



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FRUTICULTURA

**COMPOSICIÓN Y REMOCIÓN DE NUTRIMENTOS Y
CALIDAD DEL FRUTO DE MANGO (*Mangifera indica* L.)
EN DIFERENTES AMBIENTES**

ADRIANA MELLADO VÁZQUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2012

La presente tesis titulada: “Composición y remoción de nutrimentos y calidad del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) en diferentes ambientes” realizada por la alumna: Adriana Mellado Vázquez, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD – FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. ALFREDO LÓPEZ JIMÉNEZ

DIRECTOR DE TESIS:



DR. SAMUEL SALAZAR GARCÍA

ASESOR:



DR. CRESCENCIANO SAUCEDO VELOZ

ASESOR:



DR. ISIDRO JOSÉ LUIS GONZÁLEZ DURÁN

ASESOR:



DR. PROMETEO SÁNCHEZ GARCÍA

COMPOSICIÓN Y REMOCIÓN DE NUTRIMENTOS Y CALIDAD DEL FRUTO DE MANGO (*Mangifera indica* L.) EN DIFERENTES AMBIENTES

Adriana Mellado Vázquez, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2012.

RESUMEN

Se estudió la influencia de las condiciones de cultivo (clima, riego o temporal y tipo de suelo) en la composición nutrimental de los tejidos del fruto (epicarpio, pulpa, testa y embrión) y en la remoción de nutrimentos por tejido y por tonelada de fruto fresco de los cvs. Ataulfo, Kent, Keitt y Tommy Atkins. Asimismo, en ‘Ataulfo’ y ‘Tommy Atkins’ se estudió la relación entre el contenido nutrimental en suelo, hojas, epicarpio y pulpa (materia seca) y pulpa fresca, con la calidad postcosecha. Se trabajó con árboles altamente productivos (producción superior a los 150 kg·árbol⁻¹), seleccionados en el 2008 de los que se cosecharon frutos en madurez fisiológica. En la materia seca de cada tejido se determinó la concentración de: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B, y con base en esto se calculó la remoción nutrimental. En postcosecha se evaluó firmeza del fruto, color externo e interno, contenido de sólidos solubles totales, acidez y vitamina C. Las condiciones de cultivo afectaron la composición nutrimental de los tejidos del fruto y la remoción de nutrimentos, siendo N, P, K, Ca y Mn los menos afectados. El riego incrementó la remoción de nutrimentos por los frutos de ‘Ataulfo’ y ‘Kent’. El tipo de suelo mostró poco efecto sobre la remoción de nutrimentos de ‘Kent’ y ‘Tommy Atkins’. La calidad postcosecha de los frutos de ambos cultivares fue afectada por el contenido de nutrimentos en suelo y hoja.

PALABRAS CLAVE: *Mangifera indica* L., epicarpio, pulpa, testa, embrión, calidad postcosecha.

NUTRIENT COMPOSITION AND REMOVAL, AND FRUIT QUALITY OF MANGO
(*Mangifera indica* L.) IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

Adriana Mellado Vázquez, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012.

ABSTRACT

It was studied the influence of growing conditions (climate, soil moisture regime and soil type) in the nutritional composition of fruit tissues (epicarp, pulp, seed coat and embryo) and the removal of nutrients by tissue and ton of fresh fruit of cvs. Ataulfo, Kent, Keitt and Tommy Atkins. Also in 'Ataulfo' and 'Tommy Atkins' we studied the relationship between nutrient content in soil, leaves, epicarp and pulp (dry matter) and fresh pulp with postharvest quality. We worked with highly productive trees (producing over 150 kg·tree⁻¹), selected in 2008 from which fruits were harvested at physiological maturity. In the dry matter of each tissue was determined content of: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B, and on this basis calculated the nutrient removal of tissue and per ton of fresh fruit. Postharvest quality included fruit firmness, color external and internal, total soluble solids, acidity and vitamin C. Culture conditions affect the nutritional composition of fruit tissues and the removal of nutrients, with N, P, K, Ca and Mn the least affected. The moisture condition affected the removal of nutrients from the fruits of 'Ataulfo' and 'Kent'. Soil type showed little effect on nutrient removal by the fruits of 'Kent' and 'Tommy Atkins'. Postharvest quality of fruits of both cultivars was affected by the nutrient content in soil and leaf.

KEY WORDS: *Mangifera indica* L., skin, pulp, seed coat, embryo, post-harvest quality.

A mi mamá Beatriz Vázquez López y a mis hermanas Betty y Beky, por su infinita disposición
para apoyarme.

A mis amigas Lucy, Mary, Rebe, Paty y Pera.

