

## Maduración y calidad de frutos de mango 'Kent' con tres niveles de fertilización\*

### Ripening and fruit quality of mango 'Kent' with three levels of fertilization

René García Martínez<sup>1§</sup>, Alfredo López Jiménez<sup>2</sup>, Crenciano Saucedo Veloz<sup>2</sup>, Samuel Salazar-García<sup>3</sup> y Javier Suárez Espinosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo. C. P. 51200. Valle de Bravo, Estado de México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. (lopezja@colpos.mx; sauveloz@colpos.mx; sjavier@colpos.mx). <sup>3</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apartado Postal 100. Santiago Ixcuintla, Nayarit. 63300. (salazar.samuel@inifap.gob.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: garcia.rene@colpos.mx.

#### Resumen

El programa anual de fertilización juega un papel importante en el manejo del huerto y de su eficiencia dependen, en gran medida, la producción y 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 que son removidos por la producción de fruto, lo que asegura el suministro adecuado de macro y micro elementos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del programa de fertilización sobre los cambios en las variables relacionadas con la maduración y calidad de frutos de mango 'Kent', a partir de un experimento instalado en un huerto de comercial en Acaponeta, Nayarit, México, donde se aplicaron tres niveles de fertilización ((g árbol<sup>-1</sup>): normal (381 de N, 367 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 296 de K<sub>2</sub>O, 688 de Ca, 84 de Mg, 14 de Fe, 9 de Mn, 5 de Zn y 45 de B), alta (50% más de cada elemento de la dosis normal) y control (sin fertilización). Las dosis de fertilización afectaron la concentración nutrimental del fruto. Se presentaron diferencias en los perfiles de la intensidad respiratoria, firmeza, sólidos solubles totales (SST), ácido cítrico, ácido ascórbico y relación azúcar/ácido, asimismo, la presencia de nitrógeno en los niveles de fertilización normal y alta, aumentó la tonalidad verde del color de fondo de los frutos. Se concluyó que, la calidad y vida de anaquel de los frutos fue afectada por los niveles de fertilización aplicados.

#### Abstract

The annual fertilization program plays an important role in the management of the garden and its efficiency depend largely, production and fruit quality. A balanced fertilization consider the amount of nutrients available in the soil, including those used by the tree for their development and they are removed by the production of fruit, ensuring adequate supply of macro and micro elements. The objective of this research was to evaluate the effect of fertilization program on changes in the variables related to the maturation and fruit quality of mango 'Kent' from an experiment installed in a commercial orchard in Acaponeta, Nayarit, Mexico, where three levels of fertilization were applied (g tree<sup>-1</sup>): regular (381 de N, 367 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 296 de K<sub>2</sub>O, 296, 688 Ca, 84 Mg, Fe 14, 9 Mn, 5 Zn and 45 B), high (50% more of each element of the regular dose) and control (without fertilization). The fertilization affected the nutrient concentration of fruit. Differences were presented in profiles the total respiratory rate, firmness, soluble solids (TSS), citric acid, ascorbic acid and sugar/acid ratio also the presence of nitrogen in levels of regular and high fertilization increased the green hue of the background colour of the fruits. It was concluded that the quality and shelf life of fruits was affected by fertilization levels applied.

\* Recibido: noviembre de 2014  
Aceptado: abril de 2015

**Palabras clave:** *Mangifera indica*, color, contenido nutrimental, firmeza, intensidad respiratoria.

**Keywords:** *Mangifera indica*, colour, firmness, nutritional content, respiration rate.

## Introducción

En México la producción de mango supera los 1.5 millones de toneladas. El 89% de la superficie cultivada las proporcionan los estados de Sinaloa, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Michoacán, Veracruz y Oaxaca; alrededor de 80% de la producción es cosechada en los meses de abril a agosto (SIAP, 2013). Por su parte, el estado de Nayarit se ubicó en segundo lugar, en cuanto al volumen de producción, aportando cerca de 15% de la producción nacional (SIAP, 2013).

La calidad de los fruto de mango al momento de cosecha y en la madurez de consumo, depende en gran medida de la velocidad con la que ocurren los cambios bioquímicos, biofísicos y fisiológicos, durante el crecimiento y maduración. En la etapa de fructificación, los nutrimentos deben abastecerse al árbol en cantidad necesaria y en el momento oportuno, para favorecer la producción. El programa de fertilización es uno de los factores que incide directamente en la calidad de los frutos. Al respecto, en China Xiuchong *et al.* (2001), reportan que la aplicación por árbol de N (400 g), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (125 g), K<sub>2</sub>O (320 g), Mg (320-440 g) y S (80 g) aumentó el rendimiento y calidad del mango; por su parte, en la india Sharma *et al.* (2000), utilizaron cantidades 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 con lo que se mejoró la calidad de frutos de mango 'Dashehari'. En Nayarit, México, Vázquez *et al.* (2005) en mango 'Ataulfo' aplicaron el fertilizante 17N-17P-17K en cantidad de 100 g árbol<sup>-1</sup> en el primer año, 1 kg árbol<sup>-1</sup> en el segundo y tercer año, y 2 kg árbol<sup>-1</sup> en el octavo y noveno, obteniendo aceptables resultados en desarrollo general del árbol. Por otro lado, Quijada *et al.* (2009) con la aplicación de KNO<sub>3</sub> en concentración de 6% y 1% de tiosulfato de potasio para inducir la floración en mango 'Irwin' y 'Tommy Atkins', lograron incrementar el rendimiento del árbol.

Los estudios sobre nutrición del mango poco han contribuido a conocer el papel que juega cada elemento en los componentes que definen la calidad y comportamiento postcosecha de los frutos de mango. Sarker y Rahim (2013), reportan que con aplicaciones foliares de KNO<sub>3</sub> al 4%, se obtuvo el mayor número de frutos de mango 'Amrapali' por árbol; por su parte, Quijada *et al.* (2009) reportan un incremento en la concentración de SST con la

## Introduction

In Mexico mango production exceeds 1.5 million tonnes. 89% of the acreage are provided the states of Sinaloa, Chiapas, Guerrero, Nayarit, Michoacán, Veracruz and Oaxaca; about 80% of production is harvested in the months of April to August (SIAP, 2013). For its part, the state of Nayarit is ranked second in terms of production volume, contributing about 15% of domestic production (SIAP, 2013).

The quality of mango fruit at harvest maturity and consumption depends largely on the speed occurring biochemical, biophysical and physiological changes during the growth and maturation. In the fruiting stage, nutrients must be supplied to the tree in quantity and at the right time, to encourage production. The fertilization program is one of the factors that directly affects the quality of the fruit. In this regard, in China Xiuchong *et al.* (2001) reported that the application by tree N 400 g, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (125 g), K<sub>2</sub>O (320 g), Mg (320-440 g) y S (80 g) increased yield and quality of the handle; meanwhile, in Indian Sharma *et al.* (2000), used amounts of N (400-800 g), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (200-400 g) y K<sub>2</sub>O (300-600 g) per tree with that the quality of mango fruits 'Dashehari' improved. In Nayarit, Mexico, Vázquez *et al.* (2005) in mango 'Ataulfo' applied fertilizer 17N-17P-17K in amount of 100 g tree<sup>-1</sup> in the first year, 1 kg tree<sup>-1</sup> in the second and third years, and 2 kg tree<sup>-1</sup> the eighth and ninth, obtaining acceptable results overall development of the tree. On the other hand, Quijada *et al.* (2009) with the application of KNO<sub>3</sub> concentration of 6% and 1% potassium thiosulfate to induce flowering in mango 'Irwin' and 'Tommy Atkins', able to increase the yield of the tree.

