



Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas

ISSN: 2007-0934

revista_atm@yahoo.com.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Mellado-Vázquez, Adriana; Salazar-García, Samuel; Treviño-de la Fuente, César Augusto; González-Durán, Isidro José Luis; López-Jiménez, Alfredo

Composición y remoción nutrimental de frutos de mango `Haden´ y `Tommy Atkins´ bajo producción forzada

Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 3, núm. 5, septiembre-octubre, 2012, pp. 925-941

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Estado de México, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123214007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Composición y remoción nutrimental de frutos de mango ‘Haden’ y ‘Tommy Atkins’ bajo producción forzada*

Fruit nutrient composition and removal by ‘Haden’ and ‘Tommy Atkins’ mangos fruits under forced production

Adriana Mellado-Vázquez¹, Samuel Salazar-García^{2§}, César Augusto Treviño-de la Fuente³, Isidro José Luis González-Durán² y Alfredo López-Jiménez⁴

¹Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla. A. P. 100. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C. P. 63300. Tel. (323) 235-2031. (mellado.adriana@inifap.gob.mx), ²INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla. A. P. 100. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C. P. 63300. Tel. (323) 235-2031. (gonzalez.joseluis@inifap.gob.mx), ³INIFAP, Campo Experimental Valle de Apatzingán. A. P. 262. Antúnez, Michoacán. C. P. 60781. Tel. (425) 592-5140. (trevino.cesaragusto@inifap.gob.mx), ⁴Colegio de Postgraduados. Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México 56230. Tel. (595) 952-0235. (lopezja@colpos.mx), [§]Autor para correspondencia: salazar.samuel@inifap.gob.mx.

Resumen

Para mejorar el manejo de la nutrición del mango y mantener la fertilidad del suelo es necesario conocer la composición nutrimental de los frutos así como la cantidad de nutrimentos removidos por la cosecha. En 2009 se realizó el presente estudio con los cvs. Haden y Tommy Atkins bajo producción forzada en el Valle de Apatzingán, Michoacán, México con los objetivos de: i) determinar la composición nutrimental de los tejidos del fruto (epidermis, pulpa, testa y embrión); y ii) cuantificar la cantidad de nutrimentos removida por la cosecha de los dos cultivares de mango. Se seleccionaron dos huertos comerciales de mango ‘Haden’ y dos de ‘Tommy Atkins’, con manejo del riego y tipo de suelo (Vertisol) similares. En cada huerto se eligieron cinco árboles de los que se cosecharon dos frutos en madurez fisiológica. Los frutos se separaron en sus tejidos y a cada uno les fue determinado en la materia seca la concentración de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B. La composición nutrimental de los tejidos del fruto presentó variaciones dentro de cada cultivar. La epidermis y el embrión presentaron las mayores concentraciones de nutrimentos. La cantidad de nutrimentos removidos varió con el tejido, presentándose los valores

Abstract

To improve the management of mango nutrition and maintain soil fertility it is necessary to know the nutrient composition of the fruit as well as the amount of nutrients removed by the crop planting. This study was carried out in 2009 with the cvs. Haden and Tommy Atkins under forced production in the Valle de Apatzingán, Michoacán, Mexico, with the aims of: i) determining the nutrient composition of the fruit's tissues (epidermis, pulp, testa and embryo); and ii) quantifying the amount of nutrients removed by the crop of both mango cultivars. Two commercial ‘Haden’ mango orchards were chosen, along with two ‘Tommy Atkins’ orchards, with similar irrigation schemes and soils (Vertisol). In each orchard five trees were chosen and harvested two fruit per tree at physiological maturity. Fruit were separated in their tissues and the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, and B were determined in the dry matter. The nutrient composition of the fruit's tissues showed variations in each cultivar. The epidermis and the embryo presented the greatest concentrations of nutrients. The amounts of nutrients removed varied with the tissue; the highest values were for the pulp and epidermis, and the

más altos para pulpa y epidermis y los más bajos para la testa. La cantidad de nutrimentos removida por tonelada de fruto fresco fue similar en los dos cultivares de mango, con excepción del Mn cuya remoción fue mayor en los frutos de 'Haden'. Los intervalos de remoción nutrimental para 'Haden' y 'Tommy Atkins' fueron (kg t^{-1} fruto fresco): N (1.03-1.11), P (0.22-0.24), K (1.88-2.14), Ca (0.21-0.31), Mg (0.14-0.15), S (0.28-0.33); (g t^{-1} fruto fresco): Fe (3.5-3.8), Cu (1.0-1.1), Mn (3.2-4.8), Zn (2.0-2.8) y B (1.5-1.6).

Palabras clave: *Mangifera indica* L., embrión, epidermis, pulpa, testa.

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) es de los frutales de mayor importancia económica en el Valle de Apatzingán, Michoacán, México. En esta región se puede cosechar una proporción importante de la producción en época temprana (marzo), cuando el fruto tiene mayor valor comercial; después de este período los precios bajan debido a que inicia la cosecha de la producción normal (Vega-Piña *et al.*, 2003). Para obtener cosechas tempranas, los productores del Valle de Apatzingán realizan diversas actividades para estimular la floración temprana, como aplicación de paclobutrazol al suelo en la zona del cuello del árbol, aspersiones al follaje con nitratos y estrés hídrico (Chávez-Contreras *et al.*, 2001).

Con cada cosecha de mango se remueven del huerto nutrimentos que se encuentran contenidos en los frutos. Dichos nutrimentos deben ser repuestos para conservar la fertilidad del suelo y la productividad de los huertos. Para lograr esto, es necesario conocer la cantidad de nutrimentos que son removidos por la cosecha (Salazar-García y Lazcano-Ferrat, 2001). Otro aspecto a considerar es la proporción con la que cada tejido del fruto contribuye a su peso total. La epidermis contribuye con 15 a 20% (Beerh *et al.*, 1976), la pulpa con 60 a 75% y la semilla de 10 a 25% (Hemavathy *et al.*, 1988). Estas proporciones varían según el cultivar de mango. Según Sergent (1999) los frutos de 'Haden' tienen una relación pulpa-fruto de 0.66 y 'Tommy Atkins' de 0.83.

La composición nutrimental de los frutos difiere entre cultivares de mango. En frutos de 'Haden' provenientes del estado de Michoacán, México, se encontró el siguiente contenido nutrimental promedio (incluyendo epidermis, pulpa y semilla) ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ materia seca): 0.89 N, 3.75 K, 0.15

lowest were in the testa. The amount of nutrients removed per ton of fresh fruit was similar in both mango cultivars, except for Mn, which was removed in greater amounts by fruit of 'Haden'. The nutritional removal intervals for 'Haden' and 'Tommy Atkins' were (kg t^{-1} fresh fruit): N (1.03-1.11), P (0.22-0.24), K (1.88-2.14), Ca (0.21-0.31), Mg (0.14-0.15), S (0.28-0.33); (g t^{-1} fresh fruit): Fe (3.5-3.8), Cu (1.0-1.1), Mn (3.2-4.8), Zn (2.0-2.8), and B (1.5-1.6).

Key words: *Mangifera indica* L., embryo, epidermis, pulp, testa.

Introduction

Mango (*Mangifera indica* L.) is one of the fruit crops with the highest economic importance in the Valle de Apatzingán, Michoacán, Mexico. In this region, an important part of the production can be harvested early (March), when the fruit has the highest commercial value; after this time, prices fall because normal harvesting begins (Vega-Piña *et al.*, 2003). To obtain early harvests, the growers of the Valle de Apatzingán perform various activities to stimulate early flowering, such as applying paclobutrazol to the soil in the neck of the tree, foliage sprays with nitrates, and water stress (Chávez-Contreras *et al.*, 2001).

With each mango harvest, nutrients are removed from the orchard, which are found in the fruit. These nutrients must be replaced to preserve the fertility of the soil and the productivity of the orchards. To achieve this, it is necessary to know the amounts of nutrients removed by the crop (Salazar-García and Lazcano-Ferrat, 2001). Another aspect to be considered is the proportion with which each tissue of the fruit contributes to its total weight. The epidermis contributes with 15 to 20% (Beerh *et al.*, 1976), the pulp with 60 to 75%, and the seed 10 to 25% (Hemavathy *et al.*, 1988). These proportions vary depending on the mango cultivar. According to Sergent (1999) fruit of 'Haden' and 'Tommy Atkins' have a pulp-fruit ratio of 0.66 and 0.83, respectively.

The nutrient composition of the fruit differs among mango cultivars. In 'Haden' fruit from the state of Michoacán, Mexico, the following average nutrient content was found (including epidermis, pulp and seed) ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ dry matter): 0.89 N, 3.75 K, 0.15 Ca and 0.74 Mg (Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006). In 'Manila' fruit from Veracruz,

Ca y 0.74 Mg (Romero-Gomezcaña *et al.*, 2006). En el caso de frutos de 'Manila' procedentes de Veracruz, México, la epidermis fue el tejido más rico en Mg, Fe y Mn, la pulpa en K, la testa en Ca y los embriones en N, P, Cu y Zn (Guzmán-Estrada *et al.*, 1997).

Estos autores también encontraron que la pulpa presentó el mayor contenido nutrimental y la testa el menor. En otro estudio desarrollado en Venezuela, se mencionó el contenido nutrimental en los tejidos del fruto (pulpa, concha y semilla [sic]) de 16 cultivares de mango, siendo para 'Haden' (g 100 g⁻¹ materia seca) de: 1.93 N, 0.35 P, 2.58 K, 1.94 Ca, 1.01 Mg y (mg kg⁻¹ materia seca): 147 Fe, 244 Mn, 102 Cu, 90 Zn y 38 B; y para 'Tommy Atkins' de: 3.47 N, 0.49 P, 2.10 K, 2.05 Ca, 1.69 Mg y (mg kg⁻¹ materia seca): 131 Fe, 238 Mn, 121 Cu, 99 Zn y 48 B (Laborem-Escalona *et al.*, 1979).