AGRADECIMIENTOS

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

Al CONACYT por el apoyo proporcionado al Proyecto 115830 “Manejo Sostenible y Competitivo del Mango para Exportación en el Occidente de México, considerando la Nutrición del Árbol, su Fisiología Reproductiva y la Influencia del Cambio Climático”.

Al Dr. Samuel Salazar García, por su paciencia y asesoría.

Al Dr. Roberto Gómez Aguilar por su apoyo y disponibilidad para asesorarme.

A los investigadores del INIFAP César A. Treviño De la Fuente, Martín F. Tucuch-Cauich, Moisés Alonso Báez, Aristeo Barrios Ayala, Heidi M. Medina Montenegro y Manuel E. Ovando Cruz.

Al Ing. José González Valdivia, T.S.U. Sergio O. Álvarez López, Lic. Oscar A. Barbosa Arana.

Al M.C. David Jaen Contreras y a todas las personas que contribuyeron de manera directa o indirecta conmigo.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
LITERATURA CITADA	3
CAPÍTULO I. COMPOSICION MINERAL DE LOS TEJIDOS DEL FRUTO DE MANGO EN DIFERENTES AMBIENTES	4
RESUMEN	4
SUMMARY	5
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.2 MATERIALES Y MÉTODOS	9
1.3 RESULTADOS	12
1.4 DISCUSIÓN	15
1.5 CONCLUSIONES	18
1.6 LITERATURA CITADA	19
1.7 CUADROS	21
CAPÍTULO II. REMOCION NUTRIMENTAL DEL FRUTO DE MANGO EN DIFERENTES AMBIENTES	27
RESUMEN	27
SUMMARY	28
2.1 INTRODUCCIÓN	29
2.2 MATERIALES Y METODOS	32
2.3 RESULTADOS	35
2.4 DISCUSIÓN	40
2.5 CONCLUSIONES	43
2.6 LITERATURA CITADA	44

2.7 CUADROS	46
2.8 FIGURAS	51
CAPÍTULO III. CALIDAD POSTCOSECHA DEL MANGO (<i>Mangifera indica</i> L.)	
‘ATAULFO’ Y ‘TOMMY ATKINS’ EN RELACIÓN CON LOS NUTRIMENTOS DEL SUELO, HOJA Y FRUTO	56
RESUMEN	56
SUMMARY	57
3.1 INTRODUCCIÓN	58
3.2 MATERIALES Y METODOS	60
3.3 RESULTADOS	68
3.4 DISCUSIÓN	78
3.5 CONCLUSIONES	82
3.6 LITERATURA CITADA	83
3.7 CUADROS	87
3.8 FIGURAS	95
CONCLUSIONES GENERALES	100

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México se destinan cerca de 183 mil ha al cultivo de mango [1], las cuales se encuentran distribuidas en al menos diez estados del país. Cada Estado cuenta con diferentes características de clima, presencia o ausencia de riego y tipo de suelo [1], algunas de ellas altamente contrastantes. Se pueden encontrar precipitaciones del orden de los 752 mm anuales en Apatzingán, Michoacán, hasta los 4,172 mm en Chiapas. También la temperatura a lo largo del año es variable, por ejemplo, en Campeche, Campeche se reportan oscilaciones de 22.3 a 28.9 °C, en Rosario, Sinaloa de 21.7 a 28.9 °C y en Apatzingán, Michoacán de 24.7 a 32.7 °C [2].

Otra variante que se presenta en la producción de mango en México es la disponibilidad de agua, ya que se cultiva tanto en condiciones de riego como sin riego (temporal). Para 2010 existían 89000 ha y 68000 ha respectivamente [1], siendo los cultivares de mayor importancia según su superficie cultivada: Ataulfo (44558 ha), Manila (39104 ha), Haden (25219 ha), Tommy Atkins (21508 ha), Kent (16993 ha) y Keitt (8553 ha) [1]. Para cada uno de estos cultivares de mango, la proporción de superficie que se cultiva sin riego es 66%, 66%, 21%, 52%, 56% y 84%, respectivamente.

Además del contraste por la presencia o ausencia de riego, los huertos de mango presentan diferencias en las características de sus suelos, cuyas texturas pueden ser arcillosas, franco-arcillo-arenosas o areno-francas. Asimismo, presentan diferencias en el pH, encontrándose desde moderadamente alcalinos en el estado de Campeche, hasta neutros y fuertemente ácidos en el estado de Nayarit.