Nutritional studies mango have done little to know the role of each element in the components that define the quality and postharvest behaviour of mango fruit. Sarker and Rahim (2013) reported that foliar applications of KNO<sub>3</sub> at 4%, obtained the highest number of mango fruit 'Amrapali' by tree; meanwhile, Quijada *et al.* (2009) reported an increase in the concentration of SST with foliar application of KNO<sub>3</sub> before flowering. Several researchers (Samra *et al.*, 1977; Guzmán *et al.*, 1997) mentioned that in mango, adequate nitrogen supply during the initial period of fruit growth

aplicación foliar de  $\text{KNO}_3$  antes de la floración. Diversos investigadores (Samra *et al.*, 1977; Guzmán *et al.*, 1997) mencionan que, en mango, el aporte adecuado de nitrógeno durante el periodo inicial de crecimiento del fruto, cuando la demanda de nutrientes es máxima, resulta en un aumento de la producción. Cárdenas *et al.* (2001), mencionan que la aplicación al suelo de sulfato de calcio ( $2 \text{ kg árbol}^{-1}$ ) en árboles de mango cv. Haden, contribuyó a mantener alta la firmeza de la pulpa durante siete días de exposición al ambiente. En investigaciones recientes se ha reportado que el Zn influye en la calidad de los frutos; en este sentido, Bhatt *et al.* (2012) observaron que la aplicación foliar de  $\text{ZnSO}_4$  (0.5%),  $\text{ZnCl}_2$  (0.3%), además del testigo, presentaron bajo contenido de SST al momento de cosecha y menor concentración de ácido ascórbico durante la maduración en frutos de mango 'Dashehari', comparado con los tratados con  $\text{CaCl}_2$  (1.2%),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0.5%) y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (1%).

Se ha reportado (Casero *et al.*, 2004) que diversos nutrientes son importantes en la actividad fisiológica relacionada con la maduración y conservación del fruto. En manzana 'Golden Reinders' (*Malus domestica* x Borkh.), 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 observaron efectos directos en la integridad de la lámina media, inhibiendo la actividad de las enzimas  $\alpha$ -L-arabinofuranosidasa, pectatoliasa,  $\beta$ -galactosidasa, que son importantes en la preservación de la firmeza después de la cosecha (Ortiz *et al.*, 2011). Por su parte, Singh *et al.* (1993), reportaron que la aplicación foliar de 1% y 2% de Ca en forma de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , así como Ca 0.6% y 1.2% en forma de  $\text{CaCl}_2$ , 20 y 10 días antes de la cosecha en mango 'Dashehari', retardaron la maduración; además, los frutos mostraron altos niveles de calcio en el mesocarpio y endocarpio con bajas pérdidas de peso y poca producción de  $\text{CO}_2$ .

Por su parte, Romero *et al.* (2006), observaron que la firmeza en frutos de mango 'Haden' fue mayor en frutos provenientes de huertos con aplicaciones foliares de Ca, ya que, este elemento se encuentra en la pared celular adherido a las 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.

El efecto de un programa de fertilización sobre la evolución de la maduración y calidad poscosecha de frutos de mango, puede ser desfavorable si no existe un balance adecuado de los elementos en los tejidos del fruto. En la investigación de Sharma y Sing (2009), identificaron que la deficiencia de

when nutrient demand is high, resulting in an increase in production. Cárdenas *et al.* (2001) mention that land application of calcium ( $2 \text{ kg tree}^{-1}$ ) mango trees cv sulfate. Haden, helped to maintain high pulp firmness during seven days of exposure to the environment. Recent research has reported that Zn influences the quality of the fruit; in this sense, Bhatt *et al.* (2012) found that foliar application of  $\text{ZnSO}_4$  (0.5%),  $\text{ZnCl}_2$  (0.3%), besides the control, had low TSS content at harvest and lower concentration of ascorbic acid during ripening in mango fruit 'Dashehari' compared to those treated with  $\text{CaCl}_2$  (1.2%),  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0.5%) and  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  (1%).

It has been reported (Casero *et al.*, 2004) that various nutrients are important in the physiological activity related to aging or conservation of the fruit. In apple 'Golden Reinders'. (*Malus x domestica* Borkh), application of 2%  $\text{CaCl}_2$  dip inhibited ethylene production in the first week after a refrigerated 19 and 36 weeks period; direct effects were also observed in the integrity of the middle lamella, the activity of inhibiting  $\alpha$ -L-arabinofuranosidase enzyme, pectate lyase,  $\beta$ -galactosidase, which are important in maintaining firmness after harvest (Ortiz *et al.*, 2011). Meanwhile, Singh *et al.* (1993) reported that the foliar application of 1% and 2% Ca in the form of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  and Ca 0.6% and 1.2% in the form of  $\text{CaCl}_2$ , 20 and 10 days before harvest in mango 'Dashehari' delayed maturation; moreover, the fruits showed high levels of calcium in the mesocarp and endocarp with low weight loss and low  $\text{CO}_2$  production.

For his part, Romero *et al.* (2006) observed that the strength in mango fruit 'Haden' was higher in fruits from orchards with foliar applications of Ca, since this element is found in the cell wall adhered pectins, where its most important function is to regulate the permeability of membranes and cell wall strengthening, therefore deficient in Ca tissues are usually mild.

The effect of a fertilization program on the evolution of ripening and postharvest fruit quality of mango, may be disadvantageous if there is no proper balance of elements in the fruit tissues. In investigating Sharma and Sing (2009) identified deficiency B and Ca in pulp relates to the development of the disorder "Fruitpitting" or chopped fruit, which affects up to 30.2% of the fruit skin of mango 'Dashehari'. For the development of soft tip (soft Nose) explained that due to the effect of low concentration of Ca in the affected area (Raymond *et al.*, 1998) and low levels of

B y Ca en la pulpa se relaciona con el desarrollo del desorden "Fruitpitting" o picado de la fruta, el cual afecta hasta 30.2% de la piel del fruto de mango 'Dashehari'. En el caso del desarrollo de punta blanda (soft nose) se ha explicado que se debe al efecto de la baja concentración de Ca en la zona afectada (Raymond *et al.*, 1998), así como bajos niveles de Ca y Mg en la pulpa de mango 'Kent' (Burdon *et al.*, 1991). Por otra parte, la excesiva fertilización nitrogenada en cvs. Keitt y Kent ocasionó poco desarrollo del color amarillo deseable en la epidermis y se observaron manchas verdosas cuando la concentración foliar de este elemento fue mayor a 1.2% (Mackenzie, 1993). Finalmente, se ha observado que las altas concentraciones de Ca y Mg y los valores bajos en la relación N/Ca y K/Ca en la pulpa y en la piel, previenen de la ocurrencia de desórdenes fisiológicos en mango 'Tommy Atkins' (Assis *et al.*, 2004).

Los objetivos de esta investigación fueron evaluar el efecto de tres tratamientos de fertilización aplicados al suelo, sobre el contenido nutrimental al momento de cosecha y los cambios en las variables relacionadas con la maduración y calidad de frutos de mango cv. Kent.

## Materiales y métodos

El experimento se desarrolló con base en el ciclo de producción 2010-2011, en un huerto comercial de mango 'Kent' ubicado en 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 media anual de 25.1 °C, máxima de 32.8 °C y mínima de 17.4 °C, con precipitación media anual de 1 311.1 mm. La edad de los árboles fue de 18 años, plantados a 10 m x 10 m. El manejo incluyó riego de auxilio después del amarre del fruto, control de malezas, poda de saneamiento después de la cosecha. El suelo del huerto tenía textura franco-arcillo-arenoso, con pH 5.7 y bajo contenido de materia orgánica.

Durante el ciclo de producción 2010, se aplicaron tres tratamientos de fertilización que se diseñaron con base al método de fertilización de sitio específico (Salazar y Lazcano, 2003), el cual, consideró la demanda nutrimental para producir 20 t ha<sup>-1</sup> de fruto, lo invertido por el árbol en la producción de biomasa, la aportación de nutrimentos por el árbol y suelo, el diagnóstico nutrimental foliar, así como la eficiencia del fertilizante y su aplicación. Los tratamientos (g árbol<sup>-1</sup>) aplicados fueron: normal (381 de N, 367 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

Ca and Mg in the pulp mango 'Kent' (Burdon *et al.*, 1991). Moreover, excessive nitrogen fertilization in cvs. 'Keitt' and 'Kent' caused little yellow desirable development in the epidermis and greenish spots were observed when the foliar concentration of this element was higher at 1.2% (Mackenzie, 1993). Finally, it has been found that high concentrations of Ca and Mg and low values in the N/Ca and K/Ca in pulp and skin, prevent the occurrence of physiological disorders in handle 'Tommy Atkins' (Assis *et al.*, 2004).