La cantidad de nutrimentos removidos por el fruto de mango también es influenciada por el cultivar y las condiciones de cultivo. Por ejemplo, el cv. Manila en Cotaxtla, Veracruz, en suelo vertisol y con una temperatura promedio anual de 25.5 °C y 1 448 mm de lluvia anual, removió las siguientes cantidades de nutrimentos (kg t⁻¹ fruto fresco): 1.2 N, 0.15 P, 1.9 K, 0.24 Ca, 0.17 Mg, y (g t⁻¹ fruto fresco): 5.4 Fe, 1.4 Cu, 0.36 Mn y 2.14 Zn (Guzmán-Estrada *et al.* (1997). En China, en suelos ácidos franco arenosos se encontraron valores semejantes de remoción para el cv. Zihuaman (kg t⁻¹ fruto fresco): 1.4 N, 0.11 P, 2.0 K, 0.21 Ca, 0.20 Mg y 0.15 S (Zhou Xiuchong *et al.*, 2001). En Venezuela (Laborem-Escalona *et al.*, 1979) mencionó valores superiores de remoción de nutrimentos (kg t⁻¹ fruto fresco) como promedio de 16 cultivares plantados en suelos de la serie Maracay, orden en suelo Mollisol fue: 6.5 N, 0.8 P, 6.2 K, 5.5 Ca y 3.0 Mg, y (g t⁻¹ fruto fresco) 59.75 Fe, 27.18 Cu, 54.43 Mn, 23.43 Zn y 10.87 B. También en Venezuela (Avilán-Rovira y Rengifo-Álvarez, 1992) se encontró la siguiente remoción de nutrimentos (kg t⁻¹ fruto fresco): 1.4 N, 0.18 P y 1.5 K, aunque no se especifica el cultivar. En Alstonville, Australia, el cv. Kensington Pride producido en suelos basálticos y Ferrosols (krasnozem)- [sic] mostró la siguiente remoción de nutrimentos (kg t⁻¹ fruto fresco): 1.1 N, 0.2 P, 1.5 K, 0.2 Ca, 0.2 Mg, 0.1 S, y (g t⁻¹ fruto fresco) 8.4 Fe, 1.8 Zn, 5.7 Mn, 3.7 Cu y 1.2 B (Huett y Dirou, 2000).

Como en el Valle de Apatzingán la producción de mango se realiza bajo producción forzada, es necesario obtener información específica para este sistema de producción. Esta investigación fue desarrollada con los cvs. Haden y Tommy Atkins bajo producción forzada en el Valle de Apatzingán,

Mexico, the epidermis was the richest tissue in Mg, Fe and Mn, the pulp in K, the testa in Ca and the embryos in N, P, Cu and Zn (Guzmán-Estrada *et al.*, 1997). These authors also found that the pulp presented the highest nutritional contents and the testa showed the lowest. Another study carried out in Venezuela mentioned that the nutritional content in the tissues of the fruit (pulp, shell and seed [sic]) of 16 mango cultivars, were, for 'Haden' (g·100 g⁻¹ dry matter): 1.93 N, 0.35 P, 2.58 K, 1.94 Ca, 1.01 Mg and (mg·kg⁻¹ dry matter): 147 Fe, 244 Mn, 102 Cu, 90 Zn and 38 B; and for 'Tommy Atkins' (g·100 g⁻¹ dry matter): 3.47 N, 0.49 P, 2.10 K, 2.05 Ca, 1.69 Mg and (mg·kg⁻¹ dry matter): 131 Fe, 238 Mn, 121 Cu, 99 Zn and 48 B (Laborem-Escalona *et al.*, 1979).

The amount of nutrients removed by mango fruit is also influenced by the cultivar and growing conditions. For example, the cv. Manila in Cotaxtla, Veracruz, in a vertisol soil and with an average annual temperature of 25.5 °C and 1,448 mm of rain a year, removed the following amounts of nutrients (kg·t⁻¹ fresh fruit): 1.2 N, 0.15 P, 1.9 K, 0.24 Ca, 0.17 Mg, and (g·t⁻¹ fresh fruit): 5.4 Fe, 1.4 Cu, 0.36 Mn, and 2.14 Zn (Guzmán-Estrada *et al.* (1997). In loamy sandy soils of China, similar removal values were found for the cv. Zihuaman (kg·t⁻¹ fresh fruit): 1.4 N, 0.11 P, 2.0 K, 0.21 Ca, 0.20 Mg, and 0.15 S (Zhou Xiuchong *et al.*, 2001). In Venezuela (Laborem-Escalona *et al.*, 1979) mentioned higher values for the removal of nutrients (kg·t⁻¹ fresh fruit), as an average of 16 cultivars planted in soils of the Maracayseries, Mollisol order was: 6.5 N, 0.8 P, 6.2 K, 5.5 Ca y 3.0 Mg, and (g·t⁻¹ fresh fruit) 59.75 Fe, 27.18 Cu, 54.43 Mn, 23.43 Zn, and 10.87 B. Also in Venezuela (Avilán-Rovira and Rengifo-Álvarez, 1992) the following removal of nutrients was found (kg·t⁻¹ fresh fruit): 1.4 N, 0.18 P and 1.5 K, although the cultivar was not specified. In Alstonville, Australia, the cv. Kensington Pride, cultivated in basaltic and Ferrosol soils (krasnozem)- [sic] showed the following removal of nutrients (kg·t⁻¹ fresh fruit): 1.1 N, 0.2 P, 1.5 K, 0.2 Ca, 0.2 Mg, 0.1 S, and (g·t⁻¹ fresh fruit) 8.4 Fe, 1.8 Zn, 5.7 Mn, 3.7 Cu and 1.2 B (Huett y Dirou, 2000).

As in the Valle de Apatzingán mango is cultivated under forced production, it is necessary to obtain specific information for this production system. This investigation was carried out with the cvs. Haden and Tommy Atkins under forced productions in the Valle de Apatzingán, with the following objectives: i) to determine the nutrient composition of the different tissues of the fruit (epidermis, pulp, testa and embryo), and ii) to quantify the amount of nutrients removed by the crop.

con los siguientes objetivos: i) determinar la composición nutrimental de los diferentes tejidos del fruto (epidermis, pulpa, testa y embrión), y ii) cuantificar la cantidad de nutrimentos removida por la cosecha.

Materiales y métodos

Características de la región y los huertos. El Valle de Apatzingán, Michoacán, tiene un clima semiárido cálido (García-Amaro, 1998), con lluvia promedio anual de 785 mm, distribuida de julio a octubre. Se seleccionaron cuatro huertos comerciales de mango, dos de 'Haden' y dos de 'Tommy Atkins', todos con tipo de suelo Vertisol pélico (alto contenido de arcilla expansiva conocida como montmorillonita que forma profundas grietas en años o estaciones secas. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, 2007) (Cuadro 1). Al inicio de esta investigación, los huertos de 'Haden' tenían 16 años de edad y estaban establecidos a 12 x 12 m (huerto 1) y a 11 x 11 m (huerto 2). Los dos huertos de 'Tommy Atkins' eran de 18 años con un marco de plantación de 11 x 11 m. En cada huerto se seleccionaron cinco árboles con tamaño semejante. Para cada uno de estos árboles, se registró la producción en 2009.

Cuadro 1. Ubicación geográfica de los huertos de mango en el Valle de Apatzingán, Michoacán.
Table 1. Geographic location of the mango orchards in the Valle de Apatzingán, Michoacán.

| Cultivar- huerto | Municipio | Altitud (m) | Latitud N | Longitud O |
|------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|
| Haden-H1 | Parácuaro | 568 | 19°06'37.0" | 102°12'37.0" |
| Haden-H2 | Parácuaro | 373 | 19°03'33.9" | 102°16'06.0" |
| Tommy Atkins-H1 | Francisco José Múgica | 452 | 19°03'14.3" | 102°04'34.9" |
| Tommy Atkins-H2 | Parácuaro | 378 | 19°03'33.4" | 102°15'51.2" |

Manejo de los huertos. En 2009 los huertos de 'Haden' recibieron riego rodado cada 12 a 22 días, con una lámina por riego de 15 a 20 cm. En septiembre, se aplicaron 4 kg árbol⁻¹ de fosfonitrato (30-03-00) al suelo, en el huerto Haden-1 y 6 kg árbol⁻¹ en el huerto Haden-2. En septiembre se realizó la primera aplicación foliar de nitrato de potasio (4%) en el huerto Haden-2 para estimular floración; 10 y 20 días después se realizó la segunda (3%) y tercera (2.5%) aplicación, respectivamente. Asimismo, el huerto Haden-2 recibió tres aplicaciones foliares de elementos menores, una antes de la floración, y las otras dos durante la floración y en las dos últimas se adicionó nitrato de potasio (1.25%).

Materials and Methods

Characteristics of the region and the orchards. The Valle de Apatzingán, Michoacán, has a warm, semi-arid climate (García-Amaro, 1998), with an average annual rainfall of 785 mm, distributed between July and October. Four commercial mango orchards were selected, two with 'Haden' and two with 'Tommy Atkins', all in pelic Vertisol soils (high content of expansive clay, known as montmorillonite, that forms deep cracks in dry years or seasons, World Referential Base of the Soil Resource, 2007) (Table 1). At the beginning of this investigation, 'Haden' orchards were 16 years old and were established at 12 x 12 m (orchard 1) and 11 x 11 m (orchard 2). Both 'Tommy Atkins' orchards were 18 years old, with a plantation arrangement of 11 x 11 m. In each orchard, five similar-sized trees were selected. For each of these trees, production was recorded in 2009.