Las condiciones de clima, presencia o ausencia de riego y tipo de suelo causan variaciones en la disponibilidad de nutrimentos. Esto a su vez, podría modificar la composición de los frutos de mango en cada región productora. Por otro lado, al momento de ser cosechados los frutos de mango remueven del huerto diversos nutrimentos contenidos en sus tejidos. Si estos nutrimentos no son repuestos la fertilidad del suelo disminuye, así como la productividad del huerto.

Tanto la composición de los frutos de mango como el manejo óptimo de la nutrición, derivado del conocimiento de la cantidad de nutrimentos removidos por la cosecha, afectan la calidad postcosecha de los frutos. A su vez, la calidad final de los frutos de mango se ve afectada por factores como las condiciones climatológicas durante el período de producción, el grado de satisfacción de los requerimientos de agua y nutrimentos del cultivo, el manejo de plagas, enfermedades y malezas, sin pasar por alto las maniobras de traslado a los empaques o centros de distribución. Además, los factores agronómicos, genéticos, fisiológicos [3], así como la fecha de cosecha [4, 5], afectan la calidad y conservación de los frutos en postcosecha.

Aunque se han realizado investigaciones sobre la composición nutrimental del fruto de mango y la remoción de nutrimentos por la cosecha, éstas no han sido dirigidas hacia un manejo eficiente de la nutrición. Asimismo, en las investigaciones ha faltado estudiar el comportamiento de la composición nutrimental de los frutos y de la remoción de nutrimentos, en diferentes climas, tipos de suelo y manejos agronómicos.

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron determinar la influencia de las condiciones de cultivo (clima, presencia o ausencia de riego, y tipo de suelo) en la composición

nutrimental de los tejidos (epicarpio, pulpa, testa y embrión) del fruto de mango cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins procedentes de cinco Estados de la República Mexicana; determinar la influencia de las condiciones de cultivo en la remoción de nutrimentos por los tejidos y por tonelada de fruto fresco de mango, para los cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins en cinco Estados de México y estudiar la relación entre la fertilidad del suelo, el contenido nutrimental foliar y el contenido nutrimental en el epicarpio y en la pulpa (materia seca (m.s.)) con el comportamiento postcosecha de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) de los cvs. Ataulfo en Chiapas y Nayarit, y Tommy Atkins en Campeche y Nayarit, así como la relación entre el contenido nutrimental en pulpa fresca y el comportamiento postcosecha de los mismos cultivares.

LITERATURA CITADA

- [1] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Producción anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo. URL: <http://www.siap.gob.mx>.
- [2] SMN. 2002. Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas 1971–2000. <http://www.smn.cna.gob.mx/climatologia/normales/estacion/oaxaca/NORMAL20328.TXT> (consultado 20 marzo 2012).
- [3] Romojaro, F., Martínez-Madrid, M.C., Pretel, M.T. 2006. Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. V Simposio Ibérico VIII Nacional de Maduración y Post-Recolección, Orihuela Alicante. pp. 91-96.
- [4] Osuna-García, J. A.; Guzmán, R. M. L.; Tovar, G. B.; Mata, M. M. y Vidal, M. V. A. 2002. Calidad del mango Ataulfo producido en Nayarit México. Rev. Fitotec. Mexicana. 25(4):367-374.
- [5] Briceño, S.; Zambrano, J.; Materano, W.; Quintero, I.; y Valera, A. 2005. Calidad de los frutos de mango 'Bocado', madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica. Agronomía Tropical. 55(4): 461-473.

CAPÍTULO I. COMPOSICION MINERAL DE LOS TEJIDOS DEL FRUTO DE MANGO EN DIFERENTES AMBIENTES

RESUMEN

Las diferencias en clima, humedad (riego o temporal) y tipo de suelo que presentan las poco más de 150 mil ha con mango plantadas en México, pueden causar variaciones en la disponibilidad de nutrimentos y modificar la composición nutrimental de los frutos. El objetivo fue determinar la influencia de las condiciones de cultivo (clima, riego o sin riego, y tipo de suelo) en la composición nutrimental de los tejidos del fruto de mango cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins procedentes de seis Estados de la República Mexicana. Se seleccionaron huertos en edad productiva y se cosecharon frutos en madurez fisiológica considerando su tamaño, forma, color y formación de la cavidad en la base del pedúnculo, los cuales fueron separados en epicarpio, pulpa, testa y embrión. En la materia seca se determinó la concentración de: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B. Se realizó análisis de la varianza y comparación de medias de Duncan ($P = 0.05$). La composición nutrimental de los tejidos de frutos 'Ataulfo', 'Kent' y 'Tommy Atkins' fueron mayormente afectados por las condiciones de cultivo y los de 'Kent' mostraron menor efecto de dichas condiciones. Las condiciones de cultivo afectaron la composición nutrimental de los tejidos del fruto de los cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins. Los contenidos de N, P, K, Ca y Mn en los tejidos del fruto de mango de los cultivares estudiados fueron los menos afectados por las condiciones de cultivo incluidas en esta investigación.