The objectives of this research were to evaluate the effect of three fertilization treatments applied to the soil, on the nutrient content at harvest and changes in the variables related to the maturation and quality of mango fruits cv. Kent.

## Materials and methods

The experiment was conducted based on the production cycle 2010-2011, in a commercial orchard of mango 'Kent' located in Buenavista, Municipality of Acaponeta, Nayarit, at 21° 27' 22" north latitude, 105° 27' 0.5" west longitude and 11 m. The climate is Aw (García, 1988), with an average annual temperature of 25.1 °C, 32.8 °C maximum and minimum of 17.4 °C, with annual rainfall of 1 311.1 mm. The age of the trees was 18 years old, planted a 10 m x 10 m. The management included supplemental irrigation after lashing the fruit, weed control, pruning sanitation after harvest. The garden soil was sandy loam-clay texture with pH 5.7 and low in organic matter.

During the production cycle 2010, three fertilization treatments were designed based on the method of site-specific fertilization (Salazar and Lazcano, 2003), which were applied, considered the nutrient demand to produce 20 t ha<sup>-1</sup> of fruit he invested by the tree biomass production, providing nutrients for the tree and soil, foliar nutrient diagnosis and fertilizer efficiency and its application. Treatments (g tree<sup>-1</sup>) applied were: regular 381 de N, 367 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 296 de K<sub>2</sub>O, 688 de Ca, 84 de Mg, 14 de Fe, 9 de Mn, 5 de Zn y 45 de B); high (50% more of each element of the regular dose); Control (no fertilization). Fertilizers were applied to the soil by hand in bands 50 cm wide at a depth between 15 and 20 cm and 1.5 m from the trunk, where the largest number of roots is located. For each treatment, 20 trees were used.

296 de K<sub>2</sub>O, 688 de Ca, 84 de Mg, 14 de Fe, 9 de Mn, 5 de Zn y 45 de B); alta (50% más de cada elemento de la dosis normal); control (sin fertilización). Los fertilizantes se aplicaron al suelo manualmente en bandas de 50 cm de ancho a una profundidad entre 15 y 20 cm y a 1.5 m del tronco, que es donde se localiza la mayor cantidad de raíces. Para cada tratamiento se utilizaron 20 árboles.

Para el estudio de los cambios relacionados con la maduración y calidad, se cosecharon frutos del ciclo de producción 2011 en madurez fisiológica según color de la pulpa (Secretaría de Economía, 2005). Del conjunto de árboles de cada tratamiento, se seleccionaron 10 de manera aleatoria y se cortaron 10 frutos de la sección media de la copa de cada árbol, para obtener un total de 300. El acondicionamiento de los frutos para el experimento se realizó en un periodo  $\leq 24$  h e incluyó el traslado al laboratorio, lavado en flujo de agua para eliminar látex e impurezas, y selección para homogeneizar por tamaño y grado de madurez. Posteriormente, con fines de maduración, los frutos se almacenaron a  $25 \pm 2$  °C y  $50 \pm 5\%$  de HR por 8 días, tiempo en el cual se realizaron las medidas de las variables de respuesta.

Al momento de cosecha en cinco muestras por tratamiento, se determinó la concentración nutrimental del fruto. De cada uno de estos se secaron por separado la cáscara, pulpa endocarpio y semilla utilizando una estufa de convección y posteriormente se molieron con ayuda de un molino eléctrico. Los elementos P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu se determinaron en el filtrado del extracto proveniente de la digestión de la muestra con una mezcla ácida de HNO<sub>3</sub> y HClO<sub>4</sub>, relación 2:1, respectivamente. La concentración de los elementos K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn se cuantificaron con ayuda de un espectrofotómetro de absorción atómica GBC<sup>®</sup>, modelo Savantaa y por colorimetría del complejo fosfo-vanadomolibdato se determinó la concentración de P de acuerdo con el método descrito por la AOAC (1980), realizando las lecturas respectivas a 470 nm en un espectrofotómetro Bausch & Lomb<sup>®</sup> modelo Spectronic 20.

La intensidad respiratoria se determinó de acuerdo con el método estático (Saltveit y Sharaf, 1992), para este procedimiento se usaron 5 frutos de cada tratamiento, los cuales, se colocaron en recipientes de volumen conocido y se cerraron herméticamente durante una hora. Con jeringa para gases, se tomó 1 mL de 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

To study the changes associated with ripening and quality fruit production cycle 2011 were harvested at physiological maturity as flesh colour (Ministry of Economy, 2005). The set of trees of each treatment, 10 were selected randomly and 10 fruits of the middle section of the crown of each tree cut, for a total of 300. The packaging of fruit for the experiment was conducted in a period  $\leq 24$  h and included the transfer to the laboratory, washed in water flow to remove latex and impurities, and selection to standardize by size and maturity. Subsequently, late ripening, fruits were stored at  $25 \pm 2$  °C and  $50 \pm 5\%$  RH for 8 days, at which time measures the response variables were performed.

At harvest time in five samples per treatment, nutrient concentration of the fruit was determined. Of each of these separately dried peel, pulp and seed endocarp using a convection oven and then ground using a power mill. The elements P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and Cu were determined in the filtrate of the extract from the digestion of the sample with an acid mixture of HNO<sub>3</sub> and HClO<sub>4</sub>, 2:1, respectively. The concentration of K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn elements were quantified using an atomic absorption spectrophotometer GBC<sup>®</sup>, Savantaa model and colorimetry vanadomolybdate complex phospho-P concentration was determined in accordance with the method described by the AOAC (1980), performing the respective readings at 470 nm in a Bausch & Lomb<sup>®</sup> Spectronic 20 model.

Respiration rate is determined according to the static method (Saltveit and Sharaf, 1992), this procedure for five fruit each treatment were used which were placed in containers of known volume and sealed for one hour. Syringe for gases, it took 1 ml air headspace and injected into a gas chromatograph Hewlett Packard Model 5990 Series II, equipped with a capillary column Poraplot Q. The isothermal conditions were 80 °C in the oven, 150 °C in the injector and 170 °C for thermal conductivity detector (TDC). A standard CO<sub>2</sub> (INFRA<sup>®</sup>) was injected in concentration 492  $\mu\text{L L}^{-1}$ . Data were expressed as mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

The pulp firmness was determined with a digital texturometer<sup>®</sup> brand Wagner Model VSF-30, with a maximum capacity of 30 lb and 0.01 lb graduation, provided with a conical pillar of 7 mm in diameter at the base by 7 mm high, the force required to penetrate the pulp

en el inyector y 170 °C para el detector de conductividad térmica (TDC). Se inyectó un estándar de CO<sub>2</sub> (INFRA®) en concentración de 492 µL L<sup>-1</sup>. Los datos se expresaron como mL de CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.

La firmeza en la pulpa se determinó con un texturómetro digital marca Wagner® Modelo FDV-30, con capacidad máxima de 30 lb y 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 necesaria para penetrar la pulpa previa eliminación de la piel, en la zona ecuatorial y en dos lados opuestos del fruto, los datos se reportaron en newtons (N).

Los SST se midieron por refractometría de acuerdo con el método propuesto por la AOAC (1990). Se utilizó un refractómetro digital Atago® Modelo PR-100; los resultados se expresaron como (%) SST previa corrección por acidez y temperatura. Por el método de la acidez titulable (AOAC, 1990), se determinó el contenido de ácido cítrico en la pulpa (g 100 g<sup>-1</sup>). Con los datos de SST y acidez titulable se calculó la relación azúcar/ácido. También, se midió la concentración de ácido ascórbico (vitamina C) aplicando el método del 2,6-diclorofenol indofenol (Solución de Tillman), descrito por la AOAC (1990), reportando los datos como mg 100 g<sup>-1</sup> de pulpa.

El color de la cáscara y pulpa se midió con un colorímetro de reflexión Hunter Lab D-25 PC2, aplicando la escala CIELab. Con base en los parámetros L\*, a\* y b\*, se calcularon el ángulo de tono [Hue= arcotan(b\*/a\*)], el índice de saturación [S=(a\*<sup>2</sup>+b\*<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>] y la luminosidad (L), de acuerdo con lo establecido por McGuire (1992).

