueron almacenados a temperatura ambiente se inhibió el desarrollo del color al presentar menor cromaticidad. Por último, Osuna *et al.*

(2002), mencionaron que el tratamiento hidrotérmico favoreció un desarrollo de color homogéneo en la piel de mangos 'Ataulfo'.

## 2.8 Daños por frío

El mango, por ser un fruto tropical es susceptible a daños por frío cuando se almacena a bajas temperaturas. Los síntomas visuales se presentan después del almacenamiento refrigerado y las más comunes son el obscurecimiento, decoloración tipo escaldado, lesiones por picaduras o hundimientos en la cáscara (Wardlaw y Leonard, 1936). Lederman *et al.* (1997), reportaron que los frutos de mango 'Keitt' almacenados a 0, 2 y 5 °C, no maduraron normalmente porque no alcanzaron los niveles de sólidos solubles totales y ácido cítrico, respecto a frutos conservados a 14 y 20 °C. Fuchs *et al.* (1989), encontró que los daños en mango 'Kent' se presentaron en un rango de temperatura de 0 a 12 °C y, en la piel se afectó hasta 60 y 50 % cuando se almacenaron a 2 y 5 °C, respectivamente. Chaplin *et al.* (1991), mencionaron que en mangos 'Kensington' los síntomas visuales sólo se presentaron a temperaturas inferiores a 10 °C.

Chhatpar *et al.* (1971), observaron que en la cáscara de mango 'Alfonso' hubo un cambio marcado en algunos de los constituyentes celulares durante el desarrollo de daño por frío. Se presenta mayor degradación de sacarosa que de almidón respecto a la cáscara sana, estos datos están fundamentados por un incremento en la actividad de la enzima invertasa y la disminución de la amilasa, estos cambios bioquímicos aparecen primero en la cáscara y después en la pulpa. En el tejido dañado hay acumulación de calcio, potasio y sodio; además el estudio *in vitro* ha mostrado que la actividad de la amilasa es inhibida por la presencia de  $K^+$  y  $Ca^{2+}$  mientras que la invertasa se estimula con estos elementos y presenta máxima

actividad a 0 y 37 °C. Zauberman *et al.* (1988), reporta un aumento en la actividad de la peroxidasa y la celulasa en frutos de mango 'Keitt' durante el desarrollo de daños por frío y el incremento de la actividad se presenta antes de los cambios en acidez y sólidos solubles totales en la pulpa.

Estudios previos indican que los daños por frío en mango ocasionan cambios en antioxidantes, y permeabilidad de membranas (Ding *et al.*, 2007; Han *et al.*, 2006). Los daños iniciales a la membrana celular trae consigo una reacción en cascada de reacciones secundarias, incluyendo producción de etileno, incremento de la respiración, interferencia en la producción de energía, la acumulación de compuestos tóxicos como etanol y acetaldehído, y disrupción de estructuras celulares y subcelulares (Biolatto *et al.*, 2005; Pennycooke *et al.*, 2005).

El obscurecimiento de los tejidos del mango durante el desarrollo de daños por frío se asocia con la conversión enzimática de fenólicos libres a quinonas, los cuales se polimerizan posteriormente en pigmentos oscuros, la fenilalanina amonioliasa (PAL) es una enzima que inicia la síntesis de fenólicos libres y en algunos frutos se sugiere que la actividad de la PAL es el factor limitante en el obscurecimiento de tejidos inducido por bajas temperaturas (Chidtragool *et al.*, 2011). La polifenol oxidasa (PPO) o más específicamente catecol oxidasa, usa fenólicos libres como substrato, dependiendo de las especies, la actividad de la catecol oxidasa también puede ser un factor limitante para el obscurecimiento de tejidos (Chidtragool *et al.*, 2011). La catecol oxidasa esta principalmente localizada en los plastidios, mientras que los fenólicos libres están localizadas en la vacuola (Staehelein y Newcomb, 2000). La descomposición de compartimentos celulares, por pérdida de la integridad de la

membrana, es por lo tanto un requisito aparente para que la enzima catecol oxidasa reaccione con el sustrato (Veltman y Peppelenbos, 2003).

## 2.9 Compuestos bioactivos

Cuando se habla de calidad nutraceutica en los frutos se hace referencia a las bondades que se obtienen de los compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides, antocianinas, ácido ascórbico y vitaminas que actualmente reciben gran atención por su capacidad antioxidante. El efecto se atribuye a los altos contenidos de compuestos que neutralizan los radicales libres y previene de cambios oxidativos anormales en el cuerpo humano (Sun *et al.*, 2002). Sin embargo, el poder antioxidante de los frutos puede ser afectado por diversos factores, tal como el cultivar, condiciones agronómicas, la madurez del fruto y manipulación poscosecha (Kevers *et al.*, 2007; Cruz-Hernández y Paredes-López, 2012).

En mango, la abundancia de compuestos bioactivos incluyendo carotenoides, compuestos fenólicos, azúcares reductores y vitamina C, es bueno porque son excelentes antioxidantes y la ingesta diaria en la dieta humana ha sido relacionada con la prevención de procesos degradativos tales como enfermedades cardiovasculares y el cáncer (Berardini *et al.*, 2005). También los extractos de la piel del mango exhiben buena capacidad antioxidante y pueden ser utilizados en alimentos funcionales y nutraceuticos (Ajila *et al.*, 2007).

Algunos trabajos sobre manejo de frutales tropicales han generado recomendaciones muy útiles para aprovechar al máximo las propiedades nutraceuticas de los frutos. En el caso del aguacate la cosecha a inicios de temporada permite almacenar el fruto hasta por 35 días y

tiene efectos positivos en la acumulación de compuestos nutricionales y la retención de la actividad antioxidante que proporcionan beneficios a la salud humana (Wang *et al.*, 2012).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Sitio experimental y material vegetal

Los frutos se obtuvieron de un experimento de campo que se llevó a cabo del 2010 al 2012, en un huerto de mango cv. Kent de 18 años de edad, ubicado en la localidad de Buenavista, Municipio de Acaponeta, Nayarit, a 21° 27' 22" latitud norte, 105° 27' 0.5" de longitud oeste y 11 m de altitud. El clima es Aw (García, 1988), con temperatura promedio anual de 25.1 °C, máxima de 32.8 °C y mínima de 17.4 °C, con precipitación media anual de 1311.1 mm.

#### 3.2 Tratamientos de campo

Fue evaluado el efecto de tres dosis de fertilización (Alta, Normal, y Control), definidas con el propósito de validar el método de fertilización de sitio específico (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2003). Para calcular la dosis Normal de fertilización se tomó en cuenta la demanda nutrimental de los árboles para producir 20 t·ha<sup>-1</sup> de fruta, más lo invertido por el árbol en su biomasa, más la aportación de nutrimentos por el árbol y/o suelo, así como el diagnóstico nutrimental foliar, y la eficiencia de fertilizante. La dosis Alta fue 1.5 veces más de la cantidad utilizada en la dosis Normal. La dosis de fertilización en algunos casos se fraccionó y aplicó en dos épocas (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Tratamientos anuales de fertilización de las dosis Normal, Alta y Control (g árbol<sup>-1</sup>) aplicados al suelo durante dos años en el huerto de mango cv. Kent (Buenavista, Mpio. de Acajoneta, Nayarit).

Fertilizante	2010			2011			Época de aplicación
	Normal	Alta	Control	Normal	Alta	Control	
Fosfonitrato	0	0	0	973	1459.5	0	Julio y Sep.
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1859	2788.5	0	0	0	0	Julio y Sep.
SFCT	797	1195.5	0	485	727.5	0	Julio
KCl	493	739.5	0	618	927	0	Julio y Sep.
Ca(OH) <sub>2</sub>	1763	2644.5	0	0	0	0	Junio
CaSO <sub>4</sub>	1063	1594.5	0	1317	1975.5	0	Junio
MgSO <sub>4</sub>	838	1257	0	666	999	0	Julio
FeSO <sub>4</sub>	73	109.5	0	70	105	0	Julio
MnSO <sub>4</sub>	32	48	0	16	24	0	Julio
ZnSO <sub>4</sub>	14	21	0	7	10.5	0	Julio
Boronat	449	673.5	0	122	183	0	Julio

Fosfonitrato (31% N y 4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (21% N); Superfosfato de calcio triple (SFCT) (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 13% CaO); KCl (60% K<sub>2</sub>O); MgSO<sub>4</sub> (10%); FeSO<sub>4</sub> (19%); MnSO<sub>4</sub> (27%); ZnSO<sub>4</sub> (35%) y Boronat (30%).

### 3.2.1 Manejo del huerto

La investigación de campo fue realizada por el Dr. Samuel Salazar y su equipo de trabajo. Los fertilizantes se depositaron manualmente en banda de 50 cm de ancho y 15-20 cm de profundidad alrededor del árbol, inicialmente a 1.5 m del tronco y posteriormente, cada año dicha banda se alejó del tronco. El programa de fertilización se modificó anualmente de acuerdo a la respuesta de los árboles.

El manejo del huerto incluyó riego, poda y control de maleza. El riego de auxilio se aplicó, por microaspersión, después de amarre del fruto (febrero) hasta junio, para lo cual, el agua se suministró tres horas diarias con un gasto de 70 L·h<sup>-1</sup>, con un total de 1470 litros a la

semana. El control de malezas se realizó con machete y paso de rastra. La poda de sanidad se realizó después de la cosecha (julio) para permitir la ventilación y entrada de luz en la parte central del árbol.

### **3.3 Muestreo de frutos y tratamientos en laboratorio**

Se evaluaron frutos de dos ciclos de producción. En el 2011 la fecha de corte fue el 9 de junio y para el 2012 fue el 14 de junio. Se colectaron manualmente frutos en madurez fisiológica correspondiente a la carta de color del Centro de Tecnología Postcosecha de la Universidad de California (2010). De cada grupo de árboles, se seleccionaron 10 de manera aleatoria y se cortaron un total de 510 frutos (17 frutos de la sección media de la copa de cada árbol). El material se trasladó en un lapso menor a 24 horas al Laboratorio de Fisiología Postcosecha, del Colegio de Postgraduados, en donde se lavaron con agua para eliminar el látex y el polvo, posteriormente se homogeneizaron por tamaño y color.

En laboratorio el estudio se realizó con tres tratamientos adicionales. El primero consistió en cero días de refrigeración, el segundo en siete días de refrigeración ( $11\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $95\pm 1$  % de HR) y el tercero en 14 días de refrigeración ( $11\pm 1^{\circ}\text{C}$  y  $95\pm 1$  % de HR). Después de cada periodo refrigerado, los frutos se sometieron a maduración en condiciones ambientales ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $36\pm 2$ % HR) durante 8 días. Para la refrigeración se utilizó un refrigerador Nieto® Modelo RT50LF y en todos los casos se utilizaron en total 159 frutos (53 de cada dosis de fertilización).

### 3.4 Análisis nutrimental en frutos

La concentración nutrimental de los frutos se determinó al momento de la cosecha y se utilizaron tres repeticiones. Se analizaron tres secciones del fruto (exocarpio, mesocarpio y la semilla). Los frutos provinieron de 10 árboles por tratamiento.

Los frutos se lavaron con una solución detergente y se enjuagaron con agua destilada. Las distintas partes del fruto se colocaron en charolas de aluminio, se pesaron y llevaron a una estufa con aire forzado por 48 horas a una temperatura de  $70 \pm 5$  °C, hasta obtener un peso constante. Las muestras secas se pesaron y molieron con un molino de acero inoxidable, provisto de un motor monofásico SIEMENS® serie 682662, hasta lograr pasar a través de un tamiz de 1 mm, posteriormente se homogeneizaron y almacenaron en un recipiente hermético hasta su utilización.

Los elementos P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu se determinaron a partir del extracto proveniente de la digestión de la muestra con una mezcla ácida de  $\text{HNO}_3$  y  $\text{HClO}_4$  relación 2:1, respectivamente. Por colorimetría del complejo fosfo-vanadomolibdato se determinó la concentración de P de acuerdo con la norma de la AOAC (1980), las lecturas se realizaron a 470 nm con ayuda de un espectrofotómetro Bausch & Lomb® modelo Spectronic 20. De acuerdo con la norma (AOAC, 1990) se determinó la concentración de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu en un espectrofotómetro de absorción atómica GBC® modelo Savantaa. Con los resultados se calculó la relación  $(\text{K}+\text{Mg}) \text{Ca}^{-1}$  en cada muestra analizada.

### 3.5 Variables de calidad y frecuencia de medición

Se midieron durante el almacenamiento en condiciones ambientales. La pérdida de peso, color del exocarpio, intensidad respiratoria, firmeza y la producción de etileno se determinaron diariamente. Cada tercer día, los sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (porcentaje de ácido cítrico), vitamina C, carotenoides totales, color del mesocarpio y la producción de etanol y acetaldehído. Al momento de instalar el experimento se realizaron análisis iniciales de las variables mencionadas anteriormente. El análisis sensorial y los daños por frío se evaluaron al terminar cada periodo de maduración. En todas las determinaciones se incluyeron frutos de los tres tratamientos fertilizados.

#### 3.5.1 Intensidad respiratoria y producción de etileno

De acuerdo con el sistema estático (Saltveit y Sharaf, 1992) se usaron cinco frutos por tratamiento, los cuales, se encerraron herméticamente durante una hora en un recipiente cilíndrico de 2.1 L. Se tomó 1 mL del aire del espacio de cabeza y se inyectó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard Modelo 5990 Serie II, equipado con columna capilar Poraplot Q. Las condiciones isotérmicas fueron 80 °C en el horno, 150 °C el inyector y 170 °C tanto del detector de conductividad térmica (TDC) como del detector de ionización de flama (FID). También se inyectó el estándar de CO<sub>2</sub> (INFRA®) y etileno (INFRA®) a concentraciones de 492 µL L<sup>-1</sup> y 20 µL L<sup>-1</sup> respectivamente. Los datos se expresaron en mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup> y se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$mL\ CO_2\ kg^{-1}h^{-1} = \frac{(Am - At) \times CCO_2 \times (Vr - Vf)}{Ae \times Pf \times Te \times 1000}$$

Dónde;

**Am** = Área de la muestra (mVolts).

**At** = Área del blanco (mVolts).

**CCO<sub>2</sub>**= Concentración del estándar CO<sub>2</sub> (μL L<sup>-1</sup>).

**Vr** = Volumen del recipiente (L).

**Vf**= Volumen del fruto (L).

**Ae** = Área del estándar (mVolts).

**Pf** = Peso del fruto (kg).

**Te** = Tiempo de encierro (horas).

### 3.5.3 Porcentaje de pérdida acumulativa de peso

Para esta variable se identificaron 10 frutos por tratamiento. Se utilizó una balanza digital Alsep® Modelo EY-2200 A, los datos se reportaron como porcentaje de pérdida de peso acumulativa (%PP) respecto al valor inicial, mediante la siguiente fórmula:

$$\%PP = \left( \frac{Pi - Pf}{Pi} \right) X 100$$

Dónde:

**%PP** = Porcentaje de pérdida de peso

**Pi** = Peso inicial

**Pf** = Peso final

### **3.5.4 Cambio de color en el exocarpio y mesocarpio**

Se midió con un colorímetro de reflexión Hunter Lab D-25 PC2 y con base en los parámetros L, a y b, se calcularon el ángulo Hue [ $\tan^{-1}(b/a)$ ], el índice de saturación [ $S=(a^2+b^2)^{1/2}$ ] y el índice de luminosidad (L), de acuerdo con lo establecido por Little (1975). Para el exocarpio se definieron dos sitios opuestos de la zona ecuatorial de 10 frutos y para el mesocarpio se seccionaron a la mitad tres frutos libres de endocarpio y semilla.

### **3.5.5 Firmeza de la pulpa**

Se determinó con un texturómetro digital marca Wagner<sup>®</sup> Modelo FDV-30, con una capacidad máxima de 30 lb y una graduación de 0.01 lb, provisto de un puntal cónico de 7 mm de diámetro en la base por 7 mm de altura, se cuantificó la fuerza, en Newton (kg-f), necesaria para penetrar la pulpa en la zona ecuatorial en dos lados opuestos del fruto, previa eliminación del exocarpio. Se realizaron tres repeticiones por tratamiento cada tercer día a partir de la exposición al ambiente.

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

Los SST se midieron por refractometría de acuerdo con la metodología propuesta por la AOAC (1980), se utilizó un refractómetro digital Atago<sup>®</sup> Modelo PR-100 en el cual se colocó una gota de jugo del mesocarpio. Se evaluaron tres frutos por cada tratamiento cada tercer día.

### 3.5.7 Acidez titulable

Por titulación con NaOH 0.1N (AOAC, 1980), se determinó el porcentaje de ácido cítrico en tres frutos por tratamiento, cada tercer día durante la conservación al ambiente. Se usaron 10 g de mesocarpio, a los cuales se le agregó 50 mL de agua destilada, se molió una licuadora y después se filtró para obtener un total de 56 mL de jugo, del cual se tomaron 5 mL y se agregaron tres gotas de fenolftaleína y se titularon con NaOH con normalidad 0.1 hasta lograr un vire a color purpura.

Los datos se expresaron como porcentaje de ácido cítrico de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Ácido Cítrico} = \frac{G \times N \times Mq \times V}{P \times T} \times 100$$

G = Gasto de NaOH (mL)

N = Normalidad del NaOH

Mq = Miliequivalentes del ácido cítrico (0.06404)

V = Volumen total del jugo obtenido (mL).

P = Cantidad de pulpa utilizada (g).

T = Volumen de muestra titulada (mL)

### 3.5.8 Ácido ascórbico

Se procedió conforme a la metodología de la AOAC (1980) por titulación con 2,6-Dicloroindofenol. Se utilizaron 5 g del mesocarpio de tres frutos por tratamiento cada tercer

día durante el periodo de maduración. Los datos se expresaron como mg 100 g<sup>-1</sup>. Para el cálculo de la concentración de vitamina C, se construyó una curva estándar, para ello se pesaron 10 g de ácido ascórbico y se disolvieron en 100 mL de ácido oxálico al 0.05 %. Se realizaron 4 diluciones con las siguientes concentraciones 2 mg L<sup>-1</sup>, 10 mg L<sup>-1</sup>, 20 mg L<sup>-1</sup>, 30 mg L<sup>-1</sup>. Se titularon 5 mL de cada dilución para conocer el gasto de 2,6-Dicloroindofenol, con estos datos se realizó una regresión lineal para obtener la ecuación (Figura 1) y calcular las concentraciones desconocidas.