PALABRAS CLAVE: *Mangifera indica* L., epicarpio, pulpa, testa, embrión.

CHAPTER I. MINERAL COMPOSITION OF MANGO FRUIT TISSUES IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

SUMMARY

Differences in climate, moisture (irrigation or rainfed) and soil type presented by just over 150 thousand hectares with a handle, may cause variations in nutrient availability and modify fruits nutritional composition. The aim was to determine influence culture conditions (climate, irrigation or rainfed, and soil type) on the fruit tissues nutritional composition of mango cvs. Ataulfo, Keitt, Kent and Tommy Atkins from six states of Mexico. Productive orchards were selected and fruits were harvested at physiological maturity considering its size, shape, color and formation of the cavity at the peduncle base, which were separated into skin, pulp, seed coat and embryo. In the dry matter it was determined content of: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B. We performed analysis of variance and Duncan's mean comparison ($P = 0.05$). Nutritional fruit tissues composition 'Ataulfo', 'Kent' and 'Tommy Atkins' were largely affected by growing conditions and those of 'Kent' showed less effect of these conditions. Culture conditions affect fruit tissues nutritional composition of cvs. Ataulfo, Keitt, Kent and Tommy Atkins. Contents of N, P, K, Ca and Mn in the tissues of mango fruit of the cultivars studied were the least affected by growing conditions included in this research.

KEY WORDS: *Mangifera indica* L., skin, pulp, seed coat, embryo.

1.1 INTRODUCCIÓN

Los frutos de mango cosechados llevan consigo nutrientes que son eliminados del sistema de producción. Estos nutrientes deben reponerse para evitar que disminuya la fertilidad del suelo y la productividad del huerto. Por ello es necesario conocer la composición nutrimental del fruto y si ésta es influenciada por el clima, la humedad del suelo o por el tipo de suelo.

En México el mango se cultiva tanto en condiciones de temporal (sin riego) como con riego. Para 2010 existían 89,000 ha y 68,000 ha respectivamente [1]. Los cultivares más importantes según su superficie cultivada son: Ataulfo (44,558 ha), Manila (39,104 ha), Haden (25,219 ha), Tommy Atkins (21,508 ha), Kent (16,993 ha) y Keitt (8,553 ha) [1]. Para cada uno de estos cultivares de mango, la proporción de superficie que se cultiva sin riego es 66, 66, 21, 52, 56 y 84%, respectivamente.

Además del contraste en el riego, los huertos de mango presentan diferencias en las características de sus suelos, cuyas texturas pueden ser arcillosas, franco-arcillo-arenosas o areno-francas. Asimismo, presentan diferencias en el pH, encontrándose desde moderadamente alcalinos en el estado de Campeche, hasta neutros y fuertemente ácidos en el Estado de Nayarit. Estas condiciones causan variaciones en la disponibilidad de nutrientes, situación que podría modificar la composición de los frutos de mango en cada región productora.

Son pocos los estudios en donde se ha comparado la influencia de las condiciones de cultivo (CC) sobre la composición nutrimental de los tejidos del fruto de mango. Sin embargo, existe información sobre la composición nutrimental del fruto sin analizar el efecto de las condiciones

de cultivo. Por ejemplo, en un clima subtropical húmedo de Australia el fruto del cv. Keitt presentó en la materia seca (m.s.) mayor concentración de N en el epicarpio y pulpa (0.73 y 0.57 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$, m.s., respectivamente) en los frutos de árboles fertilizados que en los provenientes de árboles sin fertilizar (0.53 y 0.47 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$, m.s., respectivamente) [2].