Orchards management. In 2009 the 'Haden' orchards were irrigated every 12 to 22 days, with one sheet per irrigation of 15 to 20 cm. In September, 4 kg-tree⁻¹ of phosphonitrate (30-03-00) were applied to the soil, in the orchard Haden-1, and 6 kg-tree⁻¹ in the orchard Haden-2. In

September, potassium nitrate (4%) was applied for the first time to the foliage in the orchard Haden-2 to stimulate flowering; 10 and 20 days later, the second (3%) and third (2.5%) applications took place, respectively. Likewise, the Haden-2 orchard received three foliar applications of minor elements; one before flowering, another two during flowering, and in the last two, potassium nitrate was added (1.25%).

The 'Tommy Atkins' orchards were irrigated every 15 to 22 days, with a sheet of 15 to 20 cm per irrigation. In August, in the Tommy Atkins-1 orchard, 1 kg of solid bat manure was added to every tree, along with 1 kg of ammonium sulphate

Los huertos de 'Tommy Atkins' recibieron riego rodado cada 15 a 22 días, con una lámina de 15 a 20 cm por riego. En el huerto Tommy Atkins-1, en agosto se aplicó al suelo 1 kg de guano sólido de murciélago por árbol, 1 kg de sulfato de amonio y 1 kg de 18-46-00; en el huerto Tommy Atkins-2 no se realizó fertilización al suelo. Para estimular floración en el huerto Tommy Atkins-1, en octubre se realizó una aplicación foliar de guano líquido de murciélago y en noviembre una aplicación foliar de nitrato de potasio (5%), y en el huerto Tommy Atkins-2 en noviembre se realizaron dos aplicaciones foliares de nitrato de potasio más fosfonitrato en concentraciones de 1.25% y 2.5%, respectivamente. En plena floración el huerto Tommy Atkins-1 recibió una aplicación a 0.1% de fertilizante foliar comercial Poly Feed® [12-43-12 más (ppm) 1 000 Fe, 110 Cu, 500 Mn, 70 Mo, 150 Zn y 200 B]. En los cuatro huertos se realizó trampeo contra moscas de la fruta (*Anastrepha* sp.), control mecánico de maleza, cosecha en marzo y poda fitosanitaria de abril a junio.

Fertilidad del suelo. En febrero 2009 para cada huerto se obtuvo una muestra compuesta del suelo de tres árboles (de los cinco seleccionados previamente) a dos profundidades, 0 a 30 y de 31 a 60 cm. De cada árbol se tomaron cuatro submuestras (dos por cada profundidad) con una barrena espiral de acero inoxidable. Una submuestra fue extraída a la mitad de la distancia comprendida entre la base del tronco y la zona de goteo y la otra de la zona de goteo.

Cosecha de fruto. En marzo 2009 de cada uno de los cinco árboles seleccionados se cosecharon dos frutos en madurez fisiológica. Los frutos fueron lavados con agua destilada. Cada fruto fue separado en epidermis, pulpa, testa y embrión y se registró su peso fresco. Cada tejido se cortó en rebanadas delgadas que fueron deshidratadas en un horno con aire forzado a 70 °C hasta peso constante. Las muestras secas se pulverizaron en un molino de acero inoxidable Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10) y con tamiz 40 (luz de malla 0.425 mm). La composición nutrimental se determinó en tres muestras compuestas, cada una conformada con los tejidos de los dos frutos de cada uno de tres de los cinco árboles muestreados.

Variables analizadas en fruto. Se determinó N-total mediante digestión semi-microKjeldahl modificada para incluir NO₃ (Bremer, 1965). El P, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn y Zn fueron extraídos por digestión húmeda con una mezcla de HNO₃ y HClO₄ (Jones y Case, 1990) y el K se extrajo en agua (método de extracción rápida). A excepción del P, fueron determinados por absorción atómica empleando un

and 1 kg of 18-46-00; in the Tommy Atkins-2 orchard there was no soil fertilization. In October, to stimulate flowering in the Tommy Atkins-1 orchard, liquid bat manure was applied to foliage, and in November, a foliar spray with potassium nitrate (5%); in the Tommy Atkins-2 orchard, in November, there were two canopy sprays with potassium nitrate plus phosphonitrato in concentrations of 1.25% and 2.5%, respectively. During flowering, the Tommy Atkins-1 orchard received a foliar application of 0.1% Poly Feed® [12-43-12 plus (ppm) 1 000 Fe, 110 Cu, 500 Mn, 70 Mo, 150 Zn and 200 B] commercial fertilizer. In all four orchards, traps against fruit flies (*Anastrepha* sp.) were installed, along with mechanical weed control, harvest in March and phytosanitary pruning from April to June.

Soil fertility. In February 2009, from each orchard, a mixed soil sample was obtained from three trees (of the five previously selected) at two depths, 0 to 30 and 31 to 60 cm. Four subsamples were taken from each tree (two for each depth) with a spiral, stainless steel auger. A subsample was taken halfway between the base of the trunk and the drip zone, and the other one from the drip zone.

Fruit harvest. In March 2009, two fruit at physiological maturity were harvested from each of the five trees selected. Fruit were washed with distilled water. Each fruit was separated into epidermis, pulp, testa and embryo, and its dry weight was obtained. Each tissue was cut into thin slices that were dehydrated in a forced air oven at 70 °C until constant weight. The dry samples were grinded in a stainless steel mill Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10) using a sieve 40 (mesh light 0.425 mm). Nutrient composition was determined in three mixed samples, each one made up from the tissues of the two fruit collected from each of the three out of the five trees sampled.

Variables analyzed in the fruit. Total-N was determined by semi-microKjeldahl digestion, modified to include NO₃ (Bremer, 1965). P, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, and Zn were extracted by humid digestion with a mixture of HNO₃ and HClO₄ (Jones and Case, 1990), and K was extracted in water (rapid extraction method). Except for P, they were determined by atomic absorption using an ICE 3000 Series Spectrometer (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA) (AOAC, 1990). P was quantified by the method of ascorbic acid and B was determined by calcination using the spectrophotometric method of Azometina-H (Enriquez-Reyes, 1989), both using a Genesis 20 spectrophotometer (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA).

Spectrometer ICE 3000 Series (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA) (AOAC, 1990). El P se cuantificó por el método del ácido ascórbico y el B se determinó por calcinación mediante el método espectrofotométrico de Azometina-H (Enríquez-Reyes, 1989), ambos en un espectrofotómetro Genesis 20 (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA).

Variabes analizadas en suelo. Se determinó textura, pH (1:2 agua) (Hendershot *et al.*, 2008), conductividad eléctrica (Rhoades, 1996), materia orgánica (Nelson y Sommers, 1982), N-inorgánico (Keeney y Nelson, 1982), P-Bray (Bray y Kurtz, 1945), K, Ca, Mg (Rhoades, 1982), Na, Fe, Zn, Cu, Mn (Lindsay y Norvell, 1978) y B (Bingham, 1982).

Análisis estadístico. Se usó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones (árboles); cada repetición consistió de dos frutos del mismo árbol. Los datos de la composición nutrimental se sometieron a control de calidad con el procedimiento Box-plot del programa computacional Minitab 15. La remoción total de nutrimentos por tonelada de fruto fresco (R_t) se calculó mediante la fórmula siguiente, ejemplificada para nitrógeno:

$$R_t = \frac{(CN_{ex}PSe) + (CN_{px}PSp) + (CN_{tx}PSt) + (CN_{emx}PSem)}{100} \times Ft;$$

Donde: CNe= concentración de N en la epidermis; PSe= peso seco de la epidermis; CNp= concentración de N en la pulpa; PSp= peso seco de la pulpa; CNT= concentración de N en la testa; PSt= peso seco de la testa; CNem= concentración de N en el embrión; PSem= peso seco de la embrión; Ft= número de frutos en una tonelada (obtenidos del cociente 1 000 kg entre el peso fresco del fruto completo). Con la misma fórmula se calculó la remoción de los demás nutrimentos. Para cada nutrimento se realizó un análisis de varianza por huerto y cultivar con el paquete estadístico SAS para Windows V9. La comparación de medias se hizo con la prueba de Duncan ($p=0.05$). También se obtuvo la interacción cultivar*tejido.

Resultados

Características de los frutos

Los frutos de mango ‘Haden’ y ‘Tommy Atkins’ mostraron algunas semejanzas en cuanto a peso promedio de cada tejido y peso promedio del fruto completo (Cuadro 2).

Variabes analizadas in the soil. Texture, pH (1:2 water) (Hendershot *et al.*, 2008), electrical conductivity (Rhoades, 1996), organic matter (Nelson and Sommers, 1982), N-inorganic (Keeney and Nelson, 1982), P-Bray (Bray and Kurtz, 1945), K, Ca, Mg (Rhoades, 1982), Na, Fe, Zn, Cu, Mn (Lindsay and Norvell, 1978) and B (Bingham, 1982) were determined.