De acuerdo con la ecuación de la curva estándar, el porcentaje de ácido ascórbico se calculó con la siguiente fórmula:

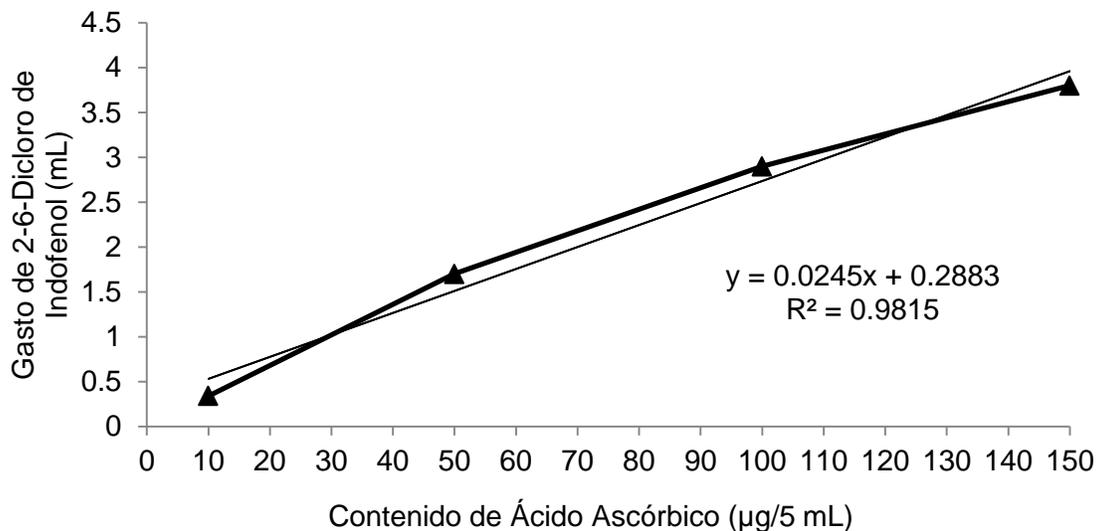
$$\mathbf{mg\ de\ ácido\ ascórbico\ 100\ g^{-1}\ de\ pulpa} = \frac{(A - 0.2883) \times 1 \times B}{0.0245 \times C \times D}$$

A = Gasto de 2,6-Dicloroindofenol (mL).

B = Volumen obtenido de mango más ácido oxálico (mL).

C = Cantidad de pulpa (g).

D = Volumen titulado (mL).



**Figura 1.** Curva estándar para la determinación del contenido ácido ascórbico presente en la pulpa de los frutos.

### 3.6 Análisis estadístico

Para la concentración nutrimental de los frutos se utilizó un diseño bifactorial en completamente al azar. El factor 1 fue dosis de fertilización con tres niveles: Normal, Alta y Control; El factor 2 fueron los tejidos del fruto con tres niveles; exocarpio (cáscara), mesocarpio (pulpa) y semilla. Se utilizaron tres repeticiones y la unidad experimental constó de un fruto. Se realizó prueba de normalidad, varianzas homogéneas, análisis de varianza y comparación de medias con prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).

Para el resto de las variables se efectuó un análisis longitudinal de datos, donde se compararon los perfiles o curvas generados y se utilizó el ajuste de Bonferroni ( $\alpha=0.01$ ) para detectar diferencia significativa entre tratamientos. La unidad experimental constó de un fruto y las repeticiones variaron de acuerdo con cada variable. En ambos casos se utilizó el paquete estadístico SAS® 9.0.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Evaluación 2011

#### 4.1.1 Contenido nutrimental

En cuanto al análisis nutrimental, los datos presentaron varianzas homogéneas y aunque no se presentó normalidad, la distribución de los datos fue simétrica. Se presentaron diferencias significativas en cada tejido del fruto; siendo en el exocarpio significativamente mayores los contenidos de P, K, Ca, Cu, Mn, Zn y la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  de la dosis Alta, en tanto que Ca, Mn y Zn lo fueron en el Control, no presentándose diferencias en Mg, Fe y Cu entre los tratamientos (Cuadro 2). En el mesocarpio, solamente el Mg no presentó diferencia estadística; no así las concentraciones de P, K, Ca, Fe, Cu, Mn y Zn que resultaron significativamente mayores con la aplicación de la dosis Normal, siendo a su vez significativamente mayor P, Mn y la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  en la dosis Alta.

En la semilla no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos en los contenidos de P, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn; siendo estadísticamente mayores los contenidos de K y Ca en la dosis Alta, e igualmente mayor la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  en el Control y dosis Normal (Cuadro 1). Es de señalar que las diferencias en el contenido de los elementos K, Ca y Mg entre los tejidos del epicarpio y mesocarpio de los frutos en estudio, manifestó que, respecto al K, la dosis Normal resultó 17.7% mayor en el mesocarpio, la dosis Alta 45.2% mayor en el epicarpio y el Control 45.9% también mayor en el epicarpio; por su parte el Ca fue: 36.6% mayor en el epicarpio con la dosis Normal, 66.6% con la dosis Alta y 63.8% en el Control, estos dos últimos igual en el epicarpio.

Respecto al Mg, las diferencias fueron 16.3% y 3.4% mayor en el mesocarpio con las dosis Normal y Alta respectivamente, siendo para el caso del Control 6.6% mayor en el epicarpio (datos no mostrados). Estos resultados ponen de manifiesto las diferencias que se obtienen en la absorción y distribución de nutrientes en los tejidos del fruto, en este caso debido a los programas de fertilización aplicados; asimismo, no en todos los casos se tiene como respuesta que, con una mayor cantidad de un elemento aplicado al suelo o foliarmente, se incrementa su concentración en el fruto. Aly *et al.* (2011), reportó que la aplicación  $\text{CaCl}_2$  en mango 'Alphonse' y 'Badami' redujo la concentración de K en las hojas respecto al Control pero no afectó de manera significativa al N, P, Fe, Zn y Cu. En este sentido, Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), no encontró diferencias estadísticas en los contenidos de N, K, Ca, Mg y la relación  $(\text{K}+\text{Mg})\text{Ca}^{-1}$  en frutos de mango cultivar Haden, cuando se realizaron aplicaciones al follaje de 0, 5, 10, 15 y 20  $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  de calcio. Por otro lado, se ha señalado (Calu *et al.*, 2009) la importancia de entender las interacciones entre el contenido y distribución de nutrientes con los atributos relacionados con maduración, calidad, potencial de almacenamiento y control de desórdenes fisiológicos en frutos.

De acuerdo con el orden de remoción nutrimental obtenido en este estudio, en la cáscara el orden fue  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn}$ , en la pulpa  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Zn}$ , en la semilla  $\text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn}$  y en fruto fue  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Cu} > \text{Zn}$ . En este caso, para macronutrientes, el Ca, K y Mg presentaron mayor demanda en el fruto y para micronutrientes fueron el Mn y Fe. Existen variaciones en la demanda nutrimental entre cultivares de frutos de mango. En mango 'Haden', Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), reportaron el orden  $\text{K} > \text{N} > \text{Mg} > \text{Ca}$ , a su vez, Mellado-Vázquez *et al.* (2012), establecieron una remoción nutrimental de  $\text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn}$

> B > Cu. Por otro lado, Xiuchong *et al.* (2001), observaron que en mango 'Shenzhen' y 'Sanshui' el orden fue  $K_2O > N > P_2O_5 > Ca > Mg > S$ . Finalmente, en mango 'Tommy Atkins' la remoción nutrimental fue  $K > N > S > P > Ca > Mg > Fe > Mn > Zn > B > Cu$  (Mellado-Vázquez *et al.*, 2012). En todos los casos el K es el elemento que el fruto demandó en mayor cantidad y por ello está relacionado con la calidad de la producción.

**Cuadro 2.** Composición nutrimental de los tejidos de frutos de mango 'Kent' con distintas dosis de fertilización en la cosecha 2011.

Tratamiento	mg g <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>				
	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	(K+Mg)Ca <sup>-1</sup>
Exocarpio									
Normal	0.28 c <sup>y</sup>	1.35 b	4.21 b	1.08 a	20.5 a	2.3 a	824.5 a	2.0 b	0.58 ab
Alta	0.44 a	2.41 a	5.00 a	1.13 a	18.3 a	2.2 a	125.7 c	2.3 b	0.71 a
Control	0.37 b	1.35 b	5.58 a	1.21 a	18.8 a	3.3 a	160.7 b	3.3 a	0.46 b
Mesocarpio									
Normal	0.33 ab	1.64 a	2.67 a	1.29 a	66.0 a	5.8 a	56.6 a	5.3 a	1.12 b
Alta	0.35 a	1.32 b	1.67 b	1.17 a	43.8 b	4.7 ab	31.2 b	4.5 ab	1.49 a
Control	0.30 b	0.73 c	2.02 b	1.13 a	31.8 c	4.3 b	26.4 b	4.3 b	0.92 c
Semilla									
Normal	0.27 a	1.33 b	1.05 b	0.59 a	16.2 a	3.5 a	56.8 a	2.3 a	1.83 a
Alta	0.28 a	2.97 a	2.36 a	0.63 a	8.0 a	3.3 a	49.0 a	2.1 a	1.54 b
Control	0.28 a	1.20 b	1.08 b	0.71 a	16.2 a	3.7 a	50.0 a	2.5 a	1.76 a
Total del fruto									
Normal	0.88 b	4.32 b	7.93 b	2.97 a	102.7 a	11.67 a	937.9 a	9.67 a	3.53 ab
Alta	1.06 a	6.71 a	9.03 a	2.92 a	70.2 b	10.17 a	205.8 b	8.95 a	3.76 a
Control	0.96 b	3.28 c	8.68 ab	3.04 a	66.8 b	11.33 a	237.0 b	10.18 a	3.15 b
CV	8.6	13.6	12.1	13.3	18.3	20.1	7.6	15.6	11.0

<sup>y</sup>Medias con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes (Duncan, α=0.05).

#### 4.1.2 Intensidad respiratoria

Los frutos sin periodo refrigerado de los tres tratamientos de fertilización presentaron el típico patrón climatérico, con valores al máximo de 107.2 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> en la dosis Normal, 91.8 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> para la dosis Alta y 75.8 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> del Control, todos al sexto día después de la cosecha. Siller-Cepeda *et al.* (2009), reportaron 71 mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup> en el climaterio de mango 'Kent'. En mango 'Haden', Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), encontraron valores máximos 85.3 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>. Por lo tanto se puede observar que los frutos de las dosis Normal y Alta incrementaron la velocidad de respiración.

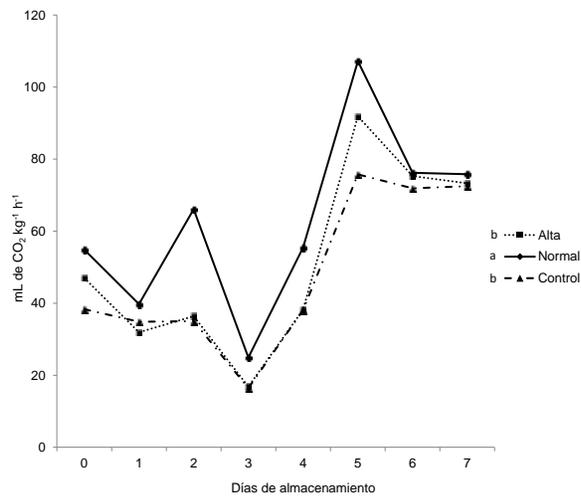
De acuerdo con las tendencias de la velocidad de respiración durante el periodo de maduración, la dosis Normal fue significativamente mayor respecto a la dosis Alta y el Control (Figura 2-A). Aumentos en la velocidad de respiración de frutos de manzana han sido reportados por Ferguson (1995); por su parte, Lester (1995) encontró que un alto contenido de calcio en frutos de mango cv. Haden se manifestó por una menor velocidad de respiración durante la maduración. En este sentido, la mayor velocidad de respiración de los frutos con dosis Normal, se explica por el menor contenido de Ca del fruto, situación que pone de manifiesto la importancia de la distribución mineral en los frutos de mango. Al respecto, Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), reportaron que la aplicación foliar de Ca (20 g L<sup>-1</sup>) disminuyó la velocidad de respiración durante la maduración de frutos del cv. Haden, con un contenido de calcio 27.7% mayor en el exocarpio en relación al mesocarpio. Por su parte, Singh *et al.* (1993), encontraron en mango 'Dashehari' que la aplicación foliar de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (1% y 2% Ca) y CaCl<sub>2</sub> (0.6% y 1.2% Ca) a los 20 y 10 días antes de la cosecha incrementaron los niveles de este elemento en el mesocarpio lo que implicó una baja producción de CO<sub>2</sub>.

Otro nutrimento involucrado en la respiración es el Fe, la mayor concentración de este elemento en la pulpa coincidió con las altas tasas de respiración. Al respecto, Kim y Guerinot (2007), mencionaron que este elemento participa en la respiración, en la fase de transferencia de electrones, a través de reacciones redox reversibles donde cambia de  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$ . Esto hace pensar que con bajos contenidos de Fe se reduce la velocidad de respiración, como lo muestra la dosis Alta y el Control. El K participa activamente en la apertura y cierre de estomas que permiten el intercambio gaseoso entre los tejidos y el ambiente, esto afecta la respiración cuando se presenta un desbalance entre  $O_2$  y  $CO_2$  en los tejidos. Kanai *et al.* (2007), mencionaron que en plantas de tomate, la deficiencia de este elemento afectó la actividad fotosintética, la acumulación de biomasa y, la partición y translocación de carbohidratos.

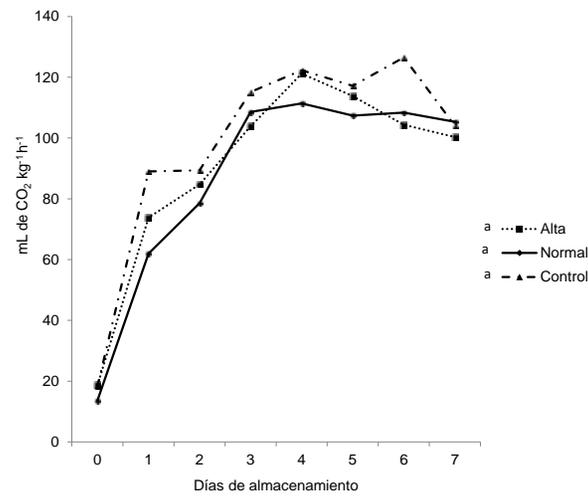
Finalmente, en la presente investigación, la dosis Normal mostró valores significativamente mayores para la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  en la pulpa, lo cual es un buen indicador al mostrar que los valores altos de esta relación nutrimental ocasionan mayor intensidad respiratoria durante la maduración. Si se considera la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  del total del fruto, las dosis Normal y Alta fueron estadísticamente los mejores tratamientos y la tendencia de la dosis Normal presentó estadísticamente los valores más altos.

Los frutos con 7 y 14 días de refrigeración presentaron el máximo climatérico al quinto día en el periodo de maduración y la intensidad respiratoria fue más alta que en aquellos frutos sin refrigeración, lo que implica menor vida poscosecha, además, no se detectaron diferencias significativas entre dosis de fertilización en las tendencias desarrolladas en los periodos con 7 y 14 días de refrigeración, por lo cual, ningún programa de fertilización afectó la intensidad respiratoria (Figura 2-B y Figura 2-C). Al respecto, Oosthuysen (2000), encontró en mangos

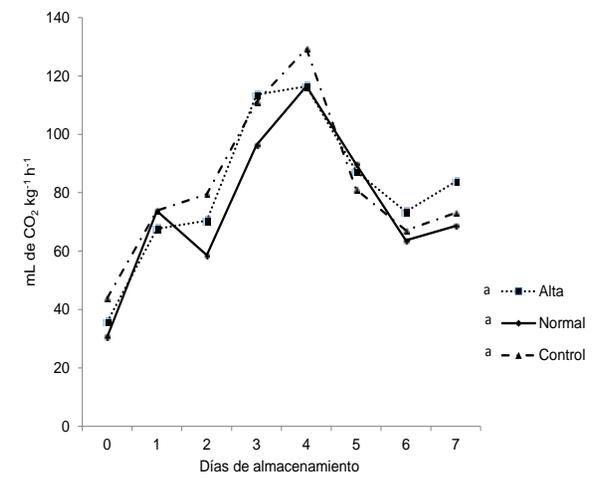
'Sensation' y 'Tommy Atkins' que conforme se incrementó el periodo de refrigeración el proceso de maduración se aceleró notablemente implicando mayor intensidad respiratoria y producción de etileno.



A



B



C

**Figura 2.** Intensidad respiratoria de frutos madurados a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R., (**A.** Frutos sin refrigeración, **B.** Frutos con 7 días de refrigeración y **C.** Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

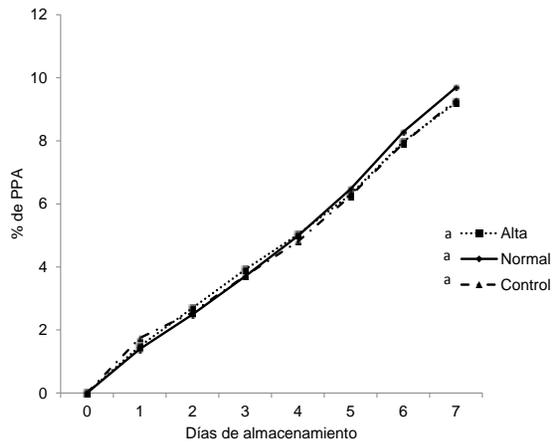
### 4.1.3 Porcentaje de pérdida acumulativa de peso

Los frutos sin periodo refrigerado no presentaron diferencias significativas en las tendencias de los tratamientos (Figura 3-A). La pérdida de peso acumulada al final del periodo de maduración fue 9.69, 9.21 y 9.30 % para las dosis Normal, Alta y Control, respectivamente. Los valores elevados de pérdida de peso registrados en este experimento se deben principalmente a las condiciones de almacenamiento ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  y 36% de HR), ya que, al incrementarse la temperatura también se aumentan las pérdidas de peso, como lo demuestra Nunes *et al.* (2006) en frutos de mango 'Tommy Atkins' y 'Palmer'. Siller-Cepeda, (2009) reportaron pérdidas de peso de 4 % en frutos de mango 'Kent' después de 12 días de almacenamiento a  $20^{\circ}\text{C}$  y 80 % de HR.