En otros estudios, además de los datos de clima se mencionan características del suelo. En clima subtropical de la India, suelo franco arenoso con pH 8.5, contenido medio de P disponible y alto en K, se estudió la relación entre la presencia de picaduras en el fruto ('fruit pitting') y el estado nutrimental de frutos de mango de cultivares Indios (Alphonso, Amrapali, Dashehari, Mallija y Neelum) y exóticos (Edward, Irwin, Rosari, Sensation y Tommy Atkins). Se encontró menor contenido de Ca (1.53 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ m. s.) y B (22 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ m. s.) en la pulpa de frutos dañados, comparado con el de frutos normales (2.47 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ m. s. y 38 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ m. s., respectivamente) [3]. Para 'Tommy Atkins' en clima tropical y suelo latosol con buen drenaje, muy poroso, de textura fina y pobre fertilidad (según el sistema de clasificación de suelos de la 7ª aproximación, pertenecen al orden de los oxisoles) en el noreste de Brasil, se documentaron los contenidos nutrimentales en tejidos de frutos con y sin desórdenes fisiológicos. Fue mayor el contenido de Ca y Mg (0.23 y 0.30 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$, respectivamente) y menor el de N y B (0.76 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ y 12.75 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente) en el epicarpio de frutos sanos, que en aquellos con desórdenes fisiológicos (no se mencionan cuales) (0.19 Ca, 0.25 Mg y 0.94 N $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$; 14.75 B $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). En frutos sanos el contenido de Ca y Mg en la pulpa (0.05 y 0.12 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$, respectivamente) y el de Mg en la semilla (testa y embrión) (0.12 $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) también fue superior [4].

Un trabajo realizado en el clima tropical de Venezuela, con precipitación anual entre 850 y 1000 mm, temperatura media anual de 24 a 26 °C y suelos de la serie Maracay (de acuerdo a la 7a aproximación 'Flaventic Haplustoll') con fertilidad natural media a baja, se encontró el siguiente contenido nutrimental (m. s.) en los tejidos del fruto (pulpa, concha y semilla [sic]) de mango 'Haden': 1.93 N, 0.35 P, 2.58 K, 1.94 Ca y 1.01 Mg g·100 g⁻¹; 147 Fe, 244 Mn, 102 Cu, 90 Zn y 38 B mg·kg⁻¹; 'Kent' 2.71 N, 0.17 P, 2.21 K, 1.61 Ca, 1.06 y Mg g·100 g⁻¹; 63 Fe, 87 Mn, 76 Cu, 84 Zn y 145 B mg·kg⁻¹; y 'Tommy Atkins' 3.47 N, 0.49 P, 2.10 K, 2.05 Ca y 1.69 Mg g·100 g⁻¹; 131 Fe, 238 Mn, 121 Cu, 99 Zn y 48 B mg·kg⁻¹ [5].

En el clima tropical de la India, con temperatura máxima anual de 27.5 °C y de 230 a 631 mm de lluvia en los cuatro meses más lluviosos (junio a septiembre) y suelos ácidos arenosos, se mencionó que frutos (no se especifica tejido) del cv. Dashehari con necrosis interna presentaron mayor contenido (m. s.) de N y K (0.66 y 0.64 g·100 g⁻¹, respectivamente) en comparación con frutos sanos (0.59 N y 0.59 K g·100 g⁻¹, respectivamente). Los frutos sanos también presentaron mayor contenido de Zn y B (15.66 y 32.17 mg·kg⁻¹, respectivamente) que los frutos con necrosis interna (12.12 y 20.64 mg·kg⁻¹, respectivamente) [6].

Para el cv. Haden en Michoacán, México (clima cálido húmedo y temperatura media anual de 27.5 °C), se encontró el siguiente contenido nutrimental promedio (incluyendo epicarpio, pulpa y semilla) (g·100 g⁻¹ m. s.): 0.89 N, 3.75 K, 0.15 Ca y 0.74 Mg [7].

Cuando se planea desarrollar tecnología para fertilización en mango, se da por hecho que las condiciones de cultivo influyen significativamente en la composición nutrimental de los

diferentes tejidos del árbol, incluyendo los frutos. Dada la magnitud de la superficie cultivada con mango en México (más de 155 mil hectáreas), es necesario realizar investigación encaminada a cuantificar la cantidad de nutrimentos presentes en los frutos cosechados, la cual servirá para planear la nutrición balanceada del cultivo y mantener la fertilidad del suelo.

El conocer la composición nutrimental del fruto es importante, no sólo la exportación de nutrimentos fuera del huerto (remoción), sino por la importancia que tiene para la calidad del fruto la concentración de los distintos nutrimentos en los tejidos del fruto. El objetivo de esta investigación fue determinar la influencia de las condiciones de cultivo (clima, presencia o ausencia de riego y tipo de suelo) en la composición nutrimental de los tejidos del fruto de mango cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins en varias regiones productoras de México.

1.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Características de los huertos. En 2008 se seleccionaron huertos comerciales de cinco cultivares de mango, cuyas edades fluctuaron de 15 a 20 años. Su ubicación fue: ‘Ataulfo’ en los estados de Chiapas, Nayarit y Oaxaca, ‘Keitt’ en Sinaloa, ‘Kent’ en Nayarit y Sinaloa y ‘Tommy Atkins’ en Campeche, Nayarit y Michoacán. En Nayarit se tuvieron tres huertos por cultivar y en los demás estados dos huertos por cultivar. En cada huerto se marcaron tres árboles, visualmente sanos y sin deficiencias nutricionales con una producción estimada superior a 150 kg·árbol⁻¹.