Statistical analysis. A total randomized experimental design with three repetitions (trees) was used; each repetition consisted of two fruit from the same tree. The nutrient composition data underwent quality control with the Box-plot procedure of Minitab 15 software. The total removal of nutrients per ton of fresh fruit (R_t) was calculated using the following formula, exemplified for nitrogen:

$$R_t = \frac{(CN_{ex}PSe) + (CN_{px}PSp) + (CN_{tx}PSt) + (CN_{emx}PSem)}{100} \times Ft;$$

where: CNe= concentration of N in the epidermis; PSe= dry weight of the epidermis; CNp= concentration of N in the pulp; PSp= dry weight of the pulp; CNT= concentration of N in the testa; PSt= dry weight of the testa; CNem= concentration of N in the embryo; PSem= dry weight of the embryo; Ft= number of fruits in a ton (obtained from the quotient 1,000 kg divided by the fresh weight of the whole fruit). The same formula was used to calculate the removal of the other nutrients. For each nutrient, a analysis of variance was carried out by orchard and cultivar with the statistical package SAS for Windows V9. Means comparison was made with Duncan’s test ($P=0.05$). The interaction cultivar*tissue was also obtained.

Results

Characteristics of the fruits

The fruits of the ‘Haden’ and ‘Tommy Atkins’ mangos showed some similarities as far as average weight of each tissue and average weight of the whole fruit (Table 2).

In the cv. Haden, the average fresh weight of the fruit was 433.3 g and in the cv. Tommy Atkins 452.3 g. The dry weight had the opposite behavior to fresh weight, since the ‘Haden’ fruits had a higher value (89.3 g) than ‘Tommy Atkins’ (83.9 g). In both cultivars, the tissue with the highest fresh and dry weights was the pulp.

Cuadro 2. Estadísticas descriptivas de la masa de los frutos de cada tejido del fruto de los cvs. Haden y Tommy Atkins. Datos de dos huertos para cada cultivar.

Table 2. Descriptive statistics of the mass of the fruit tissues of cvs. Haden and Tommy Atkins. Data from two orchards for each cultivar.

| Tejido | Peso fresco (g fruto ⁻¹) | | | | | Peso seco (g fruto ⁻¹) | | | | |
|------------------|--------------------------------------|------------|-----------------|--------|--------|------------------------------------|------------|-----------------|--------|--------|
| | Media | σ^z | CV ^y | Mínimo | Máximo | Media | σ^z | CV ^y | Mínimo | Máximo |
| cv. Haden | | | | | | | | | | |
| Epidermis | 70.8 ^x | 18.8 | 26.6 | 45.4 | 109.9 | 18.5 | 5.5 | 29.8 | 10.8 | 30.3 |
| Pulpa | 319.2 | 77.9 | 24.4 | 233.1 | 555.1 | 51.7 | 15.4 | 29.8 | 33.6 | 94.7 |
| Testa | 16.5 | 5.2 | 31.3 | 7.8 | 26.2 | 6.9 | 1.8 | 26.3 | 3.6 | 11.1 |
| Embrión | 24.7 | 3.8 | 15.4 | 20.2 | 34.2 | 12.2 | 3.1 | 25.6 | 6.1 | 17.4 |
| Total | 433.3 | 101.2 | 23.4 | 320.0 | 719.7 | 89.3 | 24.2 | 27.2 | 54.1 | 152.5 |
| cv. Tommy Atkins | | | | | | | | | | |
| Epidermis | 72.3 | 19.3 | 26.7 | 45.4 | 109.9 | 16.8 | 6.7 | 39.7 | 9.6 | 30.3 |
| Pulpa | 331.8 | 68.9 | 20.8 | 246.1 | 555.1 | 49.6 | 15.5 | 31.2 | 35.5 | 94.7 |
| Testa | 20.8 | 6.3 | 30.4 | 13.2 | 40.3 | 7.5 | 1.5 | 20.0 | 5.6 | 11.1 |
| Embrión | 25.4 | 5.3 | 20.8 | 10.8 | 34.2 | 10.1 | 4.1 | 41.0 | 2.3 | 17.4 |
| Total | 452.3 | 89.2 | 19.7 | 350 | 719.7 | 83.9 | 25.9 | 30.9 | 53.5 | 152.5 |

^z desviación estándar; ^y = coeficiente de variación; ^x = valores obtenidos con datos de 20 frutos por cultivar.

En el cv. Haden el peso fresco promedio del fruto fue 433.3 g y en el cv. Tommy Atkins 452.3 g. El peso seco promedio tuvo un comportamiento inverso al peso fresco, ya que fueron los frutos de 'Haden' los que tuvieron un valor mayor (89.3 g) a los de 'Tommy Atkins' (83.9 g). En ambos cultivares el tejido con mayor peso fresco y seco fue la pulpa.

Influencia del sitio (huerto) sobre la composición nutrimental de los tejidos

El huerto de donde se obtuvieron los frutos tuvo un efecto limitado sobre la composición nutrimental de los tejidos del fruto de mango. En 'Haden', sólo se detectaron diferencias entre huertos para los contenidos de S en la pulpa y de Mn en el embrión (Cuadro 3). En 'Tommy Atkins' ocurrió algo similar, la testa fue el único tejido que mostró diferencias en el contenido de N, Fe, Cu y Mn debidas al sitio (huerto).

Composición nutrimental de los tejidos analizados en cada cultivar de mango

Debido a que se encontraron pocas diferencias en la composición nutrimental de las partes del fruto atribuidas al sitio de muestreo, se integró un sólo conjunto de datos por cultivar y se realizó otro análisis estadístico.

Influence of the site (orchard) on the nutrient composition of the tissues

The orchard which the fruits were taken from had a limited effect on the nutrient composition of the mango fruit tissues. In 'Haden', differences were found between orchards for contents of S in the pulp and Mn in the embryo (Table 3). A similar case was found in 'Tommy Atkins': the testa was the only tissue that showed a significant difference in contents of N, Fe, Cu, and Mn due to the orchard.

Nutrient composition of the tissues analyzed per mango cultivar

Because of the few differences found between nutrient composition of fruit parts due to sampling site, one set of data was integrated for every cultivar and another analysis was performed.

The cv. Haden displayed differences in the nutritional composition of the fruit tissues. The embryo presented the highest values for N, P, K, Cu, Zn, and B. The epidermis showed high values for Ca, Mn and B. With the exception of K, S and Fe, the pulp had intermediate values for the other nutrients, compared to other tissues. The testa was

Cuadro 3. Composición nutrimental de tejidos de frutos de mango ‘Haden’ y ‘Tommy Atkins’ según el huerto.
Table 3. Fruit tissues nutrient composition in ‘Haden’ and ‘Tommy Atkins’ mangos, according to the orchard.

| Nutrimento | Huerto ^z | cv. Haden | | | | cv. Tommy Atkins | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------------------|---------|---------|---------|------------------|---------|---------|---------|
| | | Epidermis | Pulpa | Testa | Embrión | Epidermis | Pulpa | Testa | Embrión |
| g·100 g ⁻¹ materia seca | | | | | | | | | |
| N | H1 | 0.46 a ^y | 0.39 a | 0.38 a | 0.75 a | 0.80 a | 0.67 a | 0.66 a | 0.80 a |
| | H2 | 0.53 a | 0.49 a | 0.35 a | 0.84 a | 0.55 a | 0.48 a | 0.37 b | 0.78 a |
| P | H1 | 0.08 a | 0.08 a | 0.05 a | 0.24 a | 0.12 a | 0.14 a | 0.09 a | 0.23 a |
| | H2 | 0.10 a | 0.08 a | 0.04 a | 0.30 a | 0.10 a | 0.10 a | 0.06 a | 0.25 a |
| K | H1 | 0.95 a | 1.03 a | 0.53 a | 1.19 a | 0.73 a | 1.16 a | 0.54 a | 1.23 a |
| | H2 | 1.06 a | 1.18 a | 0.55 a | 1.21 a | 0.82 a | 1.16 a | 0.50 a | 1.15 a |
| Ca | H1 | 0.44 a | 0.17 a | 0.16 a | 0.05 a | 0.27 a | 0.08 a | 0.09 a | 0.08 a |
| | H2 | 0.26 a | 0.06 a | 0.10 a | 0.05 a | 0.29 a | 0.04 a | 0.11 a | 0.08 a |
| Mg | H1 | 0.09 a | 0.06 a | 0.04 a | 0.11 a | 0.13 a | 0.08 a | 0.05 a | 0.13 a |
| | H2 | 0.09 a | 0.05 a | 0.03 a | 0.10 a | 0.13 a | 0.05 a | 0.05 a | 0.12 a |
| S | H1 | 0.16 a | 0.17 a | 0.15 a | 0.15 a | 0.16 a | 0.15 a | 0.16 a | 0.15 a |
| | H2 | 0.16 a | 0.15 b | 0.16 a | 0.16 a | 0.15 a | 0.15 a | 0.15 a | 0.16 a |
| mg kg ⁻¹ materia seca | | | | | | | | | |
| Fe | H1 | 26.10 a | 18.20 a | 26.60 a | 19.70 a | 14.90 a | 38.50 a | 17.30 b | 18.00 a |
| | H2 | 13.20 a | 13.60 a | 16.60 a | 31.50 a | 38.50 a | 15.60 a | 23.10 a | 22.80 a |
| Cu | H1 | 4.10 a | 4.60 a | 5.50 a | 10.00 a | 5.80 a | 4.30 a | 5.10 a | 9.90 a |
| | H2 | 4.90 a | 5.20 a | 4.00 a | 10.30 a | 4.70 a | 4.50 a | 4.70 b | 12.10 a |
| Mn | H1 | 30.50 a | 19.30 a | 20.20 a | 20.00 b | 24.50 a | 14.70 a | 15.80 b | 20.10 a |
| | H2 | 36.10 a | 21.20 a | 21.80 a | 26.60 a | 22.60 a | 15.00 a | 17.80 a | 20.30 a |
| Zn | H1 | 11.70 a | 11.00 a | 13.40 a | 18.10 a | 11.40 a | 9.80 a | 10.70 a | 15.80 a |
| | H2 | 11.70 a | 16.20 a | 10.30 a | 21.20 a | 11.70 a | 9.60 a | 11.00 a | 18.00 a |
| B | H1 | 13.80 a | 5.00 a | 9.40 a | 11.50 a | 15.70 a | 6.10 a | 11.70 a | 10.90 a |
| | H2 | 10.00 a | 4.70 a | 8.40 a | 10.60 a | 14.00 a | 6.20 a | 9.20 a | 11.80 a |

^zH1= huerto uno; H2=huerto dos. Valores promedio de 6 frutos por huerto para cada cultivar; ^y=para cada cultivar, medias con diferente letra entre huertos para cada nutrimento y tejido son diferentes (Duncan, $p=0.05$).