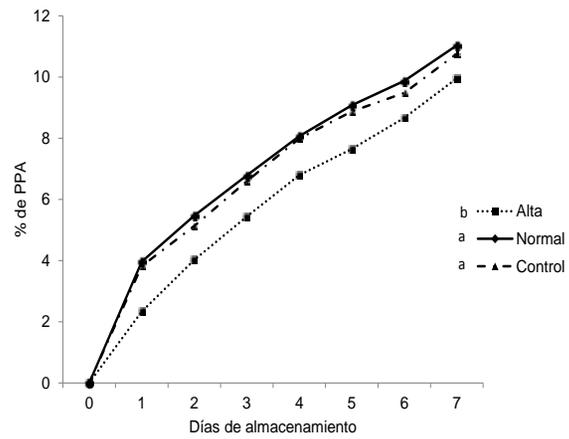
Después de siete días de refrigeración, la maduración de los frutos registró diferencias en la pérdida acumulativa de peso, siendo la dosis Normal y el Control significativamente superiores a la dosis Alta (Figura 3-B). La concentración de Ca en la pulpa de los frutos fue mayor para la dosis Normal y Control y coincide con las mayores pérdidas de peso. Romero-Gomezcaña *et al.* (2006) reportaron, en mango 'Haden', que cuando se incrementó la cantidad de Ca aplicada al árbol de manera foliar (Testigo,  $15\text{ g L}^{-1}$ ,  $20\text{ g L}^{-1}$ ) los frutos, en la maduración, mostraron mayor pérdida de peso (5%), (5%) y (7%), respectivamente. En el presente trabajo, los frutos madurados después de 14 días de refrigeración presentaron diferencia en las tendencias de los tratamientos (Figura 3-C). La dosis Normal fue significativamente superior, seguido del Control y finalmente la dosis Alta. Se registraron altos valores al final del periodo de evaluación: Normal (13.2), Alta (8.1) y Control (11.4). La concentración de Ca en la pulpa de los frutos fue de  $1.67\text{ mg g}^{-1}$ ,  $2.67\text{ mg g}^{-1}$ ,  $2.02\text{ mg g}^{-1}$  para las dosis Alta, Normal y Control, en este caso, es notorio que a los frutos con mayor

pérdida acumulativa de peso mostraron el mayor contenido de Ca. Al respecto, Bhatt *et al.* (2012), reportan que en mango 'Dashehari' se aplicó  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  al 1 % y  $\text{CaCl}_2$  al 1.2 % y los frutos mostraron pérdida de peso de (16.39%) y (16.83%) ,respectivamente. Por otro lado, si se toma en cuenta el Ca del total de fruto, se observa que las dosis Normal y Control presentan estadísticamente los menores niveles de este elemento y con ello se alcanzan mayores pérdidas de peso. Al respecto, se ha observado que en manzana 'Golden Reinders' la aplicación de 2% de  $\text{CaCl}_2$ , por inmersión, inhibió la producción de etileno (Ortiz *et al.*, 2011) y en mango 'Haden' la aplicación foliar de  $20 \text{ gL}^{-1}$  de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  disminuyó la producción de  $\text{CO}_2$  (Singh *et al.*, 1993), estos factores inciden directamente en la pérdida de peso del fruto.

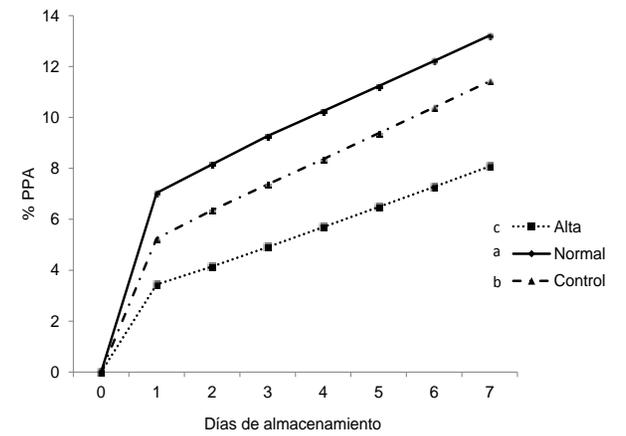
La relación  $(\text{K}+\text{Mg})\text{Ca}^{-1}$  en la pulpa de los frutos sirve como un indicador de la pérdida de peso en el sentido de que al presentar estadísticamente la dosis Alta el valor mayor en la relación nutrimental le corresponden las menores pérdidas de peso después de 7 y 14 días de refrigeración. También, se observa que las dosis Normal y Control presentaron bajos valores en la relación  $(\text{K}+\text{Mg})\text{Ca}^{-1}$  y con ello las pérdidas de peso fueron mayores después de 7 y 14 días de refrigeración.



A



B



C

**Figura 3.** Pérdida de peso acumulativo de frutos madurados a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R., (**A.** Frutos sin refrigeración, **B.** Frutos con 7 días de refrigeración y **C.** Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### 4.1.4 Firmeza

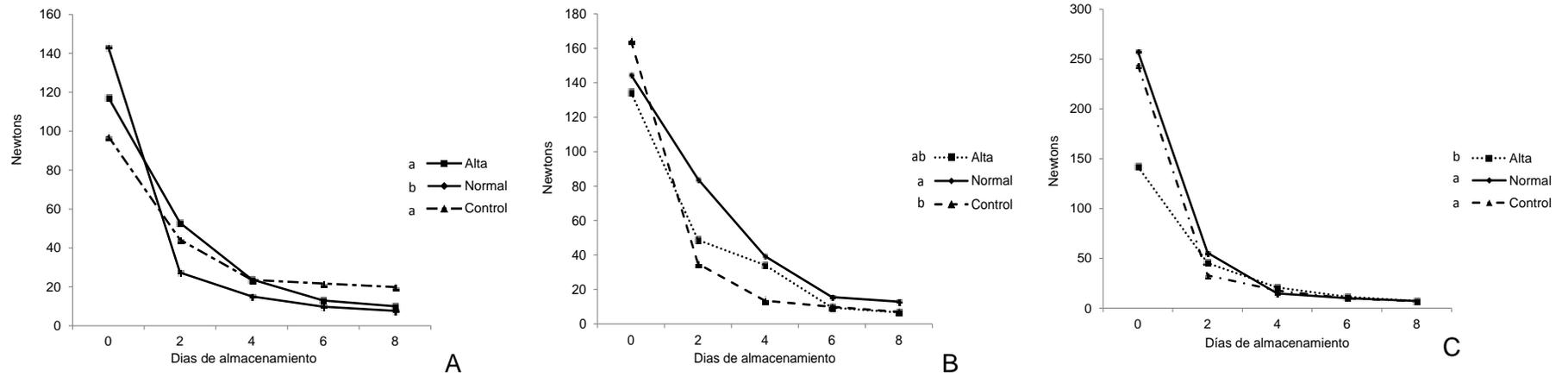
En los frutos almacenados directamente al ambiente las dosis Alta y el Control fueron significativamente mayores que la Normal (Figura 4-A). Cárdenas-Coronel *et al.* (2012), reportaron valores de 181 N y 12 N al inicio y al final de la maduración, respectivamente. Al presentar la dosis Normal una mayor actividad respiratoria la pérdida de firmeza fue mayor en estos frutos. De acuerdo con Yashoda *et al.* (2007), durante la maduración de frutos de mango 'Alphonso' la actividad de las hidrolasas se incrementa gradualmente, muchas de ellas mostrando mayor actividad durante el climaterio. También, la alta actividad de la enzima poligalacturonasa coincide con la alteración considerable en la textura (pérdida de firmeza) durante la maduración y la conversión de polisacáridos pécticos en galacurónides solubles en agua (Lazan *et al.*, 1986). Por otro lado, el ablandamiento de los frutos de mango 'Kent' se encuentra diferencialmente asociado con la degradación de los polisacáridos de la lámina media y de la pared celular primaria (Cárdenas-Coronel *et al.* (2012).

La preservación de la firmeza en los frutos de la dosis Alta y Control coincidió con mayores niveles de Ca en la cáscara y varios autores (Singh *et al.*, 1993; Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006) lo han asociado con menores pérdidas de peso. Por lo que, al perder menos agua, se conserva la turgencia en los tejidos y los frutos suelen ser firmes.

En los frutos madurados después de 7 días de refrigeración, la dosis Normal fue significativamente mayor al Control pero no respecto a la dosis Alta (Figura 4-B). En la pulpa, los frutos de la dosis Normal mostraron mayor concentración de calcio. En mango se ha encontrado una relación entre el contenido de Ca y la pérdida de firmeza en el

mesocarpio. En este caso al presentar la dosis Normal una mayor concentración de Ca, la firmeza en todo el periodo de maduración fue mayor. Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), reportaron que la firmeza final en frutos de mango 'Haden' es mayor en los frutos provenientes de huertos con aplicaciones de Ca, esto porque el calcio se encuentra principalmente en la pared celular adherido a la pectinas, donde su función más importante es el de regular la permeabilidad de las membranas y fortalecer la pared celular, por ello, los tejidos deficientes en Ca suelen ser suaves.

Después de 14 días de refrigeración, la maduración de los frutos mostró que la dosis Normal y Control fueron significativamente superiores a la dosis Alta (Figura 4-C). La diferencia fue muy notoria al momento de salir del periodo refrigerado donde los valores fueron 141 N, 258 N, 243 N para las dosis Alta, Normal, y Control respectivamente. Aunque, en la pulpa el Control no fue significativamente diferente a la dosis Alta en el contenido de Ca, junto con la dosis Normal presentaron los valores más altos y muestra que existe una relación positiva lo que explica porque la dosis Alta muestra valores bajos de firmeza.



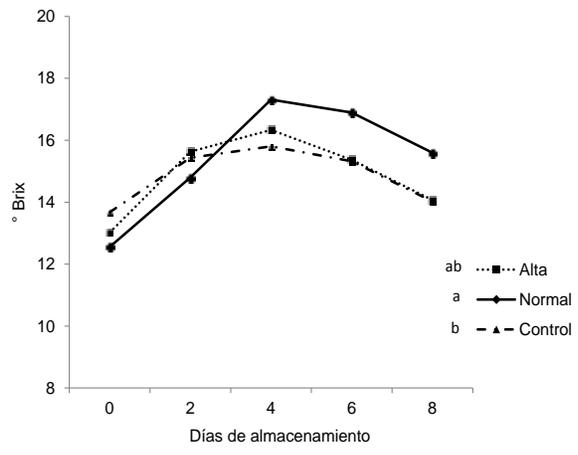
**Figura 4.** Firmeza de frutos madurados a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R. durante 8 días (**A.** Frutos sin refrigeración, **B.** Frutos con 7 días de refrigeración y **C.** Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### 4.1.5 Sólidos solubles totales

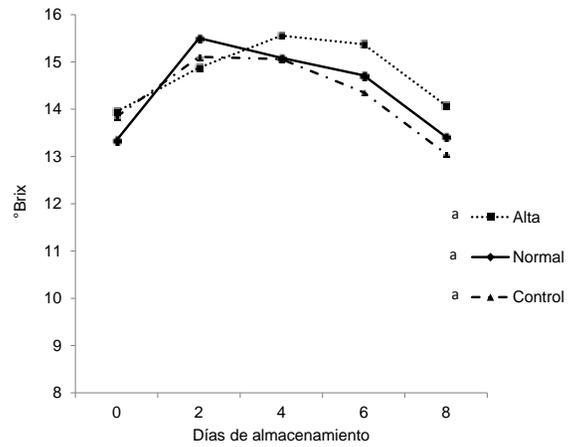
En este estudio, los valores de SST mostraron un incremento de 12 hasta 17.3 °Brix. En la maduración de mango 'Kent', Lakshminarayana (1980) observó un aumento de 8.7 a 19.4 °Brix, que lo hace muy dulce, este fenómeno se explica, porque durante la maduración se presenta un incremento de sacarosa y coincide con la disminución de almidón, sugiriendo que la síntesis y acumulación progresiva de la sacarosa está directamente relacionada con la hidrólisis de almidón por productos como la glucosa (Vázquez-Salinas y Lakshminarayana, 1985). La dosis Normal fue significativamente superior a la dosis Alta y el Control (Figura 5-A). Al presentar la dosis Normal altos niveles de respiración se acumuló mayor cantidad de azúcares simples que ocasionó un incremento en los SST. El contenido de K en la pulpa de estos frutos resultó significativamente mayor que los otros tratamientos lo que explica los altos niveles de SST. Varios autores (Header y Mengel, 1972; Doman y Geiger, 1979) reportan que el K promueve la translocación de los productos de la fotosíntesis en las plantas lo que favorece la acumulación de carbohidratos en los tejidos demandantes. Quijada *et al.* (2008), observaron un incremento en la concentración de °Brix en frutos de mango cuando se realizó la aplicación foliar de  $\text{KNO}_3$  antes de la floración. Por otra parte, Sarker y Rahim (2013), encontraron que en mango 'Amrapali' la aplicación foliar de urea al 4% registró los máximos valores SST (25.53%) seguido del  $\text{KNO}_3$  al 4% (25.15%) y finalmente  $\text{KNO}_3$  al 8% (22.60%).

Un buen indicador del desarrollo de sólidos solubles totales en los frutos sin refrigeración es la relación nutrimental  $(\text{K}+\text{Mg})\text{Ca}^{-1}$  total del fruto, en este caso se puede observar que las dosis Normal y Alta presentan estadísticamente los mejores niveles y en las tendencias de SST también alcanzaron, estadísticamente, los valores más altos.

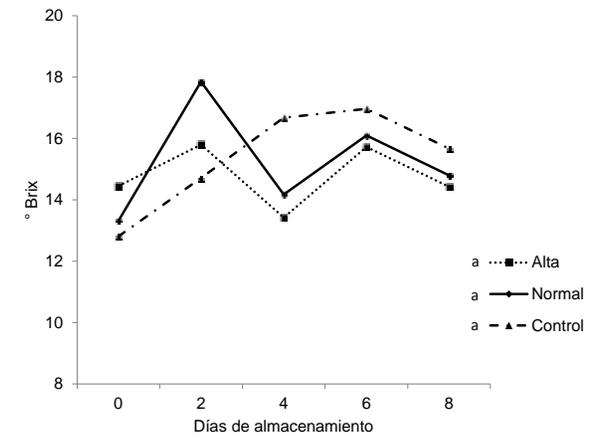
Después de 7 y 14 días de refrigeración, las tendencias que desarrollaron los frutos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 5-B y Figura 5-C). En los frutos con 14 días de refrigeración, en el segundo día de la maduración se observaron altos valores para dosis Alta y Normal. En este sentido, Oosthuysen (2000) mencionó que conforme se incrementó el periodo de refrigeración, el proceso de maduración se aceleró notablemente. Por otra parte, en mango 'Tommy Atkins' se ha observado que el desarrollo del climaterio está marcado por un apreciable incremento en la actividad de la amilasa, azúcares reductores y no reductores, y una disminución en el contenido de almidón (Lima *et al.*, 2001). Entonces, esto sugiere que en los frutos de las dosis Alta y Normal, se presentó una alta actividad de las amilasas en los primeros días de la maduración y por ello se puede observar el incremento en los valores de SST.



A



B



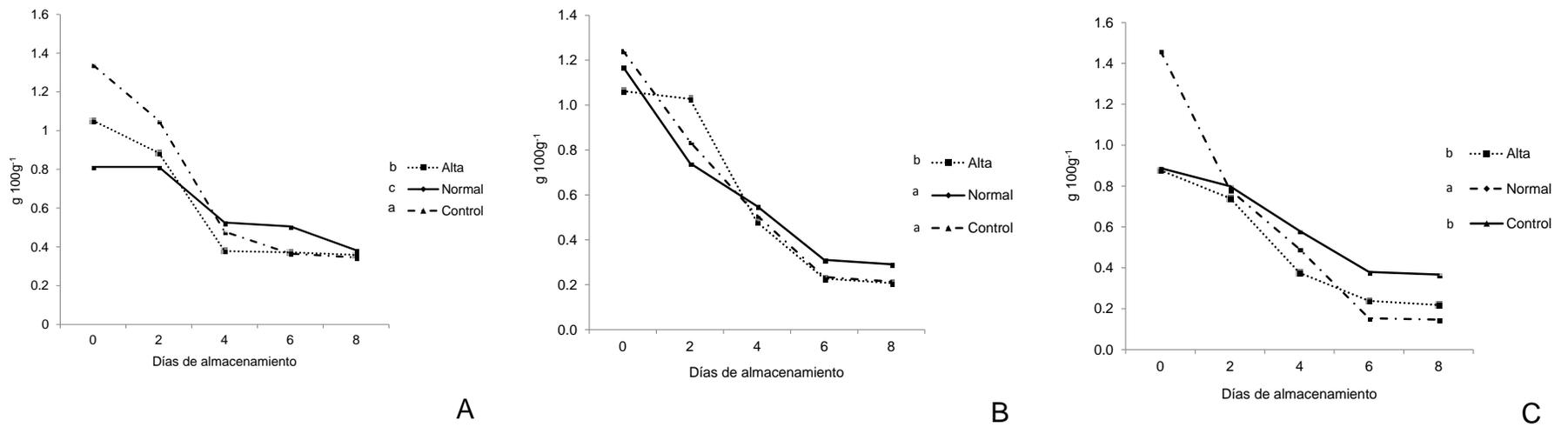
C

**Figura 5.** SST de frutos madurados a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R. durante 8 días (**A.** Frutos sin refrigeración, **B.** Frutos con 7 días de refrigeración y **C.** Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### 4.1.6 Acidez Titulable

Los cambios en el contenido de ácido cítrico durante la maduración, revelaron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 6-A). Al momento de la cosecha los frutos del Control presentaron la mayor concentración con  $1.34 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , seguido de la dosis Alta ( $1.05 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ) y de la dosis Normal ( $0.81 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ ); disminuyendo todos hasta  $0.37 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$  a los seis días, resultando esta concentración menor a la reportada por Siller-Cepeda *et al.* (2009)  $0.6 \pm 0.1 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ . La mayor acidez del Control se relaciona con la menor concentración de K en la pulpa, Lobit *et al.* (2006), reporta que el incremento en la concentración de K en los tejidos eleva los valores de pH.