Condiciones de cultivo. De acuerdo al clima, presencia o ausencia de riego, y tipo de suelo, se conformaron 12 condiciones de cultivo (CC). Los climas fueron cálido subhúmedo (temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura promedio del mes más frío mayor de 18°C,

precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual) y semiárido cálido (temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura promedio del mes más frío mayor de 18°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual) [8], únicamente el cv. Tommy Atkins en Michoacán tuvo clima semiárido cálido. Para el cv. Ataulfo se tuvieron seis CC, para el cv. Keitt dos CC, para el cv. Kent cuatro CC y para el cv. Tommy Atkins cuatro CC (Cuadro 1.1).

Se contó con dos regímenes de humedad: riego (microaspersión, goteo o rodado) y sin riego (temporal). Los huertos con riego recibieron agua desde el amarre del fruto y hasta previo a la madurez fisiológica de los frutos.

Los tipos de suelo se definieron de acuerdo a [9] y [10]. El Acrisol húmico presenta una capa superficial oscura, rica en materia orgánica, ácida y pobre en algunos nutrimentos; el Cambisol éútrico es ligeramente ácido a alcalino, rico en N; el Feozem háplico no tiene una caracterización significativa; el Fluvisol éútrico es ligeramente ácido a alcalino, rico en N; el Luvisol crómico es de fertilidad moderada; el Regosol éútrico es ligeramente ácido a alcalino, rico en N; el Solonchak hórtico tiene un horizonte mineral superficial inducido por el hombre; el Vertisol pélico tiene un alto contenido de arcilla, es muy fértil y su dureza dificulta la labranza.

De acuerdo a los sistemas de clasificación empleados en el presente trabajo los suelos tuvieron características contrastantes. El tipo cambisol éútrico generalmente constituye buenas tierras para la agricultura, el regosol éútrico es pobre en materia orgánica, somero y de fertilidad variable, el solonchak hórtico tiene alta concentración de sales solubles en algún momento del año, el tipo

feozem es rico en materia orgánica y nutrimentos y el vertisol pélico se caracteriza por su alto nivel de fertilidad.

Muestreo de fruto. En 2009 se cosecharon dos frutos en madurez fisiológica de cada uno de los árboles seleccionados. El criterio de cosecha fue visual: tamaño, forma y color del fruto entero y de la pulpa, formación de la cavidad en la base del pedúnculo y tamaño de las lenticelas [11].

Preparación de muestras. Después de ser lavados con agua corriente fueron enjuagados con agua destilada, el peso fresco del fruto fresco fue registrado en una balanza digital Ohaus (Scout Pro SP2001). Cada fruto fue separado en epicarpio, pulpa, testa y embrión y se registró su peso fresco. Los tejidos se cortaron en rebanadas delgadas y se deshidrataron en un horno digital Lab-line Imperial 5 (3488M USA.) con aire forzado a 70 °C hasta peso constante; posteriormente las muestras fueron molidas en un molino de acero inoxidable Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10, USA.) con tamiz calibre 40.

Análisis nutrimental. La composición nutrimental se determinó a tres muestras compuestas, cada una conformada con los tejidos de los dos frutos de cada uno los árboles muestreados. En 0.1 g de materia seca se determinó N-total mediante digestión semi-microKjeldahl modificada para incluir NO₃ [12]. En 0.5 g de materia seca se determinó P, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn y Zn, que fueron extraídos por digestión húmeda con una mezcla de HNO₃ y HClO₄ [13] y el K se extrajo en agua (método de extracción rápida). A excepción del P, los demás nutrimentos fueron determinados por absorción atómica empleando un Spectrometer ICE 3000 Series (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA) [14]. El P se cuantificó por el método del ácido ascórbico

y el B se determinó por calcinación (0.5 g de materia seca) mediante el método espectrofotométrico de Azometina-H [15], ambos en un espectrofotómetro Genesis 20 (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA).

Análisis estadístico. Se usó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones (árboles), cada repetición estuvo conformada por dos frutos del mismo árbol. Los datos de composición nutrimental se sometieron a control de calidad con el procedimiento Box-plot del programa computacional Minitab 15. Para cada cultivar se realizó un análisis de la varianza de la composición nutrimental de cada tejido de cada cultivar por condición de cultivo con el paquete estadístico SAS para Windows V9. En todos los casos la comparación de medias se hizo con la prueba de Duncan ($P = 0.05$).