En el cv. Haden se presentaron diferencias en la composición nutrimental de los tejidos del fruto. El embrión presentó los mayores valores de N, P, K, Cu, Zn y B. La epidermis mostró valores altos de Ca, Mn y B. Con excepción del K, S y Fe, la pulpa tuvo valores intermedios a bajos para los otros nutrimentos, comparado con los otros tejidos. La testa fue el tejido con mayores casos de menor contenido nutrimental. El S y Fe mostraron concentraciones similares en los cuatro tejidos (Cuadro 4).

Los tejidos de los frutos del cv. Tommy Atkins también presentaron diferencias en su composición nutrimental. El tejido con mayor contenido de nutrimentos fue el embrión,

the tissue with the most cases of low nutrient contents. Sulfur and Fe displayed similar concentrations in all four tissues (Table 4).

Fruit tissues of the cv. Tommy Atkins also displayed differences in their nutrient composition. The tissue with the highest content of nutrients was the embryo, with the greatest values for N, P, K, Mg, Cu, and Zn. The epidermis displayed the highest values of Ca, Mg, Mn and B. The pulp only presented the greatest content of K. The testa had low contents for most of the nutrients analyzed, except for S, Fe and B. The content of S was similar in the four tissues analyzed (Table 4).

con valores superiores de N, P, K, Mg, Cu y Zn. La epidermis mostró valores superiores de Ca, Mg, Mn y B. La pulpa sólo presentó el mayor contenido de K. La testa tuvo bajos contenidos de la mayoría de los nutrimentos analizados, excepto S, Fe y B. El contenido de S fue igual en los cuatro tejidos analizados (Cuadro 4).

Interacción cultivar*tejido en la composición nutrimental

Las únicas interacciones cultivar*tejido que resultaron significativas fueron para P y K, con valores de $Pr > F$ 0.0025 y 0.0011, respectivamente. En el cv. Haden las interacciones fueron para el contenido de P y K en el embrión y en el cv. Tommy Atkins para el contenido de K en la pulpa y para P y K en el embrión.

Cultivar*tissue interaction for the nutrient composition

The only cultivar*tissue significant interactions were for P and K, with values of $Pr > F$ 0.0025 and 0.0011, respectively. In the cv. Haden, interactions were for the contents of P and K in the embryo, and in the cv. Tommy Atkins, for the content of K in the pulp and for P and K in the embryo.

Fruit tissues nutrient removal by the two cultivars

The cv. Haden presented differences in the amounts of nutrients removed by the tissues (Table 5). The pulp had the highest values of removal for all the nutrients analyzed. As in the case of the pulp, the epidermis removed a higher

Cuadro 4. Composición nutrimental de tejidos de frutos de mango 'Haden' y 'Tommy Atkins'. Análisis realizado con datos de dos huertos para cada cultivar.

Table 4. Fruit tissues nutrient composition of 'Haden' and 'Tommy Atkins' mangos. Analysis performed with data from two orchards per cultivar.

| Nutrimento | cv. Haden | | | | cv. Tommy Atkins | | | |
|------------|--------------------------------------|---------|---------|----------|------------------|---------|----------|----------|
| | Epidermis | Pulpa | Testa | Embrión | Epidermis | Pulpa | Testa | Embrión |
| | (g 100 g ⁻¹ materia seca) | | | | | | | |
| N | 0.49 b ^z | 0.44 bc | 0.36 c | 0.80 a | 0.67 ab | 0.58 b | 0.51 b | 0.79 a |
| P | 0.09 b | 0.08 b | 0.05 c | 0.27 a | 0.11 b | 0.12 b | 0.08 c | 0.24 a |
| K | 1.01 b | 1.10 ab | 0.54 c | 1.20 a | 0.78 b | 1.16 a | 0.52 c | 1.19 a |
| Ca | 0.35 a | 0.12 b | 0.13 b | 0.05 b | 0.28 a | 0.06 b | 0.10 b | 0.08 b |
| Mg | 0.09 a | 0.05 b | 0.04 b | 0.11 a | 0.13 a | 0.06 b | 0.05 b | 0.13 a |
| S | 0.16 a | 0.16 a | 0.15 a | 0.15 a | 0.15 a | 0.15 a | 0.15 a | 0.16 a |
| | (mg kg ⁻¹ materia seca) | | | | | | | |
| Fe | 19.60 a | 15.90 a | 21.60 a | 25.60 a | 26.70 a | 14.10 b | 20.20 ab | 20.40 ab |
| Cu | 4.50 b | 4.90 b | 4.80 b | 10.10 a | 5.20 b | 4.40 b | 4.90 b | 11.00 a |
| Mn | 33.30 a | 20.30 b | 20.90 b | 23.30 b | 23.50 a | 14.90 b | 16.80 b | 20.20 ab |
| Zn | 11.70 b | 13.60 b | 11.80 b | 19.70 a | 11.60 b | 9.70 c | 10.80 bc | 16.90 a |
| B | 11.80 a | 4.90 c | 8.90 b | 11.10 ab | 14.90 a | 6.10 c | 10.50 b | 11.40 b |

^zmedias con diferente letra en una fila dentro de cada cultivar son diferentes (Duncan, $p=0.05$).

Remoción de nutrimentos por los tejidos de los frutos de los dos cultivares

En el cv. Haden se presentaron diferencias en la cantidad de nutrimentos removidos por los tejidos (Cuadro 5). La pulpa mostró valores superiores de remoción para todos los nutrimentos analizados. Al igual que la pulpa, la epidermis removió mayor cantidad de Ca y B. El embrión

amount of Ca and B. The embryo showed a higher removal of P, although it was similar to the pulp. The testa displayed the lowest amount of nutrients removed.

The tissues of the fruit of the cv. Tommy Atkins also presented differences in the amount of nutrients removed (Table 5). The pulp removed the highest amounts of all the nutrients. The epidermis removed similar amounts of Ca, Mg, Fe and B than

mostró mayor remoción de P, aunque fue similar al de la pulpa. La testa presentó la menor cantidad de nutrientes removidos.

the pulp. The testa had the lowest removal for the majority of the nutrients analyzed. The embryo presented intermediate removal values for most nutrients, except for Mg, S and Mn (Table 5).

Cuadro 5. Remoción de nutrimentos por los tejidos de los frutos según el cultivar de mango. Análisis realizado con datos de dos huertos para cada cultivar.

Table 5. Total fruit tissues nutrient removal, according to the mango cultivar. Analysis performed using data from two orchards per cultivar.

| Nutrimento | cv. Haden | | | | cv. Tommy Atkins | | | |
|------------|-----------------------------------|--------|--------|---------|------------------|---------|--------|---------|
| | Epidermis | Pulpa | Testa | Embrión | Epidermis | Pulpa | Testa | Embrión |
| | (kg t ⁻¹ fruto fresco) | | | | | | | |
| N | 0.20 b ^z | 0.49 a | 0.07 c | 0.27 b | 0.26 b | 0.58 a | 0.09 c | 0.19 b |
| P | 0.04 b | 0.09 a | 0.01 c | 0.09 a | 0.04 b | 0.12 a | 0.02 c | 0.06 b |
| K | 0.41 b | 1.23 a | 0.10 c | 0.40 b | 0.32 b | 1.19 a | 0.10 c | 0.29 b |
| Ca | 0.14 a | 0.13 a | 0.03 b | 0.02 b | 0.11 a | 0.06 ab | 0.02 b | 0.02 b |
| Mg | 0.04 b | 0.06 a | 0.01 c | 0.04 b | 0.05 ab | 0.06 a | 0.01 c | 0.03 bc |
| S | 0.18 b | 0.18 a | 0.03 c | 0.05 b | 0.06 b | 0.16 a | 0.03 c | 0.04 c |
| | (g t ⁻¹ fruto fresco) | | | | | | | |
| Fe | 0.81 b | 1.78 a | 0.42 b | 0.87 b | 1.19 a | 1.46 a | 0.38 b | 0.50 b |
| Cu | 0.18 c | 0.55 a | 0.09 d | 0.55 b | 0.20 bc | 0.45 a | 0.09 c | 0.27 b |
| Mn | 1.35 b | 2.25 a | 0.40 d | 0.79 c | 0.91 b | 1.53 a | 0.30 c | 0.49 c |
| Zn | 0.47 b | 1.53 a | 0.23 b | 0.66 b | 0.46 b | 1.00 a | 0.20 c | 0.42 b |
| B | 0.48 ab | 0.54 a | 0.17 c | 0.36 b | 0.58 a | 0.63 a | 0.19 b | 0.27 b |

^zmedias con diferente letra en una fila dentro de cada cultivar son diferentes (Duncan, $p=0.05$).