Después de 7 días de refrigeración, la dosis Normal y el Control fueron significativamente mayores a la dosis Alta (Figura 6-B) y después de 14 días de refrigeración, sólo la dosis Normal fue significativamente superior a la dosis Alta (Figura 6-C). En la pulpa de la dosis Normal se presentaron altos niveles de Ca. Romero-Gómezcaña *et al.* (2006), en mango 'Haden', observaron que las aplicaciones de Ca incrementaron los niveles de acidez de los frutos a la cosecha con valores de  $0.8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  para el testigo y  $1.1 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Para los tratamientos con Ca. Finalmente, Sarker y Rahim (2013) reportaron bajos niveles de ácido cítrico en frutos de mango 'Amrapali' tratados foliarmente con urea al 4%, respecto al Control.



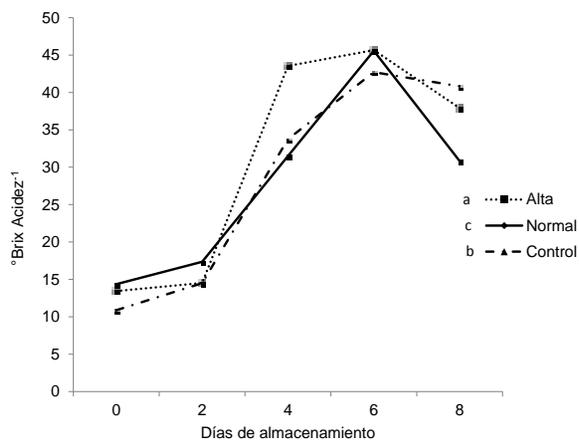
**Figura 6.** Contenido de ácido cítrico en frutos madurados a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R., (**A.** Frutos sin refrigeración, **B.** Frutos con 7 días de refrigeración y **C.** Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### 4.1.7 Relación azúcar/ácido (RAA)

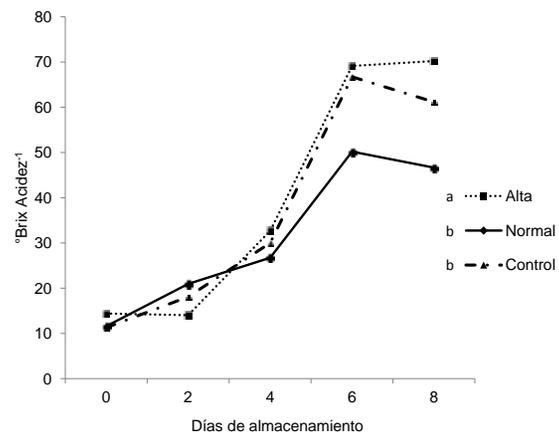
El comportamiento de la RAA mostró un incremento entre los tres tratamientos durante la maduración (Figura 7-A). Al momento de la cosecha, la mayor relación se observó en los frutos de la dosis Normal (14.4) seguido de la dosis Alta (13.4) y del Control (10.9); mismos que se elevaron hasta 45.6 a los cuatro días y 42.7 a los seis días, en el mismo orden, para finalmente descender a los ocho días. Diversos investigadores (Mitra y Baldwin, 1997; Thanarathan *et al.*, 2006), mencionan que durante la maduración de frutos de mango la RAA aumenta debido a dos eventos metabólicos: la hidrólisis de almidón hasta sacarosa, glucosa y fructosa y la disminución del contenido de ácido cítrico por efecto de la respiración y/o interconversión con otros compuestos. Por su parte, Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), reportan que aplicaciones de Ca ( $20 \text{ g L}^{-1}$ ) tienden a retardar, respecto al testigo, la evolución de la RAA durante la maduración de mango cv. Haden; situación que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación, al presentar los frutos de la dosis Normal, con menor proporción en el contenido de Ca entre el exocarpio y mesocarpio, su máximo nivel de RAA dos días antes que la dosis Alta y el Control.

Después de 7 días de refrigeración se detectó que la RAA en la dosis Alta fue mayor a la Normal y al Control (Figura 7-B). En mango 'Mesk' se ha reportado que la aplicación foliar de Zn y Mn fueron efectivos en incrementar la RAA en el jugo del fruto (Ebeed, 2001). Después de 14 días de refrigeración, la dosis Normal y Alta fueron estadísticamente los mejores tratamientos y al final de periodo presentaron altos valores de la RAA debido principalmente por los bajos niveles de acidez (Figura 7-C). La disminución de la acidez y el aumento de SST es un proceso fisiológico común en la maduración de frutos de mango y concuerda con

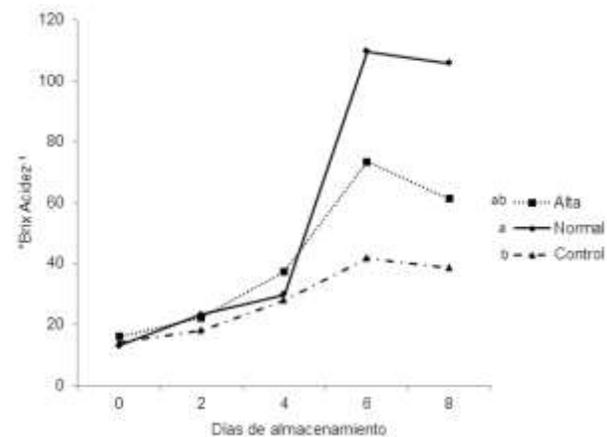
lo reportado por Lebrun *et al.* (2008), en mangos 'Keitt', 'Kent' y 'Cogshall' cosechados en diferentes estados de desarrollo.



A



B



C

**Figura 7.** Relación azúcar/ácido en frutos madurados a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R., (A. Frutos sin refrigeración, B. Frutos con 7 días de refrigeración y C. Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### 4.1.8 Ácido ascórbico

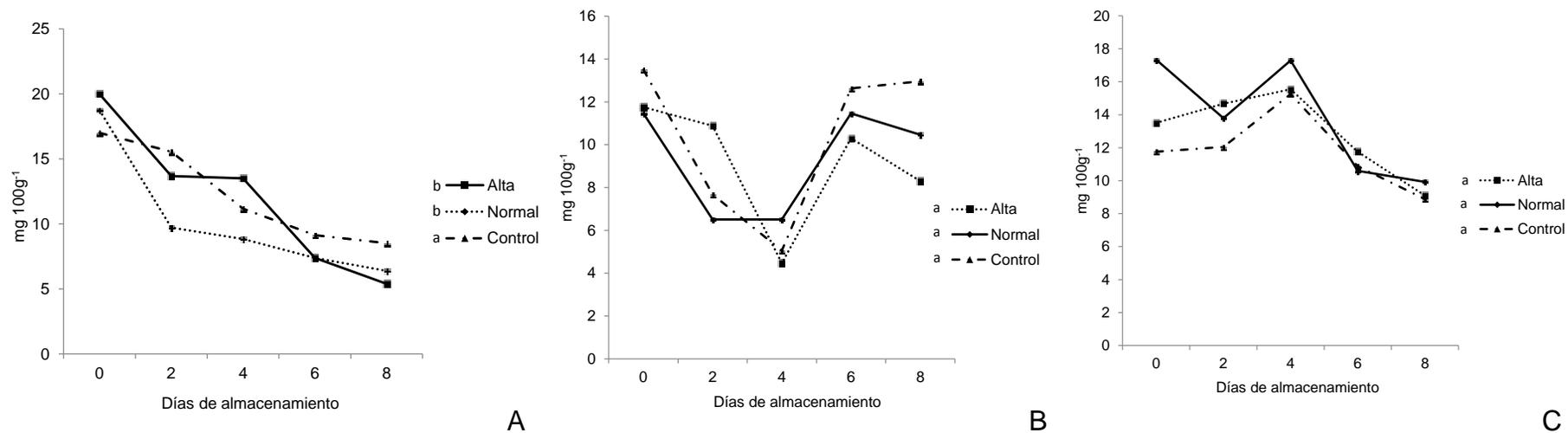
Los frutos sin tratamiento refrigerado mostraron diferencia significativa: El Control fue significativamente superior a los tratamientos fertilizados y en todos los casos la tendencia fue descendente con valores iniciales de 18.7, 20 y 17 mg de ácido ascórbico (100 g de pulpa)<sup>-1</sup> y finales de 6.4, 5.4 y 8.5 mg de ácido ascórbico (100 g de pulpa)<sup>-1</sup> para los tratamientos Normal, Alta y Control, respectivamente (Figura 8-A). Se presentó un incremento en la concentración de vitamina C al cuarto y sexto día para la dosis Alta y el Control, respectivamente. Al respecto, Vazquez-Salinas y Lakshminarayana (1985) reportaron que durante la maduración a varias temperaturas (16, 18, 20, 22, 25 y 28 °C) se presentaron pérdidas de ácido ascórbico de 16 a 23 % en mango 'Haden', 'Irwin' y 'Keitt', mientras, que en mango 'Kent' se presentaron un incremento en la concentración conforme el proceso de maduración avanzó. La aplicación de K puede favorecer el contenido de ácido ascórbico. Sarker y Rahim (2013), reportaron que la aplicación foliar, en mango 'Amrapali', de KNO<sub>3</sub> al 4% logró el máximo contenido (32.23 mg de ácido ascórbico/100g pulpa) respecto al Control (28.07 mg/100g pulpa).

El contenido de ácido ascórbico reveló una disminución significativa durante el proceso de maduración, siendo mayor en la dosis Normal. Al momento de la cosecha, los frutos presentaron una concentración de 20.0, 18.75 y 17.0 mg 100 g<sup>-1</sup> para la dosis Alta, Normal y el Control, respectivamente; disminuyendo a los ocho días hasta 5.39, 6.39 y 8.71 mg 100 g<sup>-1</sup>, en el mismo orden. En mango se reportan valores de vitamina C en peso fresco de 15.9 mg/100 g en 'Tommy Atkins' (Sogi *et al.*, 2012) y 36 mg/100 g en 'Keitt' (Gómez y Lajolo, 2008). Se ha reportado que durante la maduración el contenido de ácido ascórbico de frutos de mango tiende a disminuir por efecto de su oxidación a ácido dehidroascórbico (Lee y

Kader, 2000). Al respecto, Vázquez-Salinas y Lakshminarayana (1985) mencionaron que durante la maduración a varias temperaturas (16, 18, 20, 22, 25 y 28 °C) se presentan pérdidas de ácido ascórbico de 16 a 23 % en mango 'Haden', 'Irwin' y 'Keitt', mientras que, en mango 'Kent' se presentó un incremento en la concentración conforme el proceso de maduración avanza. En este contexto, los resultados obtenidos en el presente trabajo permiten establecer una relación entre el contenido de ácido ascórbico de los frutos de mango en estudio y su estado nutrimental al momento de cosecha; mismo que también se manifestó en el nivel de pérdidas de dicha vitamina durante el proceso de maduración, en cuyo caso, los frutos del Control presentaron el menor nivel de pérdida (48.8%) respecto a la dosis Alta (73.0%) y Normal (65.9%). Según Lee y Kader (2000), aplicaciones elevadas de N tienden a disminuir el contenido de ácido ascórbico en tanto que K tienden a elevarla, lo que coincide con los resultados obtenidos, toda vez que los tratamientos de fertilización aplicados involucraron dos niveles de aplicación de nitrógeno. Al respecto, Sarker y Rahim (2013), reportan que la aplicación foliar de  $\text{KNO}_3$  al 4% en mango 'Amrapali', favoreció un mayor contenido de vitamina C en la pulpa ( $32.23 \text{ mg}100 \text{ g}^{-1}$ ), en relación al Control ( $28.07 \text{ mg} 100 \text{ g}^{-1}$ ).

En los frutos con 7 y 14 días de refrigeración no se encontraron diferencias significativas en las tendencias (Figuras 8-B y Figura 8-C). Es importante resaltar que en el periodo de maduración de los frutos refrigerados por 7 días se presentaron valores más bajos al cuarto día y después incrementaron. Gómez y Lajolo (2008) reportaron que cuando se presentan bajos niveles de vitamina C se incrementó la actividad de la enzima ascorbatoperoxidasa ya que utiliza al ácido ascórbico como un sustrato. El Mn afecta la síntesis de ácido ascórbico. Silber *et al.* (2009), reportaron que en frutos de pimiento donde no se suministró Mn se

observó un incremento en la acumulación de  $H_2O_2$ , baja actividad de la enzima superóxido dismutasa (SOD) y un bajo contenido de Vitamina C por la alta actividad de la enzima ascorbato peróxidasa; en contraste, con un aporte de Mn se presentó alta actividad de la SOD, acumulación lenta de  $H_2O_2$  y mayor contenido de ácido ascórbico debido a la baja actividad de la ascorbato peroxidasa.



**Figura 8.** Contenido de ácido ascórbico en frutos madurados a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R., (A. Frutos sin refrigeración, B. Frutos con 7 días de refrigeración y C. Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### 4.1.9 Color del exocarpio y mesocarpio

Para el exocarpio, en los frutos madurados directamente al ambiente no se detectaron diferencias significativas en las tendencias que desarrollaron los valores de L, a, b, Hue y Chroma. Se destacan los valores elevados de la variable Hue de la dosis Normal (109°) y Alta (109°) que indican tonos más verdes respecto al Control (93°) al final del periodo de maduración. En algunos cultivares como 'Keitt' y 'Kent' la aplicación excesiva de nitrógeno, especialmente en las temporadas próximas a la recolección, impide que los frutos alcancen el deseable color amarillo en el exocarpio (McKenzie, 1993). Después de 7 y 14 días de refrigeración no se detectaron diferencias en las tendencias de los valores de L, a, b, Hue y Chroma en la cascará de los frutos.

En el mesocarpio no se detectaron diferencias significativas en ningún periodo de almacenamiento en las variables de color evaluadas (a y b, IS, Hue y L). En los frutos sin refrigeración, al final del periodo de maduración el Control presentó los valores más altos en Hue (80.5°) y Luminosidad (64.1) comparado con las otras dosis (Figuras 23 y 24). El color amarillo de la pulpa del mango se debe a la abundante presencia de  $\beta$ -carotenos, el cual aporta una gran porción del total de carotenoides (48-84 %) (Mercadante *et al.*, 1997). Al presentar el Control los mayores valores de Hue, la concentración de carotenoides en la pulpa se incrementó. Por otra parte, los valores de Luminosidad se han asociado con una mayor concentración de Ca en los tejidos (Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006).

#### 4.1.10 Conclusiones de la Evaluación 2011

De acuerdo con el tipo de tejido, el orden en la remoción nutrimental en la cáscara fue Ca > K > Mg > P > Mn > Fe > Cu > Zn, en la pulpa Ca > K > Mg > P > Fe > Mn > Cu > Zn, en la semilla K > Ca > Mg > P > Mn > Fe > Cu > Zn y en fruto fue Ca > K > Mg > P > Fe > Mn > Cu > Zn.

Los tratamientos de fertilización afectaron la concentración de los elementos en los tejidos del fruto. Sin embargo, el incremento en la aplicación de fertilizante, no implicó necesariamente un mayor contenido nutrimental en el fruto.

El efecto del periodo refrigerado se manifestó con una aceleración en el proceso de maduración lo que se observó con el incremento de la intensidad de respiración, pérdida acelerada de firmeza y acidez, y mayor pérdida de peso.

De acuerdo con el programa de fertilización, la dosis Normal fue superior en intensidad respiratoria (sin refrigeración), pérdida de peso (7 y 14 días de refrigeración), firmeza (7 y 14 días de refrigeración), SST (sin refrigeración) y acidez titulable (7 y 14 días de refrigeración) y RAA (14 días de refrigeración). La dosis Alta fue mejor en firmeza (sin refrigeración y con 7 días de refrigeración), SST (sin refrigeración) y la RAA (14 días de refrigeración). Finalmente, el Control fue mejor en pérdida de peso (7 días de refrigeración), firmeza (sin refrigeración y 14 días de refrigeración), contenido de ácido cítrico (sin refrigeración y 7 días de refrigeración) y ácido ascórbico (sin refrigeración).

La relación RAA mostró que en los tres periodos de refrigeración la dosis Alta presentó los altos valores y coincidió con la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  en el sentido de que en la pulpa dicha dosis presentó los valores más altos.

En los frutos sin refrigeración el contenido de ácido ascórbico fue mayor para el Control y de acuerdo con el contenido nutrimental de la pulpa y del total del fruto, el K, Fe y la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  presentaron la menor concentración.

## **4.2 Evaluación Año 2012**

### **4.2.1 Contenido nutrimental**

Los tratamientos de fertilización afectaron el contenido nutrimental en los frutos (Cuadro 3). En el exocarpio se presentó diferencia significativa sólo en tres nutrimentos. Para Ca y Mg la dosis Normal y el Control fueron los mejores tratamientos. El contenido de Fe fue significativamente mayor para la dosis Alta. El resto de los elementos no mostraron diferencias entre tratamientos de fertilización.