1.3 RESULTADOS

Cv. Ataulfo.

Las condiciones de cultivo influyeron sobre la composición nutrimental de los tejidos del fruto (Cuadro 1.2). En el epicarpio se detectó mayor contenido de K ($1.23-1.48 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y Mg ($0.19 - 0.21 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$), así como menor de Mn ($16.6-19.8 \text{ mg}\cdot \text{kg}^{-1}$) en las CC 1, 2 y 4, que tuvieron riego y suelo cambisol éutrico, feozem háplico y regosol éutrico, respectivamente. La CC 4 (cálido subhúmedo, riego y suelo regosol éutrico) reportó el mayor contenido de Fe ($407.7 \text{ mg}\cdot \text{kg}^{-1}$) en el epicarpio.

En las CC 1, 2 y 4, la pulpa y la testa presentaron mayor contenido de Ca ($0.09-0.14 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y Mg ($0.07-0.08 \text{ g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y menor contenido de B ($4.7-7.2 \text{ mg}\cdot \text{kg}^{-1}$). En la pulpa hubo diferencias

contrastantes en el contenido de K entre las CC 1 y CC 8 (1.40 y 0.61, respectivamente $\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$), la primera tuvo riego y la segunda no.

En el embrión se presentaron contenidos de N, K y Zn contrastantes entre la CC1 y la CC 8, siendo mayor el contenido en la CC1 (1.00 y 1.02 $\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$, y 10.9 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). En los cuatro tejidos analizados el contenido de S fue menor en las CC 8, 11 y 12 que tuvieron clima cálido subhúmedo y no contaron con riego, aunque el tipo de suelo fue diferente.

Cv. Keitt.

En este cultivar, la composición nutrimental del fruto fue parcialmente influenciada por las condiciones de cultivo (Cuadro 1.3). Únicamente mostraron diferencias debido al riego el contenido de P en la testa (0.04 $\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y de K en el embrión (0.99 $\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$), los que tuvieron valores superiores en la CC 3 (clima cálido subhúmedo, riego y suelo feozem lúvico), respecto a la CC 9 (clima cálido subhúmedo, sin riego y suelo feozem háplico).

Cv. Kent.

La composición nutrimental de los tejidos del fruto resultó influenciada por las condiciones de cultivo (Cuadro 1.4). El epicarpio presentó mayor contenido de Mg (0.13 y 0.16 $\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y S (0.13 y 0.13 $\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) en las CC 3 (cálido subhúmedo, riego, feozem lúvico) y CC 10 (cálido subhúmedo, sin riego, feozem lúvico), respectivamente. En estas condiciones se apreciaron contenidos contrastantes de N y P, siendo superiores en la CC 3 (0.50 y 0.09 $\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente).

En la pulpa, las diferencias se observaron como un mayor contenido de P y S (0.07 y 0.13 g·100 g⁻¹, respectivamente) y menor de B (8.0 mg·kg⁻¹) en la CC 3 y menor contenido de P y S (0.04 y 0.06 g·100 g⁻¹, respectivamente) en la CC 10.

La testa presentó valores superiores de S (0.13 g·100 g⁻¹) en la CC 3 (cálido subhúmedo, riego, feozem lúvico). Entre la CC 3 y la CC 10 que solo difirieron en la presencia y ausencia de riego, respectivamente) se tuvieron diferencias en el contenido de P y B, con valores mayores en la CC3 (0.03 g·100 g⁻¹ y 16.6 mg·kg⁻¹, respectivamente). En el embrión se manifestó una diferencia entre la CC 3 y la CC 10 y fue para el contenido de Fe, que fue mayor en la CC 10 (47.2 mg·kg⁻¹).

Cv. Tommy Atkins.

En ‘Tommy Atkins’ las condiciones de cultivo también afectaron la composición nutrimental de los tejidos del fruto (Cuadro 1.5). El epicarpio presentó valores superiores de P (0.09 y 0.11 g·100 g⁻¹), S (0.15 y 0.15 g·100 g⁻¹) y Zn (11.2 y 11.6 g·kg⁻¹) en las CC 6 y CC 13, respectivamente, las cuales tuvieron diferente clima (cálido subhúmedo vs. semiárido cálido) y diferente tipo de suelo (solonchak hórtico vs. vertisol pélico) pero contaron con riego. Además en la CC 8, que tuvo clima cálido subhúmedo, sin riego y suelo cambisol éutrico, el epicarpio presentó el menor contenido de Mg (0.05 g·100 g⁻¹) y el mayor contenido de B (33.8 g·kg⁻¹). La pulpa presentó valores superiores de P (0.09 y 0.12 g·100 g⁻¹), K (1.29 y 1.16 g·100 g⁻¹), S (0.15 y 0.15 g·100 g⁻¹) y Zn (11.1 y 9.7 g·kg⁻¹), así como los valores más bajos de B (7.9 y 6.1 g·kg⁻¹) en las CC 6 y 13, respectivamente. Este tejido presentó mayor contenido de Ca y Fe (0.13 g·100 g⁻¹ y 35.4 g·kg⁻¹, respectivamente) en la CC 6 (clima cálido subhúmedo, riego y suelo solonchak hórtico).