Los tejidos de los frutos del cv. Tommy Atkins también presentaron diferencias en la cantidad de nutrimentos removidos (Cuadro 5). La pulpa removió la mayor cantidad de todos los nutrimentos. La epidermis removió cantidades similares de Ca, Mg, Fe y B que la pulpa. La testa presentó la menor remoción para la mayoría de nutrimentos analizados. El embrión presentó valores medios de remoción para la mayoría de los nutrimentos, con excepción de Mg, S y Mn (Cuadro 5).

Interacción cultivar*tejido para la remoción de nutrimentos

Este análisis se realizó considerando los dos sitios de muestreo de cada cultivar como uno sólo. Sólo resultó significativa la interacción para P ($Pr > F 0.0008$).

Cultivar*tissue interaction for nutrients removal

This analysis was carried out considering the two sampling sites of each cultivar as a single one. The only significant interaction was for P ($Pr > F 0.0008$).

Total nutrients removal by the fruit of each cultivar

The amount of nutrients removed per ton of fresh fruit was similar for the two mango cultivars studied. The exception was Mn, since 'Haden' removed 4.80 g·t⁻¹, compared to 3.22 g·t⁻¹ in 'Tommy Atkins' (Table 6). For 'Haden' the magnitude of the amount of nutrients removed had the following order: K > N > S > Ca > P > Mg > Mn > Fe > Zn > B > Cu. In the case of 'Tommy Atkins' it was: K > N > S > P > Ca > Mg > Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Remoción total de nutrimentos por el fruto de cada cultivar

La cantidad de nutrimentos removidos por tonelada de fruto fresco fue similar entre los dos cultivares de mango estudiados. La excepción fue el Mn ya que 'Haden' removió 4.80 g t⁻¹, comparado con 3.22 g t⁻¹ en 'Tommy Atkins' (Cuadro 6). Para 'Haden' la magnitud de la cantidad de nutrimentos removidos tuvo el siguiente orden: K > N > S > Ca > P > Mg > Mn > Fe > Zn > B > Cu. En el caso de 'Tommy Atkins' fue: K > N > S > P > Ca > Mg > Fe > Mn > Zn > B > Cu.

Soil fertility

The soils from the cvs. Haden and Tommy Atkins orchards used in this study showed some differences in their fertility, that were defined based on the Mexican Official Regulations on soil fertility and classification (PROY-NOM-021-RECNAT-2000) (Table 7). The orchards of the cv. Haden presented differences in the content of N, P, K, Ca, Na, Fe, Zn, and B. For the orchards of the cv. Tommy Atkins there were different contents of N, P, K, Na, and B.

Cuadro 6. Remoción total de nutrimentos por frutos de mango 'Haden' y 'Tommy Atkins'. Análisis realizado con datos de dos huertos para cada cultivar.

Table 6. Total fruit nutrients removal by 'Haden' and 'Tommy Atkins' mangos. Analysis performed using data from two orchards per cultivar.

| Cultivar | (kg t ⁻¹ fruto fresco) | | | | | | (g t ⁻¹ fruto fresco) | | | | |
|--------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Cu | Mn | Zn | B |
| Haden | 1.03 a ^z | 0.22 a | 2.14 a | 0.31 a | 0.14 a | 0.33 a | 3.87 a | 1.17 a | 4.80 a | 2.88 a | 1.55 a |
| Tommy Atkins | 1.11 a | 0.24 a | 1.88 a | 0.21 a | 0.15 a | 0.28 a | 3.52 a | 1.02 a | 3.22 b | 2.06 a | 1.66 a |

^zmedias con diferente letra en cada columna son diferentes (Duncan, $p=0.05$).

Fertilidad del suelo

Los suelos de los huertos con los cvs. Haden y Tommy Atkins empleados en el presente estudio mostraron algunas diferencias en su fertilidad que fueron definidos con base a la Norma Oficial Mexicana sobre fertilidad y clasificación de suelos (PROY-NOM-021-RECNAT-2000) (Cuadro 7). Los huertos del cv. Haden presentaron diferencias en el contenido de N, P, K, Ca, Na, Fe, Zn y B. Para los huertos del cv. Tommy Atkins hubo diferente contenido de N, P, K, Na y B.

Producción

En 2009 la producción de los cinco árboles seleccionados en cada huerto fue la siguiente (kg árbol): Haden-1: 147, 124, 133, 133 y 129; Haden-2: 54, 53, 41, 58 y 23; Tommy Atkins-1: 49, 47, 69, 43 y 74; Tommy Atkins-2: 51, 104, 46, 68 y 66 kg. La comparación de medias (Duncan, $p=0.05$) mostró que la producción por árbol del cv. Haden (89.5 kg) fue superior a la de Tommy Atkins (61.7 kg).

Crop production

In 2009, the production of the five trees selected in each orchard was as follows (kg·tree⁻¹): Haden-1: 147, 124, 133, 133 and 129; Haden-2: 54, 53, 41, 58 and 23; Tommy Atkins-1: 49, 47, 69, 43 and 74; Tommy Atkins-2: 51, 104, 46, 68 and 66 kg. The means comparison (Duncan, $p=0.05$) showed a superior production per tree for the cv. Haden (89.5 kg) compared to Tommy Atkins (61.7 kg).

Discussion

The fruit tissues nutrient composition of the cvs. Haden and Tommy Atkins showed some differences that can be attributed to the orchard. The highest content of S in the pulp of the fruit from the Haden-1 orchard could be due to the higher amount of organic matter in the soil, since the major source of S is organic matter (Salazar-García, 2002). On the other hand, the highest content of Mn in the

Cuadro 7. Características de la fertilidad del suelo para cada huerto incluido en el estudio.
Table 7. Characteristics of soil fertility for each orchard included in the study.

| Profundidad (cm) | CIC (meq·100 g ⁻¹) | MO (%) | MO (mg kg ⁻¹) | N _i | P | K | Ca | Mg | S | Na | Fe | Cu | Mn | Zn | B |
|----------------------------|--------------------------------|--------|---------------------------|----------------|---------|-----------|-----------|---------|----------|---------|---------|----------|-------|--------|---|
| cv. Haden, Huerto 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 47.0 | 2.7 a | 40.5 A | 4.3 B | 141.0 B | 5461.0 A | 2275.0 MA | 5.27 B | 174.0 MB | 51.4 MA | 3.8 MA | 147.0 MA | 0.8 b | 0.3 MB | |
| 31-60 | 45.3 | 2.7 a | 25.1 a | 2.6 MB | 125.0 B | 4984.0 A | 2346.0 MA | 1.05 MB | 206.0 MB | 49.2 MA | 2.83 MA | 103.0 MA | 0.6 B | 0.4 B | |
| cv. Haden, Huerto 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 51.8 | 2.9 a | 124.0 MA | 14.7 b | 106.0 B | 6497.0 MA | 2188.0 MA | ND | 213.0 MB | 49.8 MA | 5.3 MA | 147.0 MA | 1.4 b | 0.6 B | |
| 31-60 | 55.6 | 1.4 B | 137.0 MA | 11.0 b | 83.9 MB | 7301.0 MA | 2157.0 MA | 17.9 a | 275.0 B | 45.0 A | 4.9 MA | 123.0 MA | 1.2 b | 0.5 B | |
| cv. Tommy Atkins, Huerto 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 60.9 | 1.4 B | 5.7 b | 15.1 b | 102.0 B | 8556.0 MA | 2056.0 MA | ND | 180.0 MB | 62.5 MA | 2.9 MA | 132.0 MA | 0.7 b | 0.5 B | |
| 31-60 | 68.4 | 1.2 B | 8.6 b | 8.7 B | 111.0 B | 9834.0 MA | 2195.0 MA | 15.8 m | 217.0 MB | 43.3 A | 2.6 MA | 94.6 MA | 0.6 b | 0.3 MB | |
| cv. Tommy Atkins, Huerto 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | 50.9 | 1.4 B | 5.7 b | 12.6 b | 87.7 MB | 6214.0 MA | 2272.0 MA | 13.7 a | 215.0 MB | 59.6 MA | 4.8 MA | 140.0 MA | 1.3 b | 0.6 B | |
| 31-60 | 52.4 | 3.2 a | 13.0 m | 6.8 B | 59.4 MB | 6601.0 MA | 2195.0 MA | 15.8 a | 277.0 B | 40.7 A | 4.1 MA | 96.9 MA | 1.1 b | 0.5 B | |

CIC= capacidad de intercambio catiónico; MO= materia orgánica; N_i= nitrógeno inorgánico; MB= muy bajo; B= moderadamente bajo; m= medio; a= moderadamente alto; A= alto; MA= muy alto; ND= no determinado (NOM-021-RECNAT-2000).

Discusión

La composición nutrimental de los tejidos del fruto de los cvs. Haden y Tommy Atkins mostró algunas diferencias atribuidas al huerto. El mayor contenido de S en la pulpa de los frutos del huerto Haden-1 pudo deberse al mayor contenido de materia orgánica en el suelo, ya que la principal fuente de S es la materia orgánica (Salazar-García, 2002). Por otro lado, el mayor contenido de Mn en el embrión de los frutos del huerto Haden-2 puede atribuirse a las aplicaciones foliares de elementos menores realizadas en este huerto. El mayor contenido de N y Cu en la testa de los frutos del huerto Tommy Atkins-1 pudo haber sido causado por la aspersión foliar del fertilizante Poly Feed® durante la floración.