En el mesocarpio se detectó diferencia significativa en K y Ca, donde la dosis Normal y el Control presentaron valores altos. Para Mg, el Control fue significativamente superior a los otros tratamientos. Finalmente, para Fe, la dosis Normal y el Control presentaron valores altos. En la semilla, sólo en Fe se detectó diferencia estadística, siendo la dosis Normal significativamente mayor a los otros tratamientos. Tomando en cuenta el total del fruto, el Control fue significativamente el mejor tratamiento para P, la dosis Normal y el Control lo

fueron para Ca y Mg, y la dosis Alta para Fe. Es de resaltar que la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  no presentó diferencias entre tratamientos de fertilización, en el total del fruto ni en ninguno de sus tejidos.

De acuerdo con el tejido del fruto analizado, la remoción de nutrimentos por la cáscara fue, para la dosis Normal y Control,  $Ca > K > Mg > P > Mn > Fe$  y para la dosis alta fue  $Ca > K > Mg > P > Fe > Mn$ . En la pulpa y la semilla el orden de remoción fue  $Ca > K > Mg > P > Mn > Fe$ . Finalmente, para en la suma de los tejidos, en los tres tratamientos de fertilización, el orden en la demanda de nutrimentos fue  $Ca > K > Mg > P > Mn > Fe$ . Al respecto, en mango 'Haden', Romero-Gomezcaña *et al.* (2006), reportaron el orden de remoción como  $K > N > Mg > Ca$ . En el presente estudio, en la evaluación 2012 se observó que Ca y K fueron los elementos más demandados y que pueden influir notablemente en la calidad de los frutos.

#### **4.2.1.1 Efecto del año.**

El año de evaluación afectó la concentración nutrimental en el fruto (Cuadro 4). En la dosis Alta y el Control, la concentración de P y la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  fue significativamente mayor en 2011, para el contenido de K, Ca, Mg y Fe. El 2012 presentó estadísticamente los valores más altos y sólo el Mn no presentó diferencia. En la dosis Normal el contenido de P, Mn y la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  fue mayor en el 2011 y para el año 2012 el K, Ca, Mg y Fe presentaron los valores más altos.

En los tres tratamientos de fertilización, el año 2011 presentó los mejores valores en el contenido de P y la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  y para el año 2012 los elementos K, Ca, Mg y Fe

fueron significativamente mayores en todos los tratamientos de fertilización. Es importante señalar que en el Control, aunque no se suministró ningún fertilizante, en el fruto se incrementó la concentración de K, Ca, Mg y Fe. En P el efecto fue contrario, es decir, la concentración en el fruto disminuyó en los tres tratamientos de fertilización. Sobresale el efecto del año 2012 en Ca y K, en el primero se presentaron valores 3.8, 5.3 y 4.86 veces más altos en para las dosis Alta, Normal y Control, respectivamente, en el segundo se presentaron valores 1.81, 3.72 y 3.45 veces más altos para las dosis Alta, Normal y Control, respectivamente. La absorción nutrimental depende de muchos factores entre los que se pueden destacar el pH y el contenido de humedad en el suelo, la distribución y actividad de las raíces, época de aplicación y las características del fertilizante. La producción del árbol también influencia la concentración de los elementos, ya que, al presentarse un mayor número de frutos se ejerce un efecto de dilución lo que ocasiona que se presenten bajos niveles nutrimentales en los tejidos.

**Cuadro 3.** Composición nutrimental en los tejidos de frutos de mango 'Kent' con distintas dosis de fertilización en la cosecha 2012

Tratamiento	mg g <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>		
	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	(K+Mg)Ca <sup>-1</sup>
Exocarpio							
Normal	0.18 a <sup>y</sup>	4.70 a	13.58 a	2.58 a	66.3 b	67.8 a	0.55 a
Alta	0.16 a	4.45 a	10.60 b	2.03 b	89.9 a	79.3 a	0.52 a
Control	0.21 a	4.70 a	13.23 ab	2.98 a	24.3 c	104.6 a	0.49 a
Mesocarpio							
Normal	0.12 a	5.27 a	13.71 a	2.33 b	13.2 b	62.5 a	0.55 a
Alta	0.15 a	3.42 b	9.65 b	2.28 b	52.9 a	71.4 a	0.56 a
Control	0.13 a	3.82 ab	15.65 a	2.93 a	55.4 a	59.1 a	0.56 a
Semilla							
Normal	0.13 a	3.90 a	14.83 a	2.88 a	57.6 a	36.6 a	0.54 a
Alta	0.25 a	3.59 a	12.53 a	2.56 a	22.0 c	81.6 a	0.61 a
Control	0.28 a	3.34 a	13.78 a	2.55 a	38.1 b	60.7 a	0.52 a
Total del fruto							
Normal	0.44 c	13.87 a	42.13 a	7.79 a	137.07 b	166.90 a	1.59 a
Alta	0.56 b	11.47 a	32.78 b	6.86 b	164.80 a	232.33 a	1.74 a
Control	0.63 a	11.86 a	42.65 a	8.45 a	117.80 c	224.42 a	1.46 a
CV	14.9	32	16.3	14.3	14.8	19.7	25.8

<sup>y</sup>Medias con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes (Duncan,  $\alpha=0.05$ ).

**Cuadro 4.** Composición nutrimental del total del fruto de acuerdo con el año de evaluación.

Año	Tratamiento		
	Alta	Normal	Control
<b>P (mg g<sup>-1</sup>)</b>			
2011	1.06 a <sup>y</sup>	0.88 a	0.95 a
2012	0.52 b	0.45 b	0.49 b
CV	6.16	6.16	6.16
<b>K (mg g<sup>-1</sup>)</b>			
2011	6.71 b	4.31 b	3.28 b
2012	12.19 a	14.95 a	11.33 a
CV	18.11	18.11	18.11
<b>Ca (mg g<sup>-1</sup>)</b>			
2011	9.02 b	7.92 b	8.68 b
2012	34.8 a	41.91 a	42.25 a
CV	9.12	9.12	9.12
<b>Mg (mg g<sup>-1</sup>)</b>			
2011	2.92 b	2.96 b	3.04 b
2012	6.68 a	7.68 a	8.25 a
CV	8.50	8.50	8.50
<b>Fe (mg kg<sup>-1</sup>)</b>			
2011	70.2 b	102.6 b	66.8 b
2012	165.4 a	137.1 a	114.5 a
CV	9.85	9.85	9.85
<b>Mn (mg kg<sup>-1</sup>)</b>			
2011	205.8 a	937.9 a	237.0 a
2012	225.6 a	180.5 b	226.7 a
CV	8.43	8.43	8.43
<b>(K+Mg)Ca<sup>-1</sup> (mg kg<sup>-1</sup>)</b>			
2011	3.75 a	3.53 a	3.15 a
2012	1.67 b	1.68 b	1.42 b
CV	9.96	9.96	9.96

<sup>y</sup>Medias con diferentes letras en la misma columna son estadísticamente diferentes (Duncan,  $\alpha=0.05$ ).

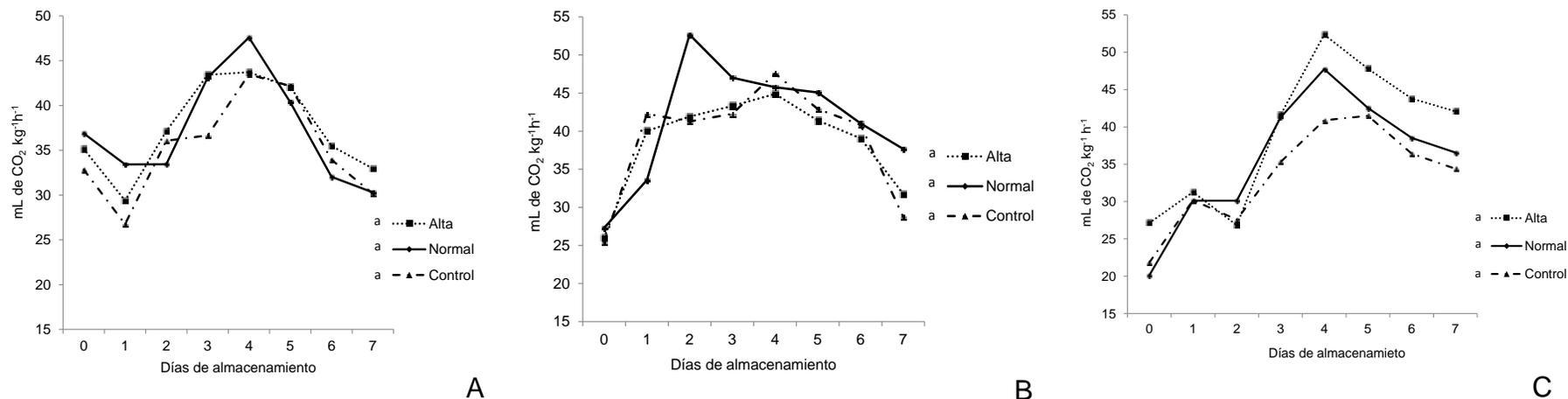
## 4.2.2 Intensidad respiratoria

La intensidad respiratoria no presentó diferencias significativas entre tratamientos de fertilización en ningún periodo refrigerado. En los frutos sin refrigeración, la respiración mostró el patrón climatérico común, en este caso, los valores máximos se presentaron al cuarto día para las dosis Alta (43.73 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>), Normal (47.60 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) y Control (43.48 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) (Figura 9-A). Los frutos con 7 días de refrigeración presentaron el climaterio al tercer día para la dosis Normal (52.68 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>), al cuarto día para la dosis Alta (43.32 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) y al quinto día para el Control (47.58 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) (Figura 9-B). Los frutos con 14 días de refrigeración presentaron el climaterio al cuarto día para las dosis Normal (47.74 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) y Alta (52.36 mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>) y al quinto día para el Control (9-C). Este comportamiento implica un adelanto en el proceso de maduración en los tratamientos fertilizados después de un periodo refrigerado.

### 4.2.2.1 Efecto del año

El año de evaluación afectó la intensidad respiratoria de los frutos, siendo el 2011 significativamente superior al 2012 en todos los tratamientos de fertilización y refrigeración (Cuadro 5). En 2011, sólo los frutos sin refrigeración de la dosis Normal fueron significativamente superiores a los otros tratamientos de fertilización y se relacionó con el menor contenido de Ca en el fruto y en 2012 ningún programa de fertilización afectó la intensidad respiratoria en ningún periodo de refrigeración. El contenido de Ca en el fruto fue significativamente superior para dosis Normal y Control, lo que implica una disminución en la

velocidad de respiración como lo reportan varios autores (Singh et al., 1993; Lester, 1995; Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006).



**Figura 9.** Intensidad respiratoria de frutos madurados a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R., (A. Frutos sin refrigeración, B. Frutos con 7 días de refrigeración y C. Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

**Cuadro 5.** Intensidad respiratoria de frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.

Año	Sin refrigeración			7 días de refrigeración			14 días de refrigeración		
	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control
2011	a <sup>y</sup>	a	a	a	a	a	a	a	a
2012	B	b	b	b	b	b	b	b	b

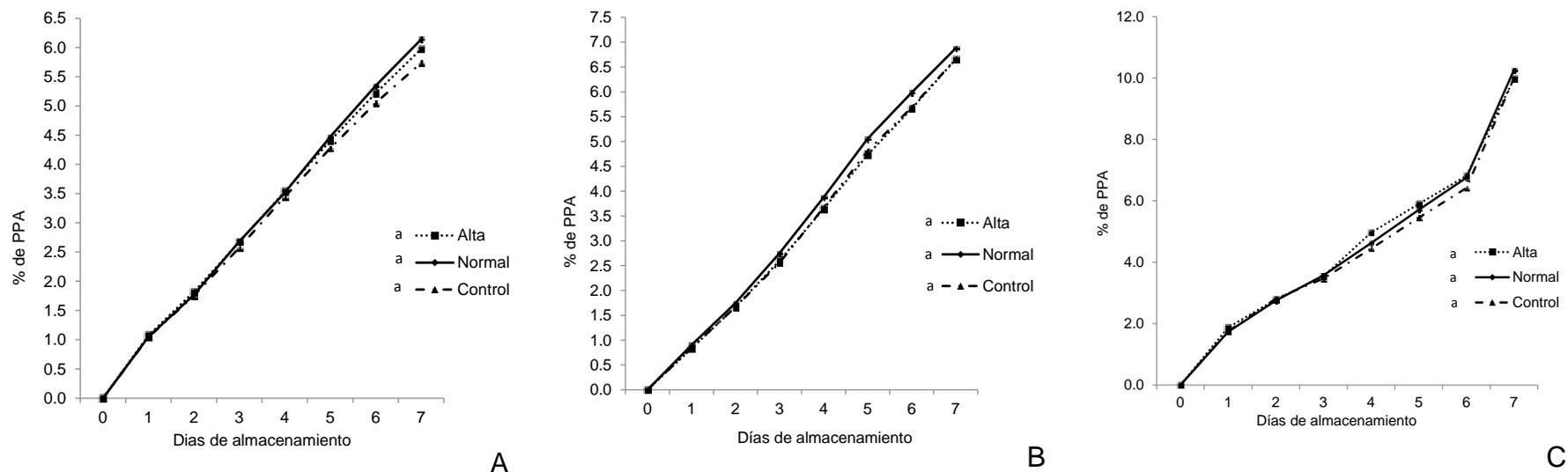
<sup>y</sup>Tratamientos con iguales letras dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

### 4.2.3 Porcentaje de pérdida acumulativa de peso

No se detectó diferencia significativa entre tratamientos de fertilización en ningún periodo de refrigeración. Los frutos madurados inmediatamente tras la cosecha registraron pérdidas acumulativas de peso finales de 6.14, 5.97 y 5.74 % para las dosis Normal, Alta y Control, respectivamente (Figura 10-A). Después de 7 días de refrigeración, las pérdidas acumulativas de peso al final de maduración fueron de 6.88, 6.65, 6.66 % para las dosis Norma, Alta y Control, respectivamente (Figura 10-B). Finalmente, después de 14 días de refrigeración, las pérdidas acumulativas de peso al final del periodo de maduración fueron de 10.26, 9.98, 9.99 % para las dosis Norma, Alta y Control, respectivamente (Figura 10-C).

#### 4.2.3.1 Efecto del año

En el porcentaje de pérdida acumulativa de peso del año 2011 fue estadísticamente superior al 2012 en todas las dosis de fertilización de cada periodo refrigerado (Cuadro 6). Al presentar el año 2011 altos niveles en respiración, implicó mayor pérdida de peso debido a la oxidación de carbohidratos. En 2012 al no presentarse diferencia estadística en la intensidad respiratoria ocasionó que la pérdida acumulativa de peso tampoco lo hiciera, la dosis Normal y el Control presentaron los mejores niveles de calcio en el fruto, aunque, no afectó la pérdida de peso; esto no concuerda con varios autores (Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006; Bhatt *et al.*, 2012) quienes mencionaron que conforme se incrementó la aplicación de calcio se presentaron mayores pérdidas de peso.



**Figura 10.** Pérdida de peso acumulativo de frutos madurados a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R., (A. Frutos sin refrigeración, B. Frutos con 7 días de refrigeración y C. Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

**Cuadro 6.** Porcentaje de pérdida acumulativa de peso en frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.

Año	Sin refrigeración			7 días de refrigeración			14 días de refrigeración		
	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control
2011	a <sup>y</sup>	a	a	a	a	a	a	a	a
2012	B	b	b	b	b	b	b	b	b

<sup>y</sup>Tratamientos con iguales letras dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

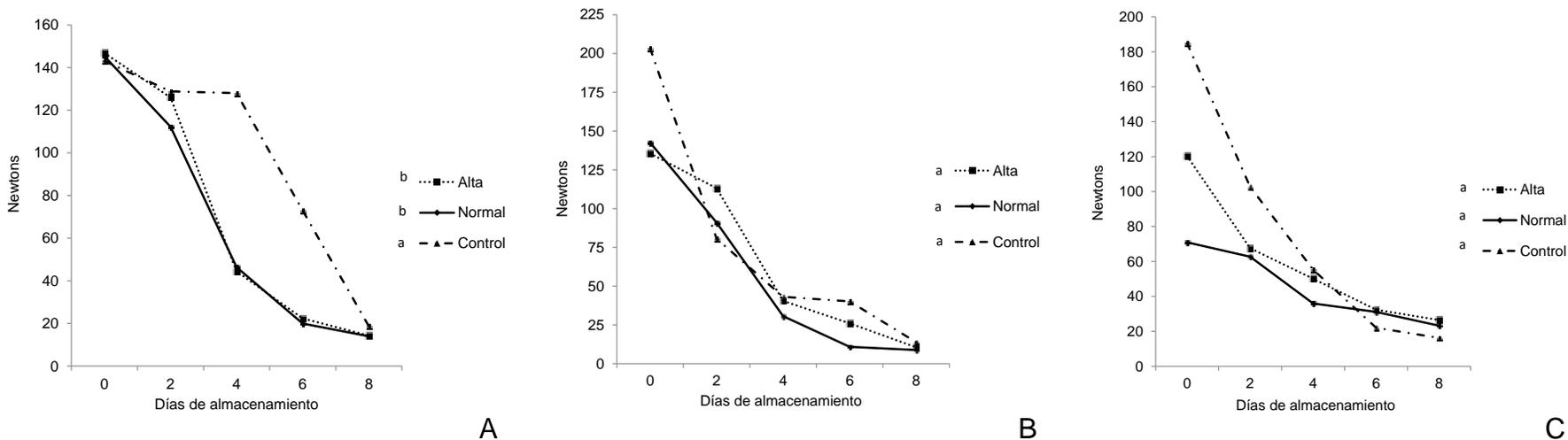
#### **4.2.4 Firmeza**

En los frutos sin refrigeración el Control fue significativamente mayor a las dosis Alta y Normal. La pérdida de firmeza de estas últimas presentó valores más bajos al cuarto y sexto día respecto al Control, aunque al final del periodo de evaluación los valores fueron muy similares entre los tratamientos de fertilización (Figura 11-A). Después de 7 y 14 días de refrigeración no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización, aunque se destacan los valores iniciales del Control, 206 N y 184 N para 7 y 14 días de refrigeración, respectivamente (Figura 11-B y Figura 11-C).