La intensidad respiratoria, las pérdidas de peso y el color de la piel se midieron diariamente en seis frutos por tratamiento. Los valores de firmeza, SST, ácido cítrico, RAA, ácido ascórbico y color de la pulpa se cuantificaron cada tercer día utilizando tres frutos por tratamiento.

El análisis estadístico de la concentración nutrimental del fruto se hizo por medio de un diseño experimental completamente al azar, el análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Duncan, α= 0.05) se llevó a cabo considerando un fruto como unidad experimental. 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 (α= 0.01) para detectar diferencias significativas entre tratamientos; también se consideró como unidad experimental un fruto. En ambos casos se utilizó el paquete estadístico SAS® 9.0.

after removal of the skin, in the equatorial zone and in two opposite sides of the fruit, the data is reported in newtons (N) measured.

The SST were measured by refractometry in accordance with the AOAC (1990) method. A digital refractometer Atago® PR-100 Model was used; results were expressed as (%) after correction for SST acidity and temperature. By the method of titratable acidity (AOAC, 1990), the citric acid content in the pulp (100 g g<sup>-1</sup>) was determined. With data from TSS and acidity sugar/acid ratio was calculated. Also, the concentration of ascorbic acid (vitamin C) was measured using the method of 2,6-dichlorophenol indophenol (Solution Tillman), described by the AOAC (1990), reporting the data as mg 100 g<sup>-1</sup> of pulp.

The colour of the peel and pulp was measured with a Hunter Lab colorimeter reflection D-25 PC2, using the CIELab scale. Based on the L\*, a\* and b\*, the hue angle were calculated [Hue= arcotan (b\*/a\*)], the rate of saturation [S=(a\*<sup>2</sup>+b\*<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>] and luminosity (L) in accordance with the provisions of McGuire (1992).

Respiration rate, weight loss and skin colour were measured daily in six fruits per treatment. The values of firmness, TSS, citric acid, RAA, ascorbic acid and pulp colour were measured every other day using three fruits per treatment.

Statistical analysis of the nutrient concentration of the fruit is made by a completely randomized experimental design, analysis of variance and means comparison test (Duncan, α= 0.05) was performed considering a fruit as an experimental unit. For all other variables a longitudinal data analysis, where the profiles or curves generated were compared and Bonferroni adjustment (α= 0.01) was used to detect significant differences between treatments were made; was also considered as a fruit experimental unit. SAS® 9.0 statistical package was used in both cases.

## Results and discussion

### Nutrient concentration

Statistical analysis of the data with respect to the nutrient concentration, met the criterion of homogeneous variances and symmetrical distribution. Fertilization level affected

## Resultados y discusión

### Concentración nutrimental

El análisis estadístico de los datos, respecto a la concentración nutrimental, cumplió el criterio de varianzas homogéneas y distribución simétrica. El nivel de fertilización afectó la concentración de P, K, Ca, Fe, Mn y la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$ , no así los elementos Mg, Cu y Zn. Las concentraciones más altas de P, K, Ca y de la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  se alcanzaron con el nivel de fertilización Alta; para Fe y Mn, los mayores concentraciones se obtuvieron con el nivel de fertilización Normal (Cuadro 1). Estos resultados ponen de manifiesto las diferencias que se obtienen en la absorción y distribución de nutrientes hacia el fruto, en este caso debido a los niveles aplicados; asimismo, no en todos los casos se tuvo como respuesta que, con una mayor cantidad de un elemento aplicado se incrementara su concentración en el fruto. Al respecto, Romero *et al.* (2006), no encontró diferencias estadísticas en los contenidos de N, K, Ca, Mg y de la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$  en frutos de mango cultivar Haden, cuando se realizaron aplicaciones al follaje de 0, 5, 10, 15 y 20 g L<sup>-1</sup> de calcio. No obstante lo anterior, de acuerdo con Calu *et al.* (2009) resulta importante entender las interacciones entre el contenido y distribución de nutrientes en el fruto con su comportamiento fisiológico poscosecha.

the concentration of P, K, Ca, Fe, Mn and the ratio  $(K+Mg)Ca^{-1}$ , not the Mg, Cu and Zn elements. The highest concentrations of P, K, Ca and relation  $(K+Mg)Ca^{-1}$  were achieved with high fertilization level; for Fe and Mn, higher concentrations were obtained with Normal fertilization level (Table 1). These results highlight the differences obtained in the absorption and distribution of nutrients to the fruit, in this case due to the applied levels; also not in all cases was to answer that with a larger amount of an applied element concentration was increased in the fruit. In this regard, Romero *et al.* (2006) found no statistical differences in the contents of N, K, Ca, Mg and relation  $(K+Mg)Ca^{-1}$  cultivar Haden mango fruit, when applications were made to foliage of 0, 5, 10, 15 and 20 g L<sup>-1</sup> calcium. Nevertheless, according to Calu *et al.* (2009) it is important to understand the interactions between content and distribution of nutrients in the fruit with postharvest physiological behaviour.

### Respiratory rate

Based on the results of respiratory activity, we observed that fruits of the three levels of applied fertilization presented at  $25 \pm 2$  °C, a climacteric pattern with up to fifth day after harvest (Figure 1A); in other studies Mango 'Kent' harvested in San Blas, Nayarit, Zamora *et al.* (2004) reported the occurrence of the maximum climacteric the sixth day of

**Cuadro 1. Composición nutrimental al momento de cosecha en frutos de mango 'Kent' tratados con tres niveles de fertilización al árbol.**

**Table 1. Nutrient composition at harvest in mango fruit 'Kent' treated with three levels of fertilization the tree.**

Tratamiento	mg g <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>				
	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	$(K+Mg)Ca^{-1}$
Alta	1.06a <sup>y</sup>	6.71a	9.03a	2.92a	70.2 b	10.1a	205.8b	8.95a	3.76a
Normal	0.88b	4.32b	7.93b	2.97a	102.7a	11.6a	937.9a	9.67a	3.53ab
Control	0.96b	3.28c	8.68ab	3.04a	66.8 b	11.3a	237.0b	10.2a	3.15b
CV	8.6	13.6	12.1	13.3	18.3	20.1	7.6	15.6	11

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

### Intensidad respiratoria

Con base en los resultados de la actividad respiratoria, se observó que frutos de los tres niveles de fertilización aplicados presentaron, a  $25 \pm 2$  °C, un patrón climatérico con un máximo al quinto día después de cosecha (Figura 1A); en otros estudios en Mango 'Kent' cosechado en San Blas, Nayarit, Zamora *et al.* (2004) reportan la aparición

storage at  $27 \pm 2$  °C. According to the profiles obtained (Figure 1), the respiratory rate was significantly lower in fruits with high fertilization level and control; however, a consistent response among respiratory activity and nutrient content of the fruits, specifically calcium, which, according to Lester (1995), a high content of mango fruit cv. Haden was observed, manifested in lower respiratory intensity; also, Romero *et al.* (2006) reported a lower respiration during

del máximo climatérico al sexto día de almacenamiento a  $27 \pm 2$  °C. De acuerdo con los perfiles obtenidos (Figura 1), la intensidad respiratoria fue significativamente menor en los frutos con nivel de fertilización alta y control; sin embargo, no se observó una respuesta consistente entre la actividad respiratoria y el contenido nutrimental de los frutos, específicamente calcio, el cual, de acuerdo con Lester (1995), un alto contenido en frutos de mango cv. Haden se manifestó en una menor intensidad respiratoria; asimismo, Romero *et al.* (2006), han reportado una menor respiración durante la maduración en mango ‘Haden’, como respuesta a la aplicación foliar de Ca ( $20 \text{ g L}^{-1}$ ). Los resultados obtenidos, ponen de manifiesto la dificultad de adjudicar a un solo nutriente una interacción con toda la actividad fisiológica relacionada con el proceso de maduración de los frutos.