La composición nutrimental de los tejidos del fruto de cada cultivar, sin considerar el efecto del huerto, también mostró diferencias. En ambos cultivares se observó un mayor contenido de Ca y Mg en la epidermis; el mayor contenido de Mg pudo deberse al muy alto porcentaje de saturación del suelo con Mg. Adicionalmente, en el cv. Tommy Atkins la aplicación al follaje de Poly Feed® pudo incrementar el contenido de Fe, Mn, Zn y B en los tejidos del fruto.

Cracknell-Torres *et al.* (2004) mencionaron que altas concentraciones de Ca y Mg en epidermis y pulpa previnieron desórdenes fisiológicos en frutos de mango. El Ca está relacionado con la presencia de desórdenes fisiológicos en el fruto; los mayores contenidos de este nutriente han sido asociados a mayor firmeza del fruto y su resistencia al manejo y transporte (Young *et al.*, 1962) ya que el papel principal del Ca es la formación de la pared celular (Aly *et al.*, 2011). Los mayores contenidos de N y P en el embrión pudieron haber sido causados las aspersiones foliares con nitrato de potasio para estimular la floración. Por su parte, los mayores contenidos de Mg y Zn encontrados en el embrión pueden ser debidos al contenido muy alto de estos en el suelo. La ausencia de diferencias en el contenido de S entre tejidos de ambos cultivares puede atribuirse a las aplicaciones al follaje de azufre humectable para el control de la enfermedad escoba de bruja (*Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*), realizadas en los huertos estudiados (Vega-Piña *et al.*, 2003).

En la composición nutrimental las interacciones cultivar*tejido significativas para P y K se asociaron con el mayor contenido de estos nutrientes en el embrión de ambos cultivares. Asimismo, en el cv. Tommy Atkins, esta interacción se relacionó con el mayor contenido de K en la pulpa.

embryo of the fruit from the Haden-2 orchard could be due to the foliar applications of minor elements carried out in this orchard. The higher content of N and Cu in the testa of the fruit of the Tommy Atkins-1 orchard could be caused by spraying Poly Feed® fertilizer during flowering.

The nutrient composition of fruit tissues of each cultivar, regardless of the effect of the orchard, also showed significant differences. Both cultivars showed a higher content of Ca and Mg in the epidermis; the higher content of Mg could be due to the very high percentage of Mg saturation in the soil. In addition, in the cv. Tommy Atkins, foliage application of Poly Feed® could increase the content of Fe, Mn, Zn and B in fruit's tissues.

Cracknell-Torres *et al.* (2004) mentioned that high concentrations of Ca and Mg in the epidermis and pulp prevented physiological disorders in mango fruit. Calcium is related to the presence of fruit physiological disorders; high contents of this nutrient have been related to greater fruit firmness and resistance to handling and transportation (Young *et al.*, 1962), since the main role of Ca is the formation of cell wall (Aly *et al.*, 2011). Spraying the foliage with potassium nitrate to stimulate flowering could have caused the highest contents of N and P in the embryo. Likewise, the highest contents of Mg and Zn found in the embryo can be due to the very high contents of these elements in the soil. The lack of differences in the content of S among tissues for both cultivars could be due to having applied wettable sulfur to the foliage to control the witches' broom (*Fusarium oxysporum* and *F. subglutinans*) disease in the orchards studied (Vega-Piña *et al.*, 2003).

In the nutrient composition, the significant cultivar*tissue interactions for P and K were related to the highest content of these nutrients in the embryo of both cultivars. Likewise, in the cv. Tommy Atkins, this interaction was related to the higher content of K in the pulp.

Differences in the amount of nutrients removed by the tissues were due to the proportion in which each tissue makes up the fruit. In both cultivars, the pulp presented the greatest amount of nutrients removed and epidermis had intermediate values. The greater removal by the pulp was because the highest proportion of fruit biomass corresponded to this tissue (Laborem-Escalona *et al.*, 1979). The testa was the tissue with the lowest amount of nutrients removed, which coincided with the fruit tissues of the cv. Manila (Guzmán-Estrada *et al.*, 1997).

Las diferencias en la cantidad de nutrimentos removidos por los tejidos son debidas a la proporción en que cada tejido conforma al fruto. En ambos cultivares la pulpa presentó la mayor cantidad de nutrimentos removidos y la epidermis presentó valores intermedios. La mayor remoción por la pulpa se debió a que el mayor porcentaje de la biomasa del fruto correspondió a este tejido (Laborem-Escalona *et al.*, 1979). La testa fue el tejido con menor cantidad de nutrimentos removidos, lo cual coincidió con los tejidos del fruto de mango cv. Manila (Guzmán-Estrada *et al.*, 1997).

En la remoción de nutrimentos por los tejidos de los frutos la interacción cultivar*tejido únicamente fue significativa para P. En el cv. Haden la interacción fue con la pulpa y el embrión y en el cv. Tommy Atkins únicamente con la pulpa. Esto se atribuyó a que en ambos cultivares la pulpa es el tejido que presentó el mayor contenido nutrimental (Guzmán-Estrada *et al.*, 1997) y representa en promedio de 67 a 77% del total del fruto (Laborem-Escalona *et al.*, 1979). Lo anterior coincide con lo encontrado en el presente trabajo, 74% para 'Haden' y 73% para 'Tommy Atkins'.

La cantidad de nutrimentos removidos por tonelada de fruto fresco fue casi igual para los cvs. Haden y Tommy Atkins. El único nutrimento que mostró diferencia fue el Mn, que fue removido en mayor cantidad por los frutos de 'Haden'. Esto pudo deberse a las diferencias en el número de aplicaciones de micronutrimentos realizadas a los huertos (tres en 'Haden' y una en 'Tommy Atkins'). Por otro lado, en Venezuela, Rodríguez y Morales (2005) mencionaron que este cultivar tiene capacidad de absorber y almacenar niveles elevados de Mn y reportan un contenido foliar promedio de 802 mg kg⁻¹; esto podría explicar los resultados obtenidos. La remoción de N, P, K, Ca y Mg por el fruto de los cvs. Haden y Tommy Atkins encontrada en el presente estudio fue semejante a la reportada por Huett y Dirou (2000) para mango 'Kensington Pride' en Australia; sin embargo, la cantidad de S removida por los frutos de 'Haden' y 'Tommy Atkins' fue más del doble que la de los frutos de 'Kensington Pride'. Esto último puede atribuirse al control intensivo, con aplicación foliar de azufre humectable, de la enfermedad escoba de bruja (Vega-Piña *et al.*, 2003).

La producción de los cvs. Haden y Tommy Atkins fue diferente. El cv. Haden tuvo una producción superior a la del cv. Tommy Atkins. Esta diferencia probablemente se debió a que 'Haden' recibió mayor fertilización al suelo y al follaje. Aunque la remoción nutrimental por tonelada de fruto fue prácticamente igual para ambos cultivares, la mayor producción del cv. Haden implicó que en los huertos

In the removal of nutrients by the tissues of the fruit, the interaction cultivar*tissue was only significant for P. In the cv. Haden, interaction was with the pulp and the embryo, and in the cv. Tommy Atkins, only with the pulp. This was due to the fact that in both cultivars the pulp is the tissue that presented the highest nutrient content (Guzmán-Estrada *et al.*, 1997) and it accounts for an average of 67 to 77% of the total of the fruit (Laborem-Escalona *et al.*, 1979). This corresponds with findings in the present work, 74% for 'Haden' and 73% for 'Tommy Atkins'.

The amount of nutrients removed per ton of fresh fruit was almost equal for cvs. Haden and Tommy Atkins. The only nutrient that showed a difference was Mn, which was removed in greater amount by 'Haden' fruit. This could be due to the differences in the number of applications of micronutrients performed on the orchards (three in 'Haden' and one in 'Tommy Atkins'). On the other hand, in Venezuela, Rodríguez and Morales (2005) mentioned that this cultivar has the capacity of absorbing and storing high levels of Mn, and they report an average foliar content of 802 mg·kg⁻¹; this could explain the results obtained. The removal of N, P, K, Ca and Mg by the fruit of cvs. Haden and Tommy Atkins found in this study was similar to that reported by Huett and Dirou (2000) for 'Kensington Pride' mango in Australia; however, the amount of S removed by the fruit of 'Haden' and 'Tommy Atkins' was more than double than found for 'Kensington Pride' fruit. This can be due to the intensive control, with foliar applications of wettable sulfur, of the witches' broom disease (Vega-Piña *et al.*, 2003).

Crop production for cvs. Haden and Tommy Atkins was different. 'Haden' had higher yield 'Tommy Atkins'. This difference was probably due to 'Haden' receiving more soil and foliar fertilization. Although the nutrient removal per ton of fruit was practically equal for both cultivars, the highest production of cv. Haden implied that more nutrients were removed by orchards of this cultivar, the additional removal being of approximately (kg) 0.03 N, 0.01 P, 0.1 K, 0.01 Ca, 0.004 Mg, 0.01 S and (g) 0.11 Fe, 0.03 Cu, 0.13 Mn, 0.08 Zn, and 0.04 B.

Conclusions

In the cvs. Haden and Tommy Atkins, the tissues of the fruit with the greater concentrations of nutrients were epidermis and embryo. In 'Haden' the epidermis presented

de este cultivar se removieran más nutrimentos, siendo la remoción adicional del orden de (kg) 0.03 N, 0.01 P, 0.1 K, 0.01 Ca, 0.004 Mg, 0.01 S y (g) 0.11 Fe, 0.03 Cu, 0.13 Mn, 0.08 Zn y 0.04 B.

Conclusiones

En los cvs. Haden y Tommy Atkins los tejidos del fruto con mayores concentraciones de nutrimentos fueron la epidermis y el embrión. La epidermis de 'Haden' presentó mayor contenido de Ca, Mg y Mn y el embrión mayor concentración de N, P, Mg, Cu y Zn. La epidermis de 'Tommy Atkins' presentó mayor contenido de Ca, Mg y B y el embrión mayor cantidad de P, K, Mg, Cu y Zn.