##### **4.2.4.1 Efecto del año**

El año de evaluación afectó la firmeza (Cuadro 7). En los frutos sin refrigeración, el año 2012 fue estadísticamente superior en las tres dosis de fertilización. Después de 7 días de refrigeración sólo en la dosis Alta se detectó diferencia estadística, siendo el año 2012 significativamente superior. Después de 14 días de refrigeración en la dosis Normal el año 2011 fue significativamente mayor y en la dosis Control el año 2012 fue estadísticamente superior.

En el 2012 se presentaron altos niveles de Ca en los frutos de todos los tratamientos de fertilización. Varios autores (Singh *et al.*, 1993; Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006; Ortiz *et al.*, 2011) relacionaron la firmeza de los frutos con el contenido de Ca en sus tejidos, de tal manera que, cuando se incrementan los niveles de este elemento se presentan altos valores en firmeza.



**Cuadro 7. Firmeza en frutos de mango 'Kent' en dos años de evaluación.**

Año	Sin refrigeración			7 días de refrigeración			14 días de refrigeración		
	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control
2011	b <sup>y</sup>	b	b	b	a	a	a	a	b
2012	A	a	a	a	a	a	a	b	a

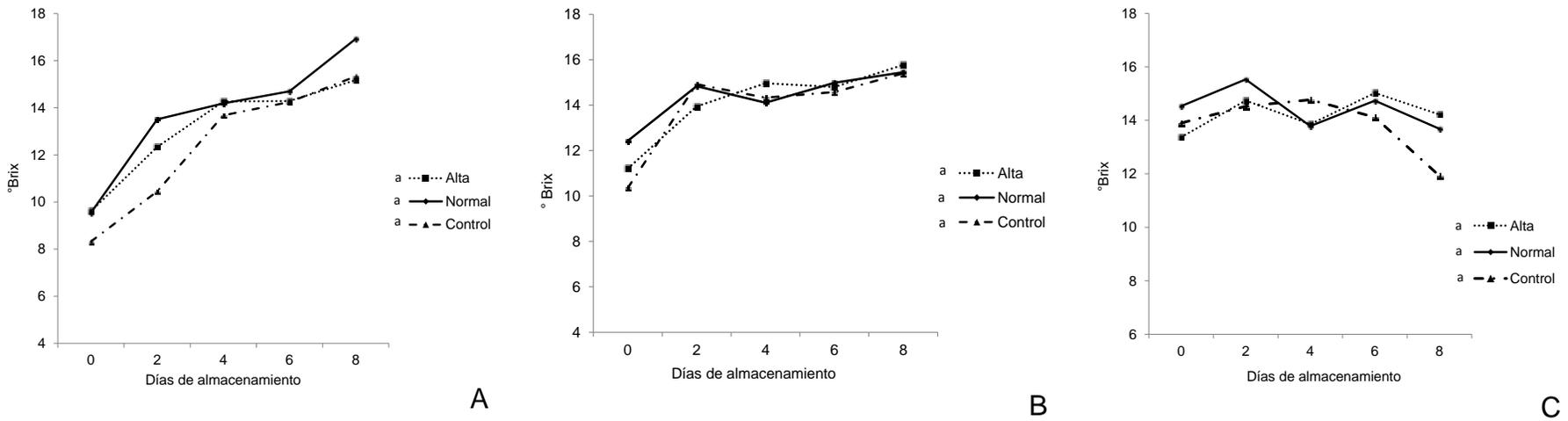
<sup>y</sup>Tratamientos con iguales letras dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

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

No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de fertilización en ningún periodo de refrigeración. La evolución en la concentración de SST de los frutos que no se sometieron a refrigeración mostró una tendencia ascendente con valores a la cosecha de 9.5, 9.6 y 8.3 °Brix para las dosis Normal, Alta y Control, respectivamente y al final del periodo de maduración los valores fueron de 16.9, 15.2 y 15.3 °Brix, para las mismas dosis (Figura 12-A). Después de 7 días de refrigeración, el mayor incremento se presentó desde la salida del periodo refrigerado hasta el segundo día de maduración (Figura 12-B). Después de 14 días de refrigeración ya no se presentó un incremento notable en la concentración en la concentración de SST y el Control mostró una tendencia descendente al final del periodo de maduración (Figura 12-C).

##### **4.2.5.1 Efecto del año**

Los SST fueron afectados por el año de evaluación (Cuadro 8). Sólo los frutos de la dosis Control sin refrigeración y con 7 días de refrigeración mostraron que el año 2011 fue significativamente superior. Vázquez-Salinas y Lakshminarayana (1985) mencionan que la respiración ocasiona la hidrólisis de almidón a productos como la glucosa implicando un aumento en los valores de SST. En general en 2011 se presentaron bajos niveles en respiración que permite sugerir bajos niveles en SST y el Control al no tener un suministro anual de nutrientes es de esperar que los frutos no alcancen los niveles adecuados de SST.



**Figura 12.** SST en frutos madurados a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R. durante 8 días (**A.** Frutos sin refrigeración, **B.** Frutos con 7 días de refrigeración y **C.** Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

**Cuadro 8.** Porcentaje de SST en frutos de mango ‘Kent’ en dos años de evaluación.

Año	Sin refrigeración			7 días de refrigeración			14 días de refrigeración		
	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control
2011	a <sup>y</sup>	a	a	a	a	a	a	a	a
2012	A	a	b	a	a	b	a	a	a

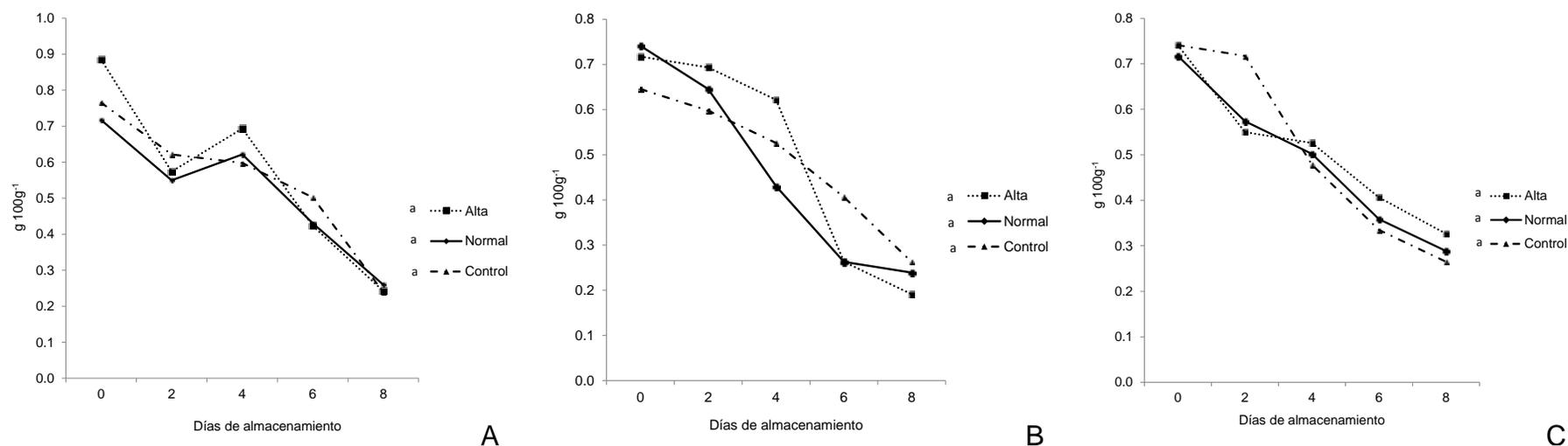
<sup>y</sup>Tratamientos con iguales letras dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### **4.2.6 Acidez titulable**

No se detectó diferencia significativa entre tratamientos de fertilización en ningún periodo de refrigeración. A la cosecha la concentración ácido cítrico en la pulpa de los frutos fue de 0.72, 0.88 y 0.77 g ácido cítrico (100 g de pulpa)<sup>-1</sup> y al final del periodo de maduración de los frutos sin refrigeración los valores fueron 0.26, 0.24 y 0.24 g ácido cítrico (100 g de pulpa)<sup>-1</sup> para las dosis Normal, Alta y Control, respectivamente (Figuras 13-A). Después de 7 días de refrigeración, la acidez de los frutos de las dosis Alta y Normal descendió rápidamente, aunque, al final del periodo de maduración los valores fueron muy similares (Figura 13-B). Después de 14 días de refrigeración las tendencias fueron muy similares entre tratamientos fertilizados (Figura 13-C).

##### **4.2.6.1 Efecto del año**

El año de evaluación afectó los niveles de acidez titulable (Cuadro 9). El año 2011 fue significativamente superior en los tres programas de fertilización para los frutos sin refrigeración, mientras que, en los frutos con 7 días de refrigeración sólo lo fue en las dosis Normal y Control, y finalmente en los frutos con 14 días de refrigeración en la dosis Normal este año presentó los niveles más altos. Esto implicó que en general el 2011 presentó mejores niveles de acidez.



**Figura 13.** Contenido de ácido cítrico en frutos madurados a  $25\pm 2^\circ\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H.R. (**A.** Frutos sin refrigeración, **B.** Frutos con 7 días de refrigeración y **C.** Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

**Cuadro 9.** Acidez titulable en frutos de mango ‘Kent’ en dos años de evaluación.

Año	Sin refrigeración			7 días de refrigeración			14 días de refrigeración		
	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control
2011	a <sup>y</sup>	a	a	a	a	a	a	a	a
2012	B	b	b	a	b	b	a	b	a

<sup>y</sup>Tratamientos con iguales letras dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

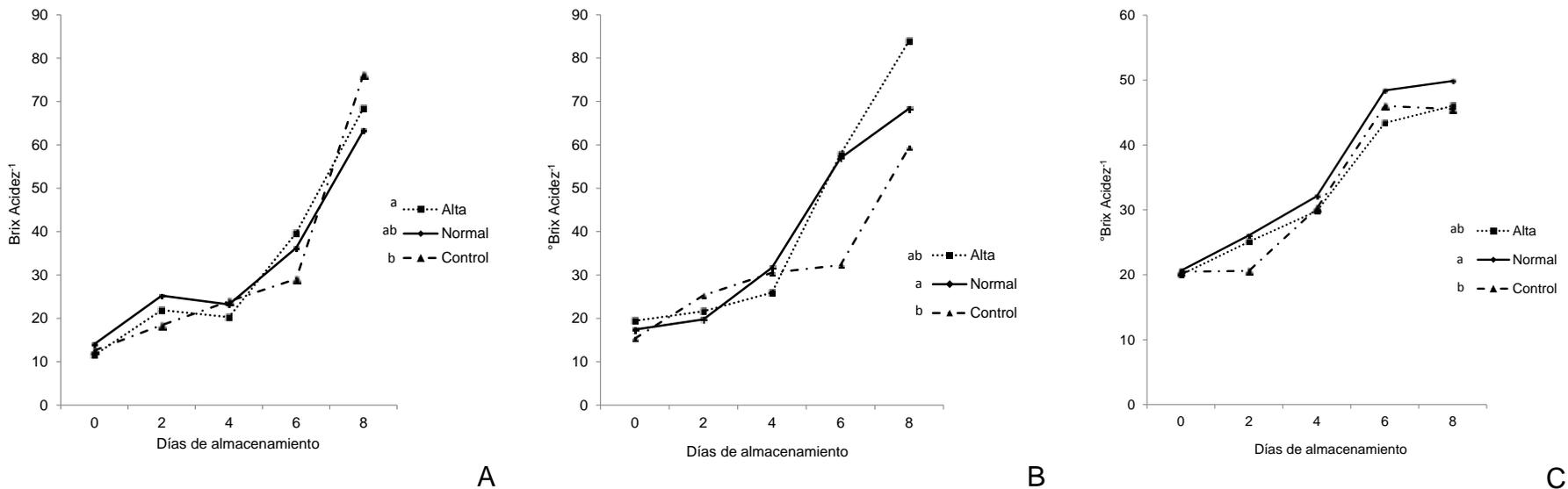
#### **4.2.7 Relación azúcar/ácido**

Los tratamientos de fertilización mostraron diferencias significativas en todos los periodos de refrigeración. La dosis Alta y Normal fueron, significativamente, los mejores tratamientos en todos los casos. En frutos sin refrigeración los valores al final del periodo de maduración fueron de 68, 63 y 76 para las dosis Alta, Normal y Control, respectivamente (Figura 14-A). Después de 7 días de refrigeración, los frutos del Control mostraron los valores más bajos (59.4) seguido de la dosis Normal (68.4) y finalmente la dosis Alta (84) (Figura 14-B). Después de 14 días de refrigeración, los niveles de la RAA fueron muy similares entre las dosis Alta (46), Normal (49) y el Control (45) (Figura 14-C). El incremento en la relación azúcar/ácido se debe principalmente a la disminución del ácido cítrico, ya que, el incremento de los SST fue muy reducido.

##### **4.2.7.1 Efecto del año**

El año de evaluación afectó la relación azúcar ácido (Cuadro 10). En los frutos sin refrigeración el 2012 fue significativamente superior en los tres tratamientos de fertilización, este comportamiento implica que en 2012 se obtuvieron menores niveles de acidez puesto que entre años los SST no mostraron gran diferencia. Después de 7 días de refrigeración sólo en la dosis Normal se presentó diferencia siendo nuevamente el 2012 significativamente superior. Al respecto, diversos investigadores (Mitra y Baldwin, 1997; Thanarathan *et al.*, 2006), mencionan que durante la maduración de frutos de mango la RAA aumenta debido a dos eventos metabólicos: la hidrólisis de almidón hasta sacarosa, glucosa y fructosa y la

disminución del contenido de ácido cítrico por efecto de la respiración y/o interconversión con otros compuestos.



**Cuadro 10. RAA en frutos de mango ‘Kent’ en dos años de evaluación.**

Año	Sin refrigeración			7 días de refrigeración			14 días de refrigeración		
	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control
2011	b <sup>y</sup>	b	b	A	b	a	a	a	a
2012	a	a	a	A	a	a	a	a	a

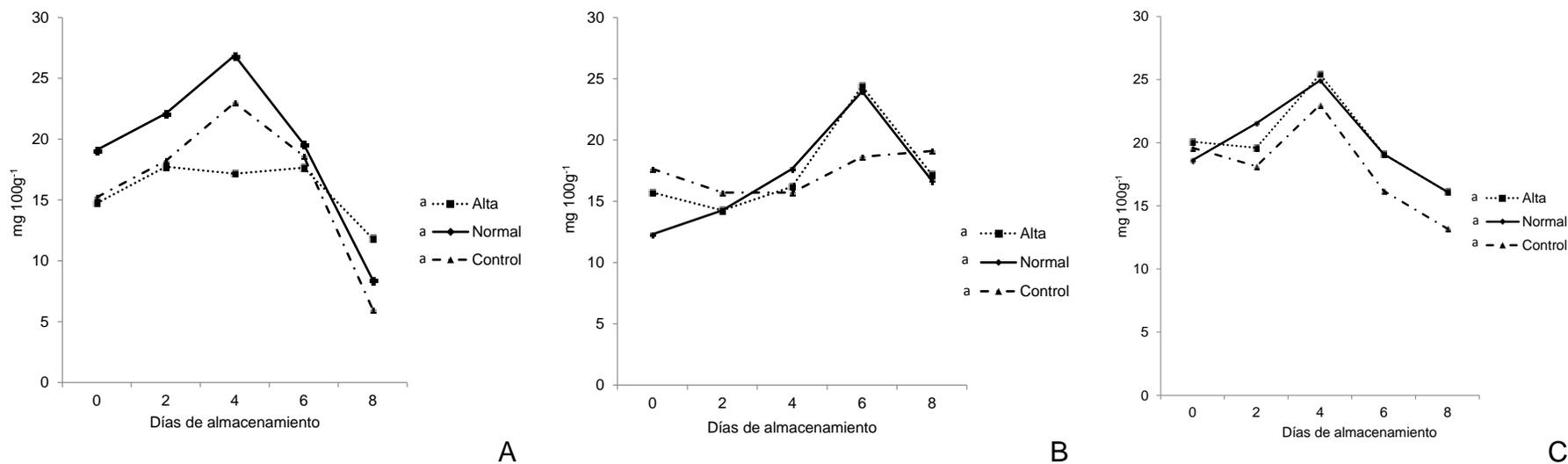
<sup>y</sup>Tratamientos con iguales letras dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### 4.2.8 Ácido ascórbico

No se detectaron diferencias significativas entre tratamiento de fertilización en ningún periodo refrigerado. En frutos sin refrigeración se presentaron altos valores (al cuarto día de maduración; Normal (26.9 mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de pulpa), Alta (17.2 mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de pulpa) y Control (23 mg de ácido ascórbico 100 g<sup>-1</sup> de pulpa) (Figura 15-A). Después de 7 días de refrigeración, las dosis Alta y Normal presentaron los máximos valores al sexto día de maduración (Figura 15-B). Después de 14 días de refrigeración, los frutos presentaron el máximo al segundo día de maduración (Figura 15-C). Es importante resaltar que conforme avanza la maduración de los frutos de mango 'Kent' se presenta un incremento en la concentración de ácido ascórbico, hasta un máximo y después disminuye. Al respecto, Vázquez-Salinas y Lakshminarayana (1985), reportan que en mango 'Kent' se presenta un incremento en la concentración de ácido ascórbico conforme el proceso de maduración avanza.

##### 4.2.8.1 Efecto del año

Sólo en los frutos sin refrigeración se detectó diferencia entre años (Cuadro 11). La cosecha de 2012 presentó niveles de vitamina C significativamente mayores en todos los tratamientos de fertilización. Varios autores (Sarker y Rahim, 2013; Lee y Kader, 2000) mencionan que la aplicación de K tiende a mejorar los niveles de ácido ascórbico. Esto implica que la mayor aplicación de K de 2012 permitió obtener mejores niveles de vitamina C.