### Firmeza

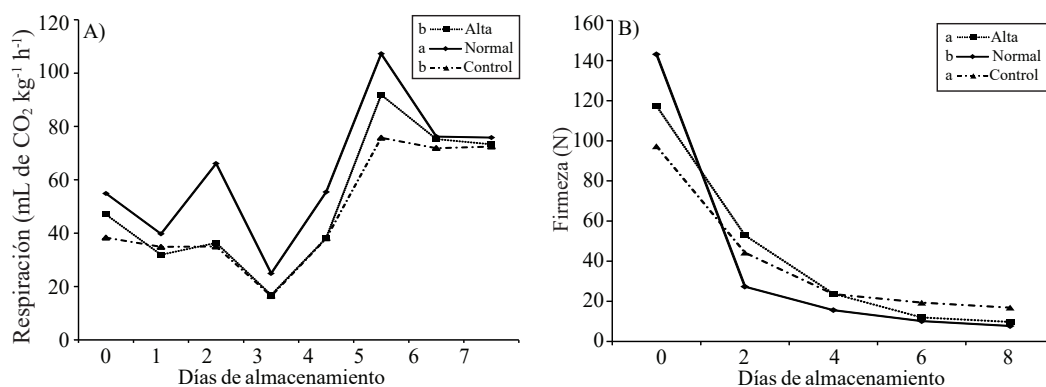
El perfil de firmeza de la pulpa durante el proceso de maduración, mostró que los frutos con los niveles de fertilización alta y control retardaron de manera significativa la disminución de esta variable, respecto al nivel normal (Figura 1B). En este sentido, no obstante que al momento de cosecha los frutos con nivel de fertilización normal partieron con mayor firmeza, tras dos y cuatro días de almacenamiento los correspondientes a los otros dos niveles fueron superiores en esta variable; de esta manera, a los cuatro días de exposición a  $25 \pm 2$  °C, los frutos del nivel normal presentaron una firmeza de 15.6 N, en tanto que en los otros dos fue de 23.8 N, permaneciendo mayor la firmeza de los frutos nivel de fertilización control (19.3 N) tras 6-8 días a la misma temperatura.

ripening in mango ‘Haden’ response to foliar application of Ca ( $20 \text{ g L}^{-1}$ ). The results demonstrated the difficulty of allocating a single nutrient interaction with all the physiological activity related to the ripening of the fruit.

### Firmness

Profile pulp firmness during ripening fruits showed that high levels of fertilization and control significantly retarded declining this variable, from the regular level (Figure 1B). In this regard, however, that at harvest the fruits level of regular fertilization left firmer, after two and four days of storage corresponding to the other two levels were higher in this variable; thus, within four days of exposure to  $25 \pm 2$  °C, the fruits of the regular level showed a firmness of 15.6 N, while the other two was 23.8 N, the largest remaining fruit firmness level of Control fertilization (19.3 N) after 6-8 days at the same temperature.

It should be noted that according to Siller *et al.* (2009) in mango ‘Kent’ acceptable pulp firmness consumer maturity, most respiratory intensity is at 19.6-25.5 N., indicative of high metabolic activity, can explain the higher loss of firmness of the fruits with regular fertilization level, which according to Yashoda *et al.* (2007), is due to increased activity of the group of related changes in firmness enzymes, which occurs gradually as the climacteric rise progresses; also Cárdenas *et al.* (2012) mention that the softening process in mango fruit ‘Kent’ is differentially associated with the degradation of the polysaccharides of the middle lamella and primary cell wall. In this study a consistent interaction between the concentration of nutrients and loss of firmness of the fruit was observed evaluated.



**Figura 1. Cambios en la intensidad respiratoria (A) y firmeza de la pulpa (B) durante la maduración a  $25 \pm 2$  °C de frutos de mango ‘Kent’ con tres niveles de fertilización al árbol. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0.01$ ).**

**Figure 1. Changes in respiratory rate (A) and flesh firmness (B) during ripening at  $25 \pm 2$  °C of mango fruit ‘Kent’ with three levels of fertilization the tree. Treatments with the same letter are not statistically different ( $\alpha = 0.01$ ).**



Es de señalar que de acuerdo con Siller *et al.* (2009), en mango 'Kent' una firmeza de pulpa aceptable a la madurez de consumo se ubica en 19.6-25.5 N. La mayor intensidad respiratoria, indicativa de alta actividad metabólica, permite explicar la mayor pérdida de firmeza en los frutos con nivel de fertilización normal, lo que de acuerdo con Yashoda *et al.* (2007), se debe al aumento de la actividad del grupo de enzimas relacionadas con los cambios en firmeza, la cual se presenta gradualmente conforme avanza la elevación climática; asimismo, Cárdenas *et al.* (2012) mencionan que el proceso de ablandamiento en frutos de mango 'Kent' se encuentra diferencialmente asociado con la degradación de los polisacáridos de la lámina media y de la pared celular primaria. En este estudio no se observó alguna interacción consistente entre la concentración de los nutrientes y la pérdida de firmeza de los frutos evaluados.

### Sólidos solubles totales (SST)

Con relación a esta variable, los perfiles obtenidos con el análisis longitudinal de los datos, se observó una acumulación significativamente mayor con el nivel de fertilización normal, respecto al nivel control (Figura 2A). Si bien, se ha reportado (Header y Mengel, 1972; Doman y Geiger, 1979) que K promueve la translocación de fotosintatos en la planta y por consiguiente su acumulación en los frutos; además, de que la aplicación foliar de  $\text{KNO}_3$  antes de floración (Quijada *et al.*, 2009) o de urea (Sarker y Rahim, 2013) favorecen el incremento de SST en frutos de mango, en este estudio no se detectó interacción alguna entre la concentración de K al momento de cosecha y la acumulación de SST en la pulpa. Lo anterior permite asumir que el perfil más alto de acumulación de SST de los frutos con nivel de fertilización normal, se debió a la mayor actividad de las enzimas relacionadas con la hidrólisis de almidón, estando por consiguiente involucrada la mayor intensidad respiratoria presentada por estos frutos.

### Concentración de ácido cítrico

De acuerdo con la Figura 2B, los perfiles del contenido de ácido cítrico de los tres niveles de fertilización aplicados, fueron significativamente diferentes y con tendencia a la disminución. Al momento de cosecha, los frutos con nivel de fertilización control y alta mostraron la mayor concentración de ácido cítrico, no obstante, durante la maduración su disminución fue más acelerada respecto al nivel normal, principalmente durante los primeros cuatro días de almacenamiento; los frutos de los tres niveles de

### Total soluble solids (TSS)

Regarding this variable, the profiles obtained with the longitudinal analysis of the data, a significantly greater accumulation was observed with the level of regular fertilization, compared to control level (Figure 2A). While it has been reported (Header and Mengel, 1972; Doman and Geiger, 1979) that promotes K photosynthate translocation into the plant and consequently their accumulation in fruits; further that foliar application of  $\text{KNO}_3$  before flowering (Quijada *et al.*, 2009) or urea (Sarker and Rahim, 2013) favour the increase of SST in mango fruit, in this study no interaction was detected between K concentration at harvest and the accumulation of SST in the pulp. This allows us to assume that the highest profile accumulation of SST fruit with Normal fertilization level was due to increased activity related to starch hydrolysis enzymes, most respiratory intensity presented thus being involved for these fruits.