En ambos cultivares de mango los tejidos que removieron mayor cantidad de nutrimentos fueron la pulpa y la epidermis y la menor remoción fue por la testa.

La cantidad de nutrimentos removidos por tonelada de fruto fresco fue similar para los cvs. Haden y Tommy Atkins, con excepción del Mn, siendo la pulpa de ambos cultivares el tejido que removió la mayor cantidad de nutrimentos

Los intervalos de remoción nutrimental para 'Haden' y 'Tommy Atkins' fueron (kg t^{-1} fruto fresco): N (1.03-1.11), P (0.22-0.24), K (1.88-2.14), Ca (0.21-0.31), Mg (0.14-0.15), S (0.28-0.33); (g t^{-1} fruto fresco): Fe (3.5-3.8), Cu (1.0-1.1), Mn (3.2-4.8), Zn (2.0-2.8) y B (1.5-1.6).

El orden de la cantidad de nutrimentos removidos por la cosecha de mango 'Haden' fue: $\text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$. En el caso de 'Tommy Atkins' fue: $\text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$.

Agradecimientos

La autora principal agradece el financiamiento parcial del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el fondo CONACYT-FORDECYT. Y, el apoyo técnico de José González-Valdivia y la colaboración de los productores de mango Rafael Guzmán, J. Guadalupe Ortiz y Rafael García por facilitar sus huertos para la investigación.

higher contents of Ca, Mg and Mn, and the embryo showed higher concentrations N, P, Mg, Cu and Zn. The epidermis of 'Tommy Atkins' had higher contents of Ca, Mg and B, and the embryo, higher concentrations of P, K, Mg, Cu and Zn.

In both mango cultivars, the tissues that removed the greatest amount of nutrients were the pulp and the epidermis, and the lowest removal was for the testa.

The amount of nutrients removed per ton of fresh fruit was similar for cvs. Haden and Tommy Atkins, except for Mn; the pulp of both cultivars being the tissue that removed the greatest amount of nutrients.

The intervals of nutrient removal for 'Haden' and 'Tommy Atkins' were ($\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$ fresh fruit): N (1.03-1.11), P (0.22-0.24), K (1.88-2.14), Ca (0.21-0.31), Mg (0.14-0.15), S (0.28-0.33); ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ fresh fruit): Fe (3.5-3.8), Cu (1.0-1.1), Mn (3.2-4.8), Zn (2.0-2.8) and B (1.5-1.6).

The order of the amount of nutrients removed by the crop of 'Haden' mango was: $\text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{Ca} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$. In the case of 'Tommy Atkins', it was: $\text{K} > \text{N} > \text{S} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{B} > \text{Cu}$.

End of the English version



Literatura citada

- Aly, M. A.; Thanaa, M. E. and Rehab, M. A. 2011. Response of mango trees to natural preharvest foliar sprays: Yield, leaf and fruit mineral content and fruit quality. Netherlands. J. Saudi Soc. Agric. Sci. 15:1-11.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official methods of analysis. Herlich, K. (Ed.). 15th ed. Arlington, Virginia, USA. 918 p.
- Avilán-Rovira, L. A. y Rengifo-Álvarez, C. 1992. El cultivo del manguero en Venezuela III. Fertilización. Venezuela. FONAIAP Divulga 40 abril-junio.
- Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. 2007 (BRMRS). IUSS grupo de trabajo WRB. Primera actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 117 p.

- Beerh, O. P.; Raghuramaiah, B.; Krishnamurthy, G. V. and Giridhar, N. 1976. Utilization of mango waste: recovery of juice from waste pulp and peel. India. *J. Food Sci. Technol.* 13:138-141.
- Bingham, F. T. 1982. Boron. *In: methods of soil analysis, Part 2.* Page, A. L.; Miller, R. H. and Keeney, D. R. (Eds.) 2nd Ed. Madison, WI., USA. Am. Soc. Agron. 431-446 pp.
- Bray, R. H. and Kurtz, L. T. 1945. Determination of total, organic and available phosphorus in soil. USA. *Soil. Sci.* 59:39-45.
- Bremer, J. M. 1965. Total nitrogen. *In: methods of soil analysis. Part 2.* Black, C. A. (ed.). Am. Soc. Agron. Madison, WI., USA. 1135-1147 pp.
- Chávez-Contreras, X.; Vega-Piña, A.; Tapia-Vargas, L. M. y Miranda-Salcedo, M. A. 2001. Mango, su manejo y producción en el trópico seco de México. INIFAP, CIRPAC. Michoacán, México. Libro técnico Núm. 1. 108 p.
- Cracknell-Torres, A.; Cid-Ballarín, M. C.; Socorro-Monzón, A. R.; Fernández-Galván, D.; Rosell-García, P. and Galán-Sauco. 2004. Effects of nitrogen and calcium supply on the incidence of internal fruit breakdown in 'Tommy Atkins' mangoes (*Mangifera indica* L.) grown in a soilless system. Belgium. *Acta Hortic.* 645:387-393.
- Enríquez-Reyes, S. 1989. Análisis de boro en suelos y plantas mediante el método de Azometina-H. México. *Terra* 7(1):13-20.
- García-Amaro, E. 1988. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000 000 México. Shapefile Online.
- Guzmán-Estrada, C.; Mosqueda-Vázquez, R.; Alcalde-Blanco, S. and Martínez-Garza, A. 1997. Content and extraction of several nutrients by mango fruits of Manila cultivar. Belgium. *Acta Hortic.* 455:465-470.
- Hemavathy, J.; Prabhakar, J. V., and Sen, D. P. 1988. Drying and storage behaviour of mango (*Mangifera indica*) and composition of kernel fat. Netherlands. *Asia Food J.* 4:59-63.
- Hendershot, W. H.; Lalonde, H. and Duquette, M. 2008. Soil reaction and exchangeable acidity. *In: soil sampling and methods of analysis.* Carter, M. R. and Gregorich, E. G. (Ed.). 2nd Ed. Canadian Soc. Soil Sci. Boca Raton, FL., USA. 173-178 pp.
- Huett, D. O. and Dirou, J. F. 2000. An evaluation of the rationale for fertilizer management of tropical fruit crops. Australia. *Australian J. Exp. Agric.* 40(8):1137-1143.
- Jones, B. Jr. and Case, V. W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. *In: soil testing and plant analysis.* Westerman, R. L. (Ed.). 2nd Ed. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI., USA. 390-426 pp.
- Keeney, D. R. and Nelson, D. W. 1982. Nitrogen-inorganic forms. *In: methods of soil analysis. Part 2.* Page, A. L.; Miller, R. H. and Keeney D.R. (Eds.) 2nd Ed. Am. Soc. Agron. Madison, WI., USA. 403-430 pp.
- Laborem-Escalona, G.; Avilán-Rovira, L. y Figueroa-Maximiano, C. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.). Venezuela. *Agron. Trop.* 29(1):3-15.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. USA. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421-428.
- Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. *In: Methods of soil analysis, Part 2.* Page, A. L.; Miller, R. H. and Keeney, D. R. (Eds.) 2nd Ed. Am. Soc. Agron. Madison, WI., USA. 539-594 pp.
- Rhoades, J. D. 1982. Cation exchange capacity. *In: methods of soil analysis. Part 2.* Page, A. L.; Miller, R. H. and Keeney, D. R. (Eds.) 2nd Ed. Am. Soc. Agron. Madison, WI., USA. 149-157 pp.
- Rhoades, J. D. 1996. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. *In: methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods.* Sparks, D. L.; Paga, A. L.; Helmke, P. A.; Loeppert, R. H.; Soltanpour, P. N.; Tabatabai, M. A.; Johnston C. T. and Sumner, M. E. (Eds.). 3rd. Am. Soc. Agron. Madison, WI., USA. 417-435 pp.
- Rodríguez, M. y Morales, V. 2005. Toxicidad por manganeso en huertos de mango Haden en Venezuela. Ecuador. *Informaciones Agronómicas.* 56:9-11.
- Romero-Gomezcaña, N. R.; Sánchez-García, P.; Rodríguez-Alcázar, J. y Saucedo-Veloz, C. 2006. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv. Haden. México. *Agric. Téc. Méx.* 32(1):5-15.
- Salazar-García, S. and Lazcano-Ferrat, I. 2001. Identifying fruit mineral removal differences in four avocado cultivars. USA. *Better Crops International.* 15(1):28-31.

- Salazar-García, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, Querétaro, México. 165 p.
- Sergent, E. 1999. El cultivo del mango (*Mangifera indica* L.): botánica, manejo y comercialización. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (Ed). Universidad Central de Venezuela. Colección monografías 72. Caracas, Venezuela. 308 p.
- Vega-Pina, A.; Angel-Nieto, D. and Mena-Nevarez, G. 2000. Effect of water stress and chemical spray treatments on postharvest quality in mango fruits cv. Haden, in Michoacán, Méx. Belgium. *Acta Hort.* 509:617-630.
- Young, T. W.; Koo, R. C. J. and Miner, J. T. 1962. Effect of nitrogen, potassium and calcium fertilization on Kent mangoes in deep, acid, and sandy soil. USA. Florida State Horticultural Society. 75:364-371.
- Zhou-Xiuchong; Liu-Guojian; Yao-Jianwu; Ai-Shaoying and Yao-Lixian. 2001. Balanced fertilization on mango in southern China. USA. *Better Crops International*. 15(2):16-19.