**Figura 15.** Contenido de ácido ascórbico en frutos madurados a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  y  $36\pm 2\%$  de H. R. (A. Frutos sin refrigeración, B. Frutos con 7 días de refrigeración y C. Frutos con 14 días de refrigeración). Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

**Cuadro 11.** Contenido de ácido ascórbico en frutos de mango ‘Kent’ en dos años de evaluación

Año	Sin refrigeración			7 días de refrigeración			14 días de refrigeración		
	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control	Alta	Normal	Control
2011	b <sup>y</sup>	b	b	A	a	a	a	a	a
2012	a	a	a	A	a	a	a	a	a

<sup>y</sup>Tratamientos con iguales letras dentro de cada columna no son estadísticamente diferentes ( $\alpha=0.01$ ).

#### **4.2.9 Color del mesocarpio y exocarpio**

En el mesocarpio y exocarpio no se encontraron diferencias significativas en las tendencias de los tratamientos de fertilización dentro de cada periodo de refrigeración para las variables de L, a, b, Hue y Chroma. Por lo tanto, los tratamientos de refrigeración no afectaron significativamente los parámetros de color evaluados.

##### **4.2.9.1 Efecto del año**

Dentro de cada año no se detectaron diferencias significativas para ninguna variable de color evaluada. Las cartas de color generadas (Anexos 2, 3 y 4) permiten observar que en 2011 se presentaron mejores cualidades en los frutos, que los hacen más atractivos, mientras que en 2012 los frutos no desarrollaron el color de manera óptima tanto en la pulpa como en la cáscara. McKenzie (1993) mencionaron que la aplicación excesiva de nitrógeno, especialmente en las temporadas próximas a la recolección, impide que los frutos no alcancen el deseable color amarillo en el exocarpio. Mercadante *et al.* (1997) reportaron que los  $\beta$ -carotenos participan en gran medida en el color amarillo de la pulpa, esto, nos sugiere que en 2012 los niveles de carotenos fueron bajos.

#### **4.2.10 Conclusiones evaluación 2012**

De acuerdo con la sección del fruto, la remoción de nutrientes por la cáscara para la dosis Normal y Control fue  $Ca > K > Mg > P > Mn > Fe$ , para la dosis Alta fue  $Ca > K > Mg > P > Fe > Mn$ . En la pulpa y la semilla el orden de remoción fue  $Ca > K > Mg > P > Mn > Fe$ .

Finalmente, para el total del fruto, en los tres tratamientos de fertilización, el orden en la demanda de nutrientes fue  $Ca > K > Mg > P > Mn > Fe$ .

De acuerdo con el programa de fertilización, la dosis Normal y Alta presentaron los mejores valores en la RAA (en los tres periodos de refrigeración) y los menores niveles en firmeza (sin refrigeración).

Los tratamientos de fertilización no mostraron diferencias en intensidad respiratoria, pérdida acumulativa de peso, firmeza (7 y 14 días de refrigeración), sólidos solubles, acidez titulable, contenido de ácido ascórbico y color interno y externo.

## V. CONCLUSIONES

El 2011 presentó altos valores en P y en la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$ , y menores niveles en K, Ca, Mg, Fe. Por el contrario, el 2012 presentó bajos valores en P y la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$ , y mayores niveles en K, Ca, Mg, Fe.

El orden en la remoción de nutrientes para los dos años de evaluación y en los tres tratamientos de fertilización fue  $Ca > K > Mg > P > Mn > Fe$ .

El año 2011 presentó mayor intensidad respiratoria, pérdida acumulativa de peso y acidez titulable (sin refrigeración) y el año 2012 presentó mayor firmeza (sin refrigeración), RAA y contenido de ácido ascórbico (sin refrigeración).

Las variables que no resultaron afectadas por el año de evaluación fueron SST (7 días de refrigeración), RAA (14 días de refrigeración) y contenido de ácido ascórbico (7 y 14 días de refrigeración).

De acuerdo con las cartas de color generadas (Anexos 2, 3 y 4), se concluye que en los dos años de evaluación el Control desarrolló mejores cualidades tanto internas como externas, seguido de la dosis Norma. La dosis Alta presentó pobre desarrollo en color.

Los resultados muestran que algunas variables fueron favorecidas con cierto programa de fertilización. Sin embargo, en ningún caso un programa en particular alcanzó los niveles deseados en todas las variables.

## VI. LITERATURA CITADA

- Agarwala, S.C., B.D. Nautiyal, C. Chitralkha, C. P. Sharma. 1988. Manganese, zinc and boron deficiency in mango. *Scientia Horticulturae* 35(1-2): 99-107.
- Ajila, C. M., K.A. Naidu, S.G. Bhat and U.J.S. Prasada. 2007. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry* 105(3): 982-988.
- Alva, A. K., D. Mattos, S. Paramasivam, B. Patil, H. Dou and K. S. Sajwan. 2008. Potassium management for optimizing citrus production and quality. *International Journal of Fruit Science* 6 (1): 3-43.
- Aly, E.Z. and H.A Ismail. 2000. Effect of preharvest GA<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub> and Boron treatments on quality and enzymatic browning in Balady guava fruits. *Ann. Agric. Sci.* 38 (2):1101-1108.
- AMSDA. 2004. Plan rector del sistema producto mango. **En línea:** [www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/CAMPECHE/PREmango.pdf](http://www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/CAMPECHE/PREmango.pdf). Fecha de **Consulta:** 12 de noviembre de 2013.
- Andersson, I. 2008. Catalysis and regulation in Rubisco. *J.Exp. Bot.* 59:1555–1568.
- Assis J.S. de., D. J. Silva, P.L.D. de Moraes. 2004. Nutritional balance and physiological disorders in mango "Tommy Atkins". *Revista Brasileira de Fruticultura* 26(2):326-329.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1980. Official Methods of Analysis of the Association Chemists. Horwitz, W. (ed.). AOAC.13ra. ed. George Banta Company, Inc. Wisconsin, USA.1018 p.
- 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. 4 p.
- Bahadur, L., C. S. Malhi and Z. Singh. 1998. Effect and soil applications of zinc sulfhate on zinc uptake, tree size, yield, and fruit quality of mango. *Journal of Plant Nutrition* 21 (3): 589-600.
- Berardini, N., R. Fezer, J. Conrad, U. Beifuss, R. Carle and A. Schieber. 2005. Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars of their contents of flavol O- and xantone C-

glycosides, anthocyanins and pectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 1563-1570.

Bhatt A., N.K. Mishra, D.S. Misra and C. P. Singh. 2012. Foliar application of potassium, calcium, zinc and boron enhanced yield, quality and shelf life of mango. *HortFlora Research Spectrum* 1(4): 300-305.

Biolatto, A., D.E. Vazquez, A.M. Sancho, F.J. Carduza y N.A Pensel. 2005. Effect of commercial conditioning and cold quarantine storage treatments on fruit quality of "Rouge La Toma" grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.). *Postharvest Biology and Technology* 35(2), 167–176.

Bonnans, S. and A.C. Noble. 1993. Effect of sweetener type and of sweetener and acid levels on temporal perception of sweetness, sourness and fruitiness. *Chemical Senses* 18:273-283.

Burdón, J. N., K. G. Moore and H. Wainwright. 1991. Mineral distribution in mango fruit susceptible to the physiological disorder soft-nose. *Scientia Horticulturae* 48 (3-4): 329-336.

Cakmak. I and E.A. Kirkby. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiol. Plant.* 133:692–704.

Calu, M., Bonciu, C. and I. Tofan. 2009. Mineral content of apples stored in refrigeration conditions and controlled atmosphere conditions respectively for 6 months. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 15(2): 245-248.

Cano, M.P. and B. de Ancos. 1994. Carotenoid and carotenoid ester composition in mango fruit as influenced by processing method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 42: 2737–2742.

Casierra-Posada, F. y J. A. Guzmán. 2006. Efecto del portainjerto intermedio sobre la calidad de fruta en mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía Colombiana* 27(3):367-374.

Chaplin, G. R., S. P. Cole, M. Landrigan, P. A. Nuevo, P.F. Lam and D. Graham. 1991. Chilling injury and storage of mango (*Mangifera indica* L.) fruit held under low temperatures. *Acta Horticulturae* 291: 461-471.

- Chapman, H.D., J.D. Glennil, F.A. Aquilizan and B.F Paxton. 1978. Boron deficiency in papayas. *Queensland Agr. J.* 104:31-34.
- Chhatpar, H. S., A. K. Matoo and V. V. Modi. 1971. Biochemical studies on chilling injury in mangoes. *Phytochemistry* 10: 1007-1009.
- Chidtagool, S., S. Ketsa, J. Bowen, I. B. Ferguson and W. G. van Dorn. 2011. Chilling injury in mango fruit peel: Cultivar differences are related to the activity of phenylalanine ammonia lyase. *Postharvest Biology and Technology* 62 (1): 59-63.
- Crane, J.H., C.F. Balerdi y I. Maguire. 2009. Mango Growing in the Florida Home Landscape. HS2, formerly FC2. Horticultural Sciences Department. University of Florida. Florida, USA. 11p.
- Cruzaley S., F. Ariza, C. Noriega, M. Solis y C. Alarcón. 2003. Mejoramiento nutrimental en hoja y fruto de mango 'Ataulfo' para exportación en Guerrero. In *Resúmenes X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. IX Congreso Nacional y II Internacional de Horticultural Ornamental*. Chapingo, Estado de México, Mexico. 336p.
- Cruz-Hernández, A. and O. Paredes-López. 2012. Fruit quality: New insights for biotechnology. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52 (3): 272-289.
- Cowan, J.A. 2002. Structural and catalytic chemistry of magnesium dependent enzymes. *Biometals*. 15:225–235.
- Cull, B. 1991. Mango crop management. *Acta Horticulturae* 291: 154-173.
- Davis, P. L., and W. G. Chace Jr. 1969. Determination of alcohol in citrus juice by gas chromatographic analysis of headspace. *HortScience* 4(2):117-119.
- De Mello, P. R. 2010. Phosphorus effects in the nutrition and growth of developing mango plants. *Journal of Plant Nutrition* 33 (14): 2041-2049.
- Ding, Z.S., S.P. Tian, X.L. Zheng, Z.W. Zhou y Y. Xu. 2007. Responses of reactive oxygen metabolism and quality in mango fruit to exogenous oxalic acid or salicylic acid under chilling temperature stress. *Physiologia Plantarum* 130:112–121.
- Doman D. and Dr. Geiger. 1979. Effect of exogenously supplied foliar potassium on phloem loading in *Beta vulgaris* L. *Plant Physiol.* 64:528-533.

- Ebeed S., A. El-Gazzar, R. Bedier. 2001. Effect of foliar application of some micronutrients and growth regulators on fruit drop, yield, fruit quality and leaf mineral content of Mesk mango cv. trees. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor* 39(2):1279-1296.
- Engels C, Kirkby E, White PJ. 2012. Mineral nutrition, yield and source-sink relationships. In: Marschner P (ed) *Mineral nutrition of higher plants*; 3rd ed. Elsevier Ltd., pp 85–131.
- Fabian F., Blum H. 1943. Relative taste potency of some basic food constituents and their competitive and compensatory action. *Food Research* 8:179-193.
- Ferguson I B, R K Volz, F R Harker , C B Watkins y P L Brookfield. 1995. Regulation of postharvest fruit physiology by calcium. *Acta Horticulturae* 398: 23-30.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). **En Línea:** <http://faostat.fao.org/?lang=en#>. **Fecha de consulta:**Enero 2013.
- Fry, S. C. (1995). Polysaccharide-modifying enzymes in the plant cell wall. *Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 46: 497–520.
- Fuchs, Y., G. Zauberman and I. Rot. 1989. Chilling injury and electrolyte leakage in cold stored mango and fruits. *Acta Horticulturae* 258: 303-308.
- Galán, S. V. 1999. *El cultivo del mango*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 191-198.
- García, E. 1988. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. 2a. ed. Laros. México. Pp. 22-27.
- Gil, M. F. 1995. *Elementos de fisiología vegetal, Relaciones hídricas, nutrición mineral, transporte, metabolismo*. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. Pp. 249-281.
- Gomez, M. L. and F. M. Lajolo. 2008. Ascorbic acid metabolism in fruits: activity of enzymes involved in synthesis and degradation during ripening in mango and guava. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88: 756–762.
- Gutiérrez B, J Cruz, K Parkin, H Galindo (1996) Effect of refrigerated storage on manila mangoes (*Mangifera indica* L.) after hydrothermal treatment. *Acta Hort.* 455:679-686.
- Guzmán-Estrada, C., R. Mosqueda-Vázquez and S. Alcalde-Blanco. 1997. Content and extraction of several nutrients by mango fruits of Manila cultivar. *Acta Horticulturae* 455: 465-471.

- Han, J., S.P. Tian, X.H. Meng y Z.S. Ding. 2006. Response of physiologic metabolism and cell structures in mango fruit to exogenous methyl salicylate under low-temperature stress. *PhysiologiaPlantarum*, 128:125–133.
- Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager-Møller, P. White. 2012. Functions of macronutrients. In: Marschner P (ed) *Mineral nutrition of higher plants*. 3rd ed. Elsevier Ltd. pp 135–189.
- Header H.E. and K. Mengel. 1972. Translocation and respiration of assimilates in tomato plants as influenced by K nutrition. *Z PflanzenerBodenkd* 131:139-148.
- Hermans,C. and N. Verbruggen. 2008. Enhancement of magnesium content in plants by exploiting ionomics and transcriptomics. In: Yardley AW (ed) *Dietary magnesium: new research*. Nova Science Publishers, pp 159–175.
- Hernandez, Y., M. G. Lobo and M. González. 2006. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food Chemistry* 96(4):654-664.
- Hidalgo M., J. Cruz, K. Parkin and H. Galindo. 1996. Refrigerated storage and chilling injury development of manila mangoes (*Mangifera indica* L.). *Acta Hort.* 455:718-725.
- Kader, A. A. 2012. Mango: Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Postharvest Technology Center, UC Davis. <http://ucanr.org/sites/postharvest/PFfruits/MangoPhotos/?repository=29535&a=83460>.
- Kevers, C., M. Falkowski, J. Tabart, J. Defraigne, J. Dommès and J. Pincemail. 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 8596-8603.
- Kim, S.A. and M. L. Guerinot. 2007. Mining iron: Iron uptake and transport in plants. *FEBS Letters* 581:2273-2280.
- Kohli, K., J.S. Qadry and M. Ali. 1987. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.39: 247-252.
- Lakshminarayana S., J. Velasco and L. Sarmiento. 1974. Efecto de los tratamientos en postcosecha con agua caliente, tag y ácido 2-cloroetilfosfónico en la maduración, respiración y composición química de mangos de las variedades Kent y Keitt. *Tecnol. Alim.* 9:57-66.

- Lakshminarayana, S. 1980. Mango. In: Tropical and Subtropical Fruits. S Nagy, P E Shaw (eds). AVI Publishing CT. USA. pp:184-257.
- Lalel, H.J.D., Z. Singh and S.C. Tan. 2003. Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biology and Technology* 27:323–336.
- Lebrun M, A Plotto, K Goodner, M Ducampa, E Baldwin. 2008. Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. *Postharv. Biol. Technol.* 48:122-131.
- Lederman, E. I., G. Zauberman, A. Weksler, I. Rot and Y. Fuchs. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in 'Keitt' mango fruit. *Postharvest Biology and Technology* 10: 107-112.
- Lee, S. K. y A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- Li, Z., N. Wang, G.S. Vijaya-Raghavan and C. Vigneault. 2009. Ripeness and rot evaluation of 'Tommy Atkins' mango fruit through volatiles detection. *Journal of Food Engineering* 91:319-324.
- Lima, L. C., A. B. Chitarra and M. I. F. Chitarra. 2001. Changes in amylase activity starch and sugars contents in mango fruits pulp cv. Tommy Atkins with spongy tissue. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 44:59-62.
- Little, C. A. 1975. A research note off on a tangent. *Journal of Food Science* 40(2): 410-411.
- Lobit, P., M. Genard, P. Soing and Robert Habib. 2006. Modelling malic acid accumulation in fruits: relationships with organic acids, potassium, and temperature. *Journal of Experimental Botany* 57(6):1471-1483.
- Lopes, P. R. C., J. L. Silva and F. B. Mata. 2009. Integrated Fruit Production—Enhancing Production, Quality, and Safety of Fruit Production and Packing of Mango in Brazil as a Model. *International Journal of Fruit Science* 9 (2): 144-156.
- Lovatt, C. J. 1986. Increased Arginine Biosynthesis during Phosphorus Deficiency: A response to the Increased Ammonia Content of Leaves. *Plant Physiology* 81(3): 774-779.

- Luna-Esquivel, G., L. Arévalo-Galarza, S. Anaya Rosales, A. Villegas Monter, M. Acosta-Ramos y G. Leyva-Ruelas. 2006. Calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotémico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(2): 123-128.
- Mckenzie, C. B. 1993. The background skin colours of exported mango fruit in relation to tree nitrogen status. *South African Mango Growers' Association Yearbook* 14: 20-28.
- Medlicott, A. P., S. B. Reynolds and A. K. Thompson. 1986. Effects of temperature on the ripening of mango fruit (*mangifera indica* L. var. *tommy atkins*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 37: 469-474.
- Meléndez-Martínez, A., M. Escudero-Gilete, I. Vicario and F. Heredia. 2010. Effect of increased acidity on the carotenoid pattern colour of orange juice. *European Food Research and Technology* 230(3): 527-532.
- Mellado-Vázquez, A., S. Salazar-García, C.A. Treviño-de la Fuente, I.J.L. González-Durán y A. López-Jiménez. 2012. Composición y remoción nutrimental de frutos de mango 'Haden' y 'Tommy Atkins' bajo producción forzada. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(5): 925-941.
- Mercadante, A.Z., D.B. Rodríguez-Amaya. 1998. Effects of ripening, cultivar differences and processing on the carotenoid compositing of mango. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46:128–130.
- Mercadante, A.Z., D.B. Rodriguez-Amaya and G. Britton. 1997. HPLC and mass spectrometric analysis of carotenoides from mango. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 120-123.
- Mitra S.K. and E. A. Baldwin. 1997. Mango. In: *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. S. K. Mitra (ed). CAB internacional. New York Usa. pp 85-122.
- Motosugi, H., G. Young-Ping and S. Akira. 1995. Rootstock effects on fruit quality of 'Fuji' apples grown with ammonium or nitrate nitrogen in sand culture. *Scientia Horticulturae* 61 (3-4): 205-214.
- Muy R. D., J. Siller, J. Díaz y B. Valdez. 2004. Las condiciones de almacenamiento y el encerado afectan el estado hídrico y la calidad de mango. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:201-209.