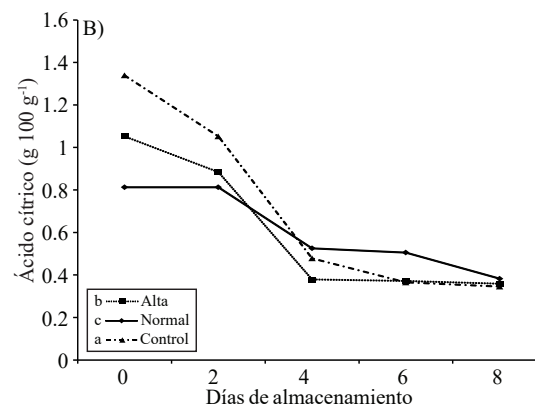
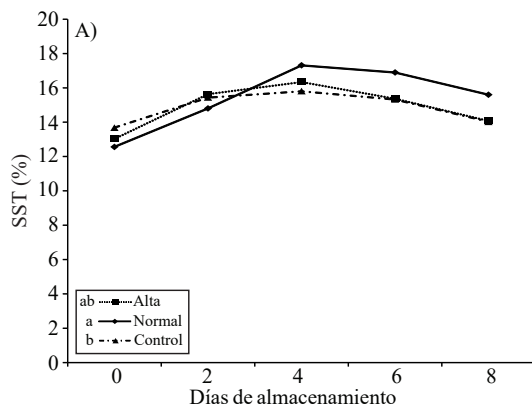
### Citric acid concentration

According to Figure 2B, the profiles of the citric acid content of the three levels applied fertilization were significantly different and decreasing trend. Upon harvest, the fruits with fertilization level control and high showed the highest concentration of citric acid, however, during ripening its decrease was more rapid than the regular level, mainly during the first four days of storage; the fruits of the three fertilizer levels showed the same levels of citric acid ( $0.37 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) after eight days of storage. It has been reported (Lobit *et al.*, 2006) that lower K content in tissues is associated with increased acidity lower pH values, answer only holds in the fruits with fertilization level control. Furthermore, Romero *et al.* (2006) found that applications increased Ca content of citric acid in mango fruit 'Haden'; the results of the Ca concentration at harvest help explain the contents of citric acid at harvest, but not changes in the concentrations of this variable during ripening, which, according to Kader (2008), depends their participation as a respiratory substrate and interconversion into other compounds.

### Sugar/acid ratio (RAA)

The RAA increased during storage of fruits with statistically significant differences between the profiles of the three treatments (Figure 3A); this increase was consistent in the first six days of ripening, after which it decreased the eighth day, these being dependent changes in the evolution of SST and content of citric acid obtained. Statistically, the profiles of the high-level treatment fertilization and control showed

fertilización presentaron el mismo contenido de ácido cítrico ( $0.37 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) después de ocho días de almacenamiento. Se ha reportado (Lobit *et al.*, 2006) que menores contenidos de K en tejidos se relaciona con mayor acidez menores valores de pH, respuesta que únicamente se cumple en los frutos con nivel de fertilización control. Por otro lado, Romero *et al.* (2006) encontraron que aplicaciones de Ca aumentaron el contenido de ácido cítrico en frutos de mango 'Haden'; los resultados obtenidos de la concentración de Ca al momento de cosecha permiten explicar los contenidos de ácido cítrico al momento de cosecha, pero no los cambios en las concentraciones de esta variable durante la maduración, lo cual, de acuerdo con Kader (2008), depende de su participación como sustrato respiratorio y interconversión en otros compuestos.



**Figura 2. Cambios en el contenido de SST (A) y ácido cítrico (B) durante en la maduración  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  de frutos de mango 'Kent' con tres niveles de fertilización al árbol.** Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0.01$ ).

**Figure 2. Changes in the content of SST (A) and citric acid (B) during maturation  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  of mango fruit 'Kent' with three levels of fertilization the tree.** Treatments with the same letter are not statistically different ( $\alpha = 0.01$ ).

### Relación azúcar/ácido (RAA)

La RAA aumentó durante el almacenamiento de los frutos con diferencias estadísticas significativas entre los perfiles de los tres tratamientos (Figura 3A); este aumento fue consistente en los primeros seis días de maduración, tras de lo cual disminuyó al octavo día, siendo estos cambios dependientes de la evolución de los SST y del contenido de ácido cítrico obtenidos. Estadísticamente, los perfiles de los tratamientos con nivel de fertilización alta y control mostraron la RAA más alta, no observándose ninguna interacción consistente entre esta variable y la concentración de nutrientes, así como la relación  $(\text{K}+\text{Mg}) \text{ Ca}^{-1}$ , al momento de cosecha. Se ha reportado (Romero *et al.*, 2006), que aplicaciones de Ca ( $20 \text{ g L}^{-1}$ ) vía foliar en precosecha favorecen la disminución de la de  $^\circ\text{Brix}/\text{acidez}$  durante la maduración de frutos de mango 'Haden'; sin embargo, esta respuesta fue atribuida más a un retardo en la maduración que a una efecto directo de Ca en el metabolismo de ambas variables.

the highest RAA not observed no consistent interaction between this variable and nutrient concentrations and the ratio  $(\text{K}+\text{Mg}) \text{ Ca}^{-1}$ , when harvest. It has been reported (Romero *et al.*, 2006), which applications Ca ( $20 \text{ g L}^{-1}$ ) preharvest foliar favour the decrease of  $^\circ\text{Brix}/\text{acid}$  during ripening of mango fruit 'Haden'; however, this response was attributed more to a delay in the maturation than a direct effect of Ca in the metabolism of both variables.

### Ascorbic acid (vitamin C)

According to the profile of each fertilization treatment, the ascorbic acid concentration decreased during storage significant differences (Figure 3B), this being more rapid

decline in fruit level of regular fertilization, while the control level held the highest concentration of this vitamin. In this regard, Lee and Kader (2000) mentioned that during ripening effect for oxidation, the content of ascorbic acid in mango fruit tends to decrease to form dehydroascorbic acid; losses of 60% in the concentration of ascorbic acid have been reported by Luna *et al.* (2006) in mango 'Ataulfo'. It has been noted (Sarker and Rahim, 2013) that foliar application of  $\text{KNO}_3$  to 4% in mango 'Amrapali' favoured the synthesis of ascorbic acid, which explains the higher content of this vitamin in fruits level high regular fertilization which had the highest K content at harvest; however, no relationship between nutrients evaluated and changes the content of vitamin C during ripening was observed.

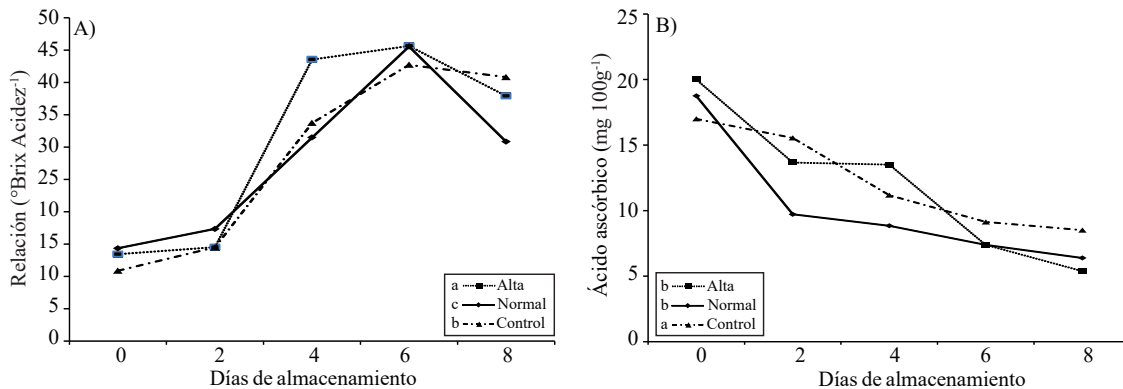
### Flesh colour

As for the colour of the flesh, no significant differences were observed in the profile of the three levels of fertilization in the hue angle (or hue) and light (L), which decreased

### Ácido ascórbico (vitamina C)

De acuerdo con el perfil de cada tratamiento de fertilización, la concentración de ácido ascórbico disminuyó con diferencias significativas durante el almacenamiento (Figura 3B), siendo esta disminución más acelerada en los frutos con nivel de fertilización normal, en tanto que los del nivel control mantuvieron la mayor concentración de esta vitamina. Al respecto, Lee y Kader, (2000) mencionan que durante la maduración, por un efecto de oxidación, el contenido de ácido ascórbico en frutos de mango tiende a disminuir para formar ácido dehidroascórbico; pérdidas de 60% en la concentración de ácido ascórbico han sido reportadas por Luna et al. (2006) en mango 'Ataulfo'. Se ha señalado (Sarker y Rahim, 2013) que la aplicación foliar de  $KNO_3$  al 4%, en mango 'Amrapali' favoreció la síntesis de ácido ascórbico, lo que explica el mayor contenido de esta vitamina en los frutos con nivel de fertilización alta normal los cuales presentaron el mayor contenido de K al momento de cosecha; sin embargo, no se observó ninguna relación entre los nutrientes evaluados y los cambios el contenido de vitamina C durante la maduración.

during maturation (data not included). Upon harvest, the fruits showed an angle of pitch of 93.7 or 96.2 or 90.1° and for levels of regular, high and control, respectively fertilization, decreasing to 65.5 or 67.5 or 72.2° and in the same order at the end of the storage period, resulting colour change indicative of pulp from yellow hue Slight to severe yellow during ripening; noted (Mercadante *et al.*, 1997), which in mango fruit change in flesh colour is associated with increased synthesis of carotenoids, especially  $\beta$ -carotene, important precursors of vitamin A. In addition, the harvest time brightness values recorded 72.7, 73.4 and 70.2 for the level of regular, high fertilization and control, and decreased the eighth day up to 52.7, 55.2 and 57.7 in the same order (data not shown), whereby the pulp acquired the yellow-bright colour characteristic of mature consumer. In mango pulp 'Kent', Siller *et al.* (2009) report values of hue angle of  $83^\circ \pm 3^\circ$  and luminosity of  $70^\circ \pm 3.3^\circ$  at physiological maturity and  $79^\circ \pm 3.3^\circ$  and  $64^\circ \pm 3.8^\circ$  respectively consumption at maturity; above, it is indicative that the colour of the fruit pulp, was not affected by fertilization levels applied.



**Figura 3. Cambios en la relación azúcar/ácido (A) y de la concentración de ácido ascórbico (B) durante la maduración a  $25 \pm 2^\circ C$  de frutos de mango 'Kent' con tres niveles de fertilización al árbol. Tratamientos con letras iguales no son estadísticamente diferentes ( $\alpha = 0.01$ ).**

**Figure 3. Changes in the sugar/acid ratio (A) and concentration of ascorbic acid (B) during ripening at  $25 \pm 2^\circ C$  of mango fruit 'Kent' with three levels of fertilization the tree. Treatments with the same letter are not statistically different ( $\alpha = 0.01$ ).**

### Color de la pulpa

En cuanto al color de la pulpa, no se observaron diferencias significativas en el perfil de los tres niveles de fertilización en el ángulo de tono (°hue) y la luminosidad (L), los cuales disminuyeron durante la maduración (datos no incluidos). Al momento de cosecha, los frutos presentaron un ángulo de tono de 93.7°, 96.2° y 90.1° para los niveles de fertilización normal, alta y control, respectivamente, disminuyendo hasta 65.5°, 67.5° y 72.2°, en el mismo orden, al final del periodo de almacenamiento, lo cual resultó indicativo del cambio

### Shell colour

The shell colour profiles showed no significant differences in the evolution of the variables hue, saturation or chroma index and luminosity during maturation (data not included); however, the eighth day of the period evaluated handles regular and high levels had a higher hue angle ( $109^\circ$ ) relative to the control level ( $93^\circ$ ), presenting the first greener hue in colour background allowing the colour coverage of the fruits treated with fertilization level outstanding control outside and therefore the fruits with more yellow appearance. It

de color de la pulpa desde tonalidad amarillo-ligero hasta amarillo intenso durante la maduración; se ha señalado (Mercadante *et al.*, 1997), que en frutos de mango el cambio en color de la pulpa está asociado al aumento de la síntesis de carotenoides, principalmente  $\beta$ -carotenos, importantes precursores de vitamina A. Por otro lado, al momento de cosecha la luminosidad registró valores de 72.7, 73.4 y 70.2 correspondientes al nivel de fertilización normal, alta y control, y disminuyó al octavo día hasta 52.7, 55.2 y 57.7 en el mismo orden (datos no incluidos), con lo cual la pulpa adquirió el color amarillo-brillante propio de la madurez de consumo. En pulpa de mango 'Kent', Siller *et al.* (2009) reportan valores de ángulo de tono de  $83^{\circ} \pm 3^{\circ}$  y luminosidad de  $70 \pm 3.3$  en la madurez fisiológica y de  $79^{\circ} \pm 3.3^{\circ}$  y  $64 \pm 3.8$ , respectivamente, en la madurez de consumo; lo anterior, resulta indicativo de que el color de la pulpa de los frutos, no fue afectado por los niveles de fertilización aplicados.

### Color de la cáscara

Los perfiles del color de cáscara no presentaron diferencias significativas en la evolución de las variables ángulo de tono, índice de saturación o croma y luminosidad durante la maduración (datos no incluidos); sin embargo, al octavo día del periodo evaluado los mangos de los niveles normal y alta presentaron un mayor ángulo de tono ( $109^{\circ}$ ) con respecto al nivel control ( $93^{\circ}$ ), presentando los primeros una tonalidad más verde en el color de fondo, lo que permitió que el color de cubrimiento de los frutos tratados con el nivel de fertilización control fuera más sobresaliente y por tanto los frutos con apariencia más amarilla. Es de señalar que, a diferencia del nivel control, el tratamiento de fertilización de los niveles normal y alta incluyó la aplicación de nitrógeno, lo cual favoreció un aumento en la tonalidad verde del color de fondo. En este sentido, se ha señalado (McKenzie, 1993) que en cultivares como 'Keitt' y 'Kent', la aplicación excesiva de nitrógeno, limita la evolución del color externo de los frutos hasta el color característico del cultivar en la madurez de consumo.

### Conclusiones

La distribución de nutrimentos obtenida en los frutos de mango 'Kent' en los tres niveles de fertilización aplicados, presentó un orden de  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn}$ . Los

should be noted that, unlike the control level fertilization treatment of regular and high levels included nitrogen application, which favoured an increase in the green hue of the background colour. In this regard, noted (McKenzie, 1993) than in cultivars such as 'Keitt' and 'Kent' excessive nitrogen application limits the evolution of the external colour of the fruit to the characteristic colour of cultivating consumption maturity.

### Conclusions

The distribution of nutrients obtained from the fruits of mango 'Kent' at the three levels of applied fertilizer, presented an order of  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn}$ . The harvested fruits treated with high fertilization level, had the highest concentration of P, K, Ca, and the ratio  $(\text{K} + \text{Mg}) / \text{Ca}^{-1}$ ; corresponding to Normal fertilization level were higher in Fe and Mg.

No consistent relationship between nutrient concentration at harvest and changes in the variables evaluated during ripening were observed.

The fruits of trees with regular fertilization level, had the highest respiratory rate, decreased firmness and faster concentration of ascorbic acid and the lower the sugar/acid ratio due to a smaller loss of the content of citric acid. Based on the values of firmness and shelf life of these fruits was the shortest.

High level provided fertilization intensity fruits with mild respiratory, decreased strength and slower ascorbic acid also increased sugar/acid ratio due to a lower content of citric acid. Its shelf life was longer than regular.

The fruits from trees with controlling fertilization level had the lowest respiratory rate, loss of firmness and content of ascorbic acid less accelerated and more sugar/acid ratio. These fruits showed a longer shelf life.

Treatments with regular and high levels of fertilization, favoured an increase in the green hue of the background colour of the fruit; the control of fertilization level had higher characteristic yellow colour of the fruits of this cultivar.

*End of the English version*



frutos cosechados tratados con nivel de fertilización Alta, presentaron la mayor concentración de P, K, Ca, así como de la relación  $(K+Mg)Ca^{-1}$ ; los correspondientes al nivel de fertilización Normal fueron los más altos en Fe y Mg.

No se observaron relaciones consistentes entre la concentración de nutrientes al momento de cosecha y los cambios en las variables evaluadas durante la maduración.

Los frutos de árboles con nivel de fertilización normal, presentaron la mayor intensidad respiratoria, disminución de firmeza y concentración de ácido ascórbico más acelerada, así como la menor relación azúcar/ácido debido a una menor pérdida del contenido de ácido cítrico. Con base en los valores de firmeza, la vida de anaquel de estos frutos fue la más corta.

El nivel de fertilización alta proporcionó frutos con menor intensidad respiratoria, disminución de firmeza y ácido ascórbico más lenta, además de mayor relación azúcar/ácido debido a un menor contenido de ácido cítrico. Su vida de anaquel fue mayor que los de nivel normal.