- NMX-FF-058-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fruta fresca – mango (*Mangifera indica* L.) – especificaciones.
- Nunes, M.C.N., J.P. Emond, J.K. Brentch, S. Dea and Emilie Proulx. 2006. Quality curves for mango fruit (cv. Tommy atkins And palmer) stored at chilling and Nonchilling temperatures. *Journal of Food Quality* 30 (2007) 104–120.
- Ortiz, A., J. Graell and I. Lara. 2011. Cell wall-modifying enzymes and firmness loss in ripening ‘Golden Reinders’ apples: A comparison between calcium dips and ULO storage. *Food Chemistry* 128 (4): 1072-1079.
- Osuna G. J., M. L. Guzmán, B. Tovar, M. Mata. 2000. Cambios fisiológicos durante el manejo postcosecha del mango Ataulfo. *Hortic. Mex.* 8(2):184-190.
- Osuna, J.A., M.L. Guzmán, B. Tovar, M. Mata y V.A. Vidal. 2002. Calidad del mango ‘Ataulfo’ producido en Nayarit, México. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 25:367-374.
- Oothuyse, S.A. 2000. Effect of cool-storage delays after harvest on the extent of ripening during and fruit quality after cool-storage. *Acta Hort. (ISHS).* 509:395-400.
- Pangborn, R.M. 1963. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids. *Journal of Food Science* 28:726-733.
- PC-005-2005, Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Mango.
- Pennycooke, J. C., S. Cox y C. Stushnoff. 2005. Relationship of cold acclimation, total phenolic content and anti-oxidant capacity with chilling-tolerance in petunia (*Petunia \_hybrida*). *Environmental and Experimental Botany* 53:225–232.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. *Plant Physiology.* 5<sup>th</sup> edn. Sinauer Associate, Sunderland. 781 p.
- Pinto, A C. Q., V. H. V. Ramos, N. T. V. Junqueira, E. Lobato, D. M. G. Souza. 1994. Relação Ca/N nas folhas e seu efeito na produção e qualidade da manga Tommy Atkins sob condições de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 13. Salvador. Resumos. v. 2, p.763.

- Pott, M. M., S. Neidhart, W. Mühlbauer and R. Carle. 2003. Quantitative determination of  $\beta$ -carotene stereoisomers in fresh, dried and solar-dried mangoes (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:4527–4531.
- Quijada, O., B. Herrero, R. Gonzales, A. Casanova, G. Castellano y R. Camacho. 2009. Influencia de la poda, de la aplicación de nitrato potásico y tiosulfato potásico sobre la calidad de frutos de variedades promisorias de mango (*Mangifera indica* L.) en la planicie de Maracaibo Venezuela. *Revista iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 9 (2): 121-130.
- Rajput, C.B.S., B.P. Singh and H.P. Mishra. 1976. Effects of foliar application of boron on mango. *Scientia Horticulturae* 5:311-313.
- Ramirez, F. and T. L. Davenport. 2010. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Scientia Horticulturae* 126 (2): 65-72.
- Rath, S., R. L. Singh, B. Singh and D. B. Sing. 1980. Effects of boron and zinc sprays on the physic-chemical composición of mango fruits. *Punjab Horticultural Journal* 20:33-35.
- Robert, J. P., and B. N. Wolstenholme. 1993. Phenological cycles and seasonal carbohydrate fluctuations of three mango cultivars: An update on current research in the Nkwalini Valley, Natal. *South African Mango Growers' Association Yearbook* 13:2-10.
- Romero-Gomezcaña, N., P. Sanchez-García, J. Rodríguez-Alcázar y C. Saucedo-Veloz. 2006. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv Haden. *Agricultura Técnica en México* 32:5-15.
- Ruhele, G.D. and R.B. Ledin. 1955. Mango growing in Florida. Florida: Agriculture Experimental Station, Bulletin 574.
- Salazar-García, S. and I. Lazcano-Ferrat. 2003. Site-Specific Fertilization Increased Yield and Fruit Size in 'Hass' Avocado. *Better Crops International* 17 (1):12-15.
- Saltveit, M. E., and A. R. Sharaf. 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 117 (5): 793-798.
- Samara, J.S. and Y. K. Arora. 1997. Mineral nutrition. In: Litz, R.E. (Ed.), *The Mango: Botany, Production and Uses*. CAB International, Wallington, U.K., pp. 175–201.

- Samra, J. S., R. S. Thakur and K. L. Chadha. 1977. Effect of foliar application of urea on yield and yield parameters of mango. *Indian Journal of Horticulture* 234 (1): 26-29.
- Sarker, B. C. And M. A. Rahim. 2013. Yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) as influenced by foliar application of potassium nitrate and urea. *Bangladesh J. Agril. Res.* 38(1): 145-154.
- Schaffer, B., A. W. Whiley and J.H. Crane. 1994. Mango. In: Schaffers, B. and P.C. Andersen (Eds.). *Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops, Vol. II: Subtropical and Tropical Crops*. CRC Press, Boca-Raton: 165-197.
- Schifferstein, H.N.J. and J.E.R. Fritjers. 1990. Sensory integration in citric acid/sucrose mixtures. *Chemical Senses* 15:87-109.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). **En línea:** [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx).  
**Fecha de Consulta:** Enero de 2013.
- Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera. 2012. Uno de cada cinco mangos que se consumen en el extranjero son mexicanos. DISEMINA, Estadísticas del sector agroalimentario y pesquero. Número 76. **En línea:** <http://www.siap.gob.mx/opt/123/77/76.html>.
- Sergent, E., D. Ferrari and F. Leal. 1997. Effects of potassium nitrate and Paclobutrazol on flowering induction and yield of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden. *Acta Hort.* 455:180-187.
- Sharma, R. R. and R. Singh. 2009. The fruit pitting disorder-A physiological anomaly in mango (*Mangifera indica* L.) due to deficiency of calcium and boron. *Scientia Horticulturae* 119 (4): 388-391.
- Sharma, R., B.Mahajan, B. Dillon y A. Azad. 2000. Studies on the fertilizer requirements of mango 'Dashehari' in sub-montaneous region of Punjab. *Indian Journal of Agricultural Research* 34:209-210.
- Silber, A., A. Bar-Tal, I. Levkovitch, M. Bruner, H. Yehezkel, D. Shmuel, S. Cohen, E. Matan, L. Karni, H. Aktas, E. Turhan and B. Aloni. 2009. Manganese nutrition of pepper (*Capsicum annuum* L.): Growth, Mn uptake and fruit disorder incidence. *Scientia Horticulturae* 123(2):197-203.

- Siller-Cepeda, J., D. Muy-Rangel, M. Baez-Sañudo, E. Araiza-Lizarde y A. Irieta-Ojeda. 2009. Calidad postcosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana* 32 (1):45-52.
- Singh, B. P., D. K. Tandon and S. K. Kalra. 1993. Changes in postharvest quality of mango affected by preharvest application of calcium salts. *Scientia Horticulturae* 54 (3): 211-219.
- Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM). **En línea:**[www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/](http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/). **Fecha de consulta:** Enero 2013.
- Sogi, D. S., M. Siddiq, S. Roidoung and K. D. Dolan. 2012. Total Phenolics, Carotenoids, Ascorbic Acid, and Antioxidant Properties of Fresh-cut Mango (*Mangifera indica* L., cv. Tommy Atkin) as Affected by Infrared Heat Treatment. *Journal of Food Science* 77(11):C1197-C1202.
- Staehelin, L.A. and E.H. Newcomb. 2000. Membrane structure and membranous organelles. B. Buchanan, B. Grussem, R.L. Jones (Eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD . Pp. 2–50.
- Sun J., Y.F. Chu, X. Wu and R.H. Liu. 2002. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50:7449-7454.
- Tharanathan R.N., Yashoda H.M and T.N Prabha.2006. Mango (*Mangifera indica* L.)“the King of fruits”-an overview. *Food Rev. Int.* 22:95-123.
- Totten, F. W., H. Liu, L. B. McCarty, C. M. Badwin, D. G. Bielenberg and Joe E. Toler. 2008. Efficiency of foliar versus granular fertilization: A field study of creeping bentgrass performance. *Journal of Plant Nutrition*. 31 (5): 972-982.
- Vázquez-Salinas, C. and S. Lakshminarayana. 1985. Compositional Changes in Mango Fruit During Ripening at Different Storage Temperatures. *Journal of Food Science* 50(6): 1646-1648.
- Vázquez-Valdivia, V., H. Pérez-Barraza, J. Osuna-García y M. Urías-López. 2009. Manejo integral de huertos de mango ‘Ataulfo’ con altas densidades de plantación. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15:155-160.

- Vazqu ez-Valdivia, V., M. H. Per ez-Barraza, S. Salazar-García and E. Becerra-Bernal. 2005. Crecimiento, nutrición y rendimiento del mango 'Ataulfo' con interinjerto de porte bajo 'Esmeralda'. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 11 (2): 209-213.
- Verbruggen, N. and C. Hermans. 2013. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. *Plant Soil* 368:87-99.
- Veltman, R.H. and H.W. Peppelenbos. 2003. A proposed mechanism behind the development of internal browning in pears (*Pyrus communis* cv Conference). *Acta Hort.* 600: 247-255.
- Wainwright, H. y M.B. Burbage. 1989. Physiological disorders in mango. (*Mangifera indica* L) fruit. *Journal of Horticultural Science*. 64(2): 125-135.
- Wang, M., Y. Zheng, T. Khuong and Lovatt, C. J. 2012. Effecto of harvest date on the nutritional quality and antioxidant capacity in 'Hass' avocado during storage. *Food Chemistry* 135: 694-698.
- Wardlaw, C. W., and E. R. Leonard. 1936. The storage of West Indian mangoes. *Imp. Coll. Trop. Agric., Trinidad, Low Tem. Res. Stn., Mem. 3: 47 pp.*
- Whiley, A. W. 1984. Crop management- A review. *Proceedings First Australian Mango Reseach Workshop. Cairns. Queensland. 26-30 de noviembre: 186-195.*
- Whiley, A.W. and B. Schaffers. 1997. Stress Physiology. In: R.E. Litz (Ed). *The mango, Botany, Production and Uses. CAB International. Wallingford. UK.: 147-176.*
- Xiuchong, Z., L. Guojian, Y. Jianwu, A. Shaoying y Y. Lixian. 2001. Balanced Fertilization on Mango in Southern China. *Better Crops International* 15:16-20.
- Yashoda, H. M., T. N. Prabha and R. N. Taranathan. 2007. Mango ripening - Role of carbohydrases in tissue softening. *Food Chemistry* 102: 691-698.
- Yashoda, H. M., T. N. Prabha and R. N. Tharanathan. 2005. Mango ripening: chemical and structural characterization of pectic and hemicellulosic polysaccharides. *Carbohydrate Research* 340: 1335-1342.
- Yeshitela, T., P. J. Robbertse and P. J. C. Stanssen. 2010. Effects of various inductive periods and chemicals on flowering and vegetative growth of 'Tommy Atkins' and

'Keitt' mango (*Mangifera indica*) cultivars. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 32 (2): 209-215.

Yruela, I. 2005. Copper in Plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 17(1).

Zauberman, G., Y. Fuchs, I. Rot and A. Wexler. Chilling injury, Peroxidase, and Cellulase Activities in the Peel of Mango Fruit at Low Temperature. *HortScience* 23(4): 732-733.

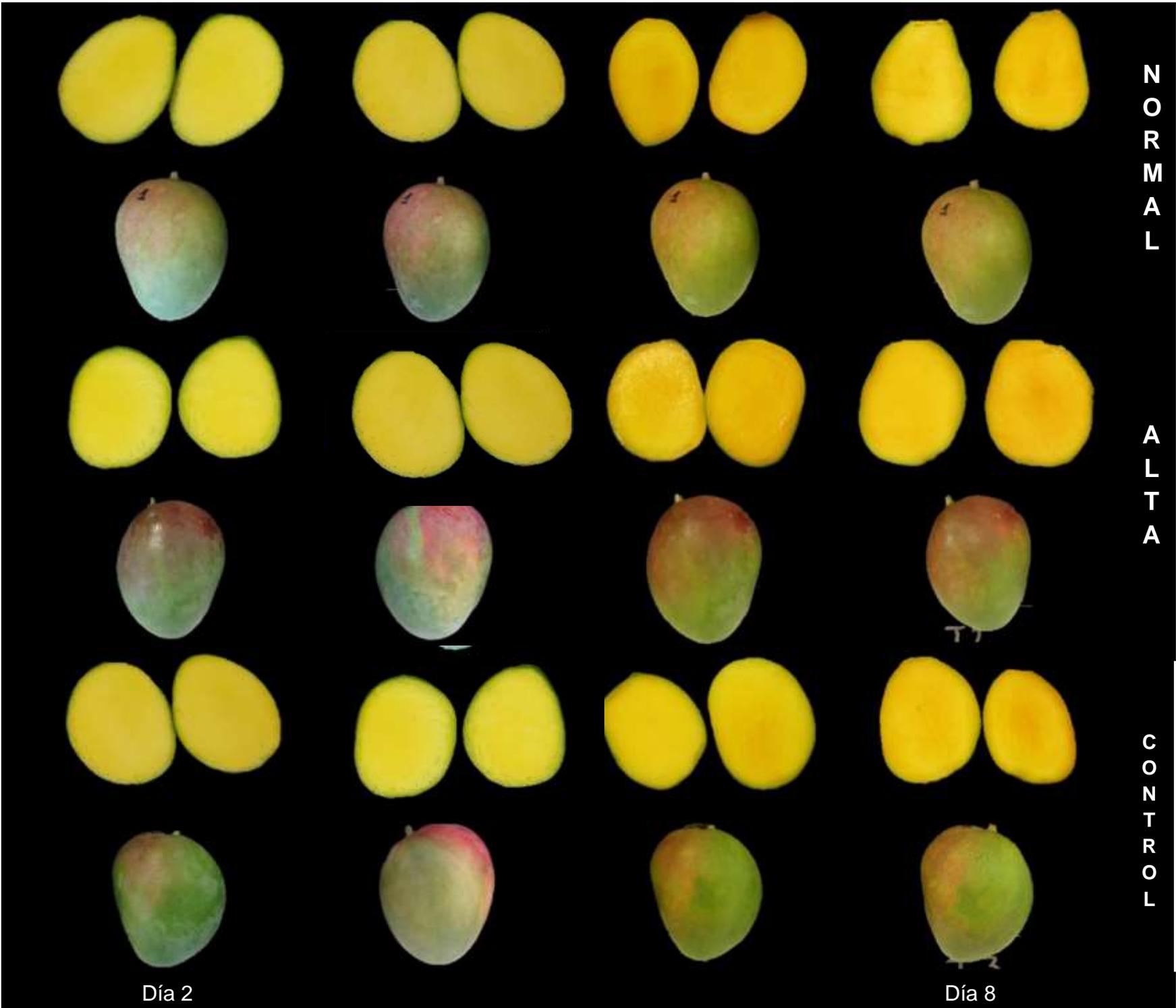
Zhi, X., Y. Zhang, X. S. Hu, J.H. Wu and X.J. Liao. Inactivación of apple pectin methylesterase by dense phase carbon dioxide. *Journal of agricultural and food chemistry* 56: 5394-5400.

## VII. ANEXOS

**Cuadro 2.** Características físicas y químicas del suelo, profundidad de 0-30 cm del huerto de mango 'Kent' en Buenavista, Acaponeta, antes de la aplicación de fertilizantes (Enero 2010).

Variable	Resultados
<b>Características físicas</b>	
Textura (Arena/Arcilla/Limo) (%)	Franco-Arcillo-Arenoso
Punto Saturación (%)	32.4 (M)
Capacidad de Campo (%)	17.1 (M)
Punto March. Perm. (%)	10.2 (M)
Cond. Hidráulica (cm/hr)	5.89 (MoA)
Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	1.2
<b>Características químicas</b>	
pH (1:2 agua)	5.67 (Mod. ácido)
CE (dS/m)	0.18 (MuB)
Materia orgánica (%)	0.85 (B)
N-Inorg. (ppm)	22.34 (MoA)
P-Bray (P) (ppm)	7.1 (B)
Potasio (K) (ppm)	205.68 (MoA)
Calcio (Ca) (ppm)	294.87 (MuB)
Magnesio (Mg) (ppm)	38.29 (MuB)
Sodio (Na) (ppm)*	14.52 (B)
Fierro (Fe) (ppm)	43.51 (A)
Zinc (Zn) (ppm)	0.52 (B)
Manganeso (Mn) (ppm)	54 (MuA)
Cobre (Cu) (ppm)	0.58 (M)
Boro (B) (ppm)	0.11 (B)
Azufre (S) (ppm)	9.48 (MoA)
Aluminio (Al) (ppm)*	27 (MuA)
CIC (Meq/100 g)	12.9 (M)
*Es deseable que estos elementos tengan un bajo contenido. A= alto; MoA= moderadamente alto; MuA= Muy alto; M= mediano; B= bajo; MoB= moderadamente bajo; MuB= Muy bajo; N= normal;	

ANEXO 3. CARTA DE COLOR DE MADURACIÓN DE FRUTOS (COSECHA, 2011).



**ANEXO 4. CARTA DE COLOR EXTERNO DE MADURACIÓN DE FRUTOS (COSECHA, 2012).**



**ANEXO 5. CARTA DE COLOR EXTERNO DE MADURACIÓN DE FRUTOS (COSECHA, 2012).**