Los frutos provenientes de árboles con nivel de fertilización control presentaron la menor intensidad respiratoria, pérdidas de firmeza y del contenido de ácido ascórbico menos aceleradas, así como mayor relación azúcar/ácido. Estos frutos presentaron la mayor vida de anaquel.

Los tratamientos con los niveles de fertilización normal y alta, favorecieron el incremento de la tonalidad verde del color de fondo de los frutos; los del nivel de fertilización control presentaron mayor tonalidad amarilla característica de los frutos de este cultivar.

## Literatura citada

- Assis, J. S. de; Silva, D. J. y Morales, P. L. D. de. 2004. Nutritional balance and physiological disorders in mango "Tommy Atkins". Rev. Bras. Frutic. 26(2):326-329.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1980. Official methods of analysis of the association chemists. Horwitz, W. (Ed.). AOAC. 13<sup>a</sup>. (Ed.). George Banta Company, Inc. Wisconsin, USA. 1018 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. Helrich, K. (Ed.). 15<sup>th</sup> (Ed.). 2000 Wilson Blvd. Arlington, Virginia 22201. USA. 2:1298 p.
- Bhatt, A.; Mishra, N. K.; Misra, D. S. and Singh, C. P. 2012. Foliar application of potassium, calcium, zinc and boron enhanced yield, quality and shelf life of mango. HortFlora Research Spectrum. 1(4):300-305.
- Burdon, J. N.; Moore, K. G. and Wainwright, H. 1991. Mineral distribution in mango fruit susceptible to the physiological disorder soft-nose. Scientia Hort. 48(3):329-336.
- Calu, M.; Bonciu, C. and Tofan I. 2009. Mineral content of apples stored in refrigeration conditions and controlled atmosphere conditions respectively for 6 months. J. Agroalim. Processes Technol. 15(2):245-248.
- Cárdenas, C. W. G.; Velez R., R. de la; Siller, C. J. H.; Osuna, E. T.; Muy, R. M. D. y Sañudo, B. J. A. 2012. Cambios en la composición de almidón, pectinas y hemicelulosas durante la maduración de mango (*Mangifera indica* cv. Kent). Rev. Chapingo Hort. 18(1):5-19.
- Cárdenas, K.; Manzano, J. E. y Rojas, E. 2001. Efectos de la fertilización con calcio sobre el comportamiento poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) 'Haden' y control de maduración con aplicaciones de etileno. Rev. Iberoam. Tecnol. Posc. 4:24-29.
- Casero, T.; Benavides, A.; Puy, J. and Recasens, I. 2004. Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in 'Golden Smoothee' apples using multivariate regression techniques. J. Plant Nutr. 27:313-324.
- Doman, D. and Geiger, D. 1979. Effect of exogenously supplied foliar potassium on phloem loading in Beta vulgaris L. Plant Physiol. 64:528-533.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Köppen. 2<sup>a</sup> (Ed.). Larios. México. 22-27 pp.
- Guzmán, E. C.; Mosqueda, V. R. and Alcalde, B. S. 1997. Content and extraction of several nutrients by mango fruits of Manila cultivar. Acta Hort. 455:465-471.
- Header, H. E. and Mengel, K. 1972. Translocation and respiration of assimilates in tomato plants as influenced by K nutrition. ZPflanzener Bodenkd. 131:139-148.
- Kader, A. A. 2008. Perspective flavor quality of fruits and vegetables. J. Sci. Food Agric. 88:1863-1868.
- Lee, S. K. and Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Post. Biol. Technol. 20:207-220.
- Lester, G. 1995. Regulation of muskmelon fruit senescence by calcium. Acta Hort. 398:41-45.
- Lobit, P.; Genard, M.; Soing, P. and Habib, R. 2006. Modelling malic acid accumulation in fruits: relationships with organic acids, potassium, and temperature. J. Exp. Bot. 57(6):1471-1483.
- Luna, E. G.; Arévalo, G. Ma. L.; Anaya, G. S.; Villegas, M. A.; Acosta, R. M. y Leyva, R. G. 2006. Calidad de mango 'Ataulfo' sometido a tratamiento hidrotérmico. Rev. Fitotec. Mex. 29(2):123-128.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience. 27:1254-1255.
- 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.
- Mercadante, A. Z.; Rodríguez, A. D. B. and Britton, G. 1997. HPLC and mass spectrometric analysis of carotenoids from mango. J. Agric. Food Chem. 45:120-123.

- Ortiz, A.; Graell, J. and Lara, I. 2011. Cell wall-modifying enzymes and firmness loss in ripening 'Golden Reinders' apples: A comparison between calcium dips and ULO storage. *Food Chem.* 128 (4):1072-1079.
- Quijada, O.; Herrero, B.; González, R.; Casanova, A.; Castellano, G. y Camacho, R. 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. *Rev. Iberoam. Tecnol. Postc.* 9 (2):121-130.
- Raymond, L.; Schaffer, B.; Brecht, J. K. and Crane, J. H. 1998. Internal breakdown in mango fruit: symptomology and histology of jelly seed, soft nose and stem-end cavity. *Post. Biol. Technol.* 13(1):59-70.
- Romero, G. N.; Sánchez, G. P.; Rodríguez, A. J. y Saucedo, V. C. 2006. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv Haden. *Agric. Téc. Méx.* 32:5-15.
- Salazar, G. S. and Lazcano, F. I. 2003. Site-specific fertilization increased yield and fruit size in 'Hass' avocado. *Better Crops Int.* 17(1):12-15.
- Saltveit, M. E. and Sharaf, A. R. 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.
- Samra, J. S.; Thakur, R. S. and Chadha, K. L. 1977. Effect of foliar application of urea on yield and yield parameters of mango. *Ind. J. Hortic.* 234(1):26-29.
- Sarker, B. C. and Rahim, M. A. 2013. Yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) as influenced by foliar application of potassium nitrate and urea. *Bangladesh J. Agric. Res.* 38(1):145-154.
- SE (Secretaría de Economía). 2005. Pliego de condiciones para uso de la marca México calidad Suprema [www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/pliegos%20de%20condiciones%2012/pdf.\(PC\\_005\\_2005\\_Mango\).](http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/pliegos%20de%20condiciones%2012/pdf.(PC_005_2005_Mango).)
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2013. [www.siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx).
- Sharma, R. R. and Singh, R. 2009. The fruit pitting disorder-Aphysiological anomaly in mango (*Mangifera indica* L.) due to deficiency of calcium and boron. *Scientia Hort.* 119(4): 88-391.
- Sharma, R.; Mahajan, B.; Dillon, B. and Azad, A. 2000. Studies on the fertilizer requirements of mango 'Dashehari' in sub-montaneous region of Pujab. *Ind. J. Agric. Res.* 34:209-210.
- Siller, C. J.; Mui, R. D.; Báez, S. M.; Araiza, L. E. e Irieta, O. A. 2009. Calidad postcosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(1):45-52.
- Singh, B. P.; Tandon, D. K. and Kalra, S. K. 1993. Changes in postharvest quality of mango affected by preharvest application of calcium salts. *Scientia Hort.* 54(3):211-219.
- Vázquez, V. V.; Pérez, B. M. H.; Salazar, G. S. y Becerra, B. E. 2005. Crecimiento, nutrición y rendimiento del mango 'Ataulfo' con interinjerto de porte bajo 'Esmeralda'. *Rev. Chapingo Hortic.* 11(2):209-213.
- Xiuchong, Z.; Guojian, L.; Jianwu, Y.; Shaoying, A. and Lixian, Y. 2001. Balanced fertilization on mango in Southern China. *Better Crops Int.* 15:16-20.
- Yashoda, H. M.; Prabha, T. N. and Tharanathan, R. N. 2007. Mango ripening - role of carbohydrases in tissue softening. *Food Chem.* 102: 691-698.
- Zamora, C. E.; García, S. H.; Mata, M. M. y Tovar, G. B. 2004. Aceleración de la maduración en mango 'Kent' refrigerado. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(4):359-366.