La testa fue el tejido que presentó el menor número de diferencias entre condiciones de cultivo. El contenido de N, P, Cu, Mn y Zn no mostró diferencias entre condiciones de cultivo. En la CC 6 la testa presentó el mayor contenido de K ($0.88 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) y en la CC 7 el mayor contenido de Mg ($0.10 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

El contenido de K en embrión fue diferente en todas las condiciones de cultivo. En los cuatro tejidos analizados el contenido de S de fue superior en la CC 6 (cálido subhúmedo, riego, solonchak hórtico) y en la CC 13 (semiárido cálido, riego, vertisol pélico).

1.4 DISCUSIÓN

Los tejidos del fruto de los cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins presentaron diferencias en su composición nutrimental. Estas diferencias están relacionadas con las condiciones de cultivo (clima, presencia o ausencia de riego y tipo de suelo) en las que fueron producidos.

El efecto del clima sobre la composición nutrimental de los tejidos del fruto de mango no pudo detectarse claramente, debido a que solo en el cv. Tommy Atkins se tuvieron dos CC con clima diferente (CC 6: clima cálido subhúmedo, riego, suelo solonchak hórtico y la CC 13: clima semiárido cálido, riego, suelo vertisol pélico). Aunque se apreciaron contenidos superiores de N, P, S y Zn en epicarpio y pulpa de los frutos producidos en clima semiárido cálido del estado de Michoacán, en comparación con los de clima cálido subhúmedo de Campeche y Nayarit, estas diferencias no pudieron atribuirse únicamente al clima.

En el cv. Keitt las condiciones de cultivo solo afectaron el contenido de P en testa y de K en embrión. El contenido de N en epicarpio y pulpa de frutos de 'Keitt' de clima cálido subhúmedo

fue 0.41-0.44 g·100 g⁻¹ y 0.36-0.61 g·100 g⁻¹, respectivamente. En comparación con lo reportado en clima subtropical húmedo en Australia en frutos del mismo cultivar (0.53 y 0.47 g·100 g⁻¹ m. s., respectivamente) [2], se aprecia que el epicarpio en clima cálido subhúmedo presentó menor contenido de N y la pulpa tuvo un contenido promedio de N semejante. Aunque el clima de ambas regiones es diferente no se tuvieron elementos suficientes para decir que las diferencias sean debidas al clima.

El uso del riego influyó sobre la composición nutrimental de los frutos de ‘Ataulfo’ y ‘Kent’. En el cv. Ataulfo se presentaron contenidos superiores de K, Mg y S en el epicarpio y pulpa de frutos de condiciones de cultivo que incluyeron riego de Chiapas y Oaxaca, comparados con los frutos de huertos sin riego de Nayarit, que presentaron valores menores para estos mismos nutrimentos. Algo similar ocurrió con el cv. Kent ya que los frutos de huertos con riego de Sinaloa mostraron concentraciones nutrimentales superiores que las de frutos de huertos sin riego de Nayarit y Sinaloa.

La cantidad de agua aprovechable por el cultivo influyó en la composición nutrimental de los tejidos de los frutos. Esto debido a que el volumen de agua presente en el suelo pudo limitar la tasa de transpiración del cultivo, reduciéndola en lugares con menos agua y en consecuencia influir en la asimilación de iones por las raíces [16] y en el contenido de materia seca de los frutos. Además el riego o su ausencia, afecta otros aspectos del cultivo. En mango cv. Dashehari regado cuando la humedad disponible en el suelo disminuyó de 20 a 40 % se tuvo mayor un incremento en la longitud de brotes vegetativos, número de inflorescencias, retención de fruto,

tamaño de fruto, rendimiento y contenido foliar de N, K, Ca, Mg, Fe y Mn, en comparación con árboles no regados o regados cuando la humedad disponible disminuyó 60% [17].

Además del clima y del riego, el contenido nutrimental de cada tipo de suelo afectó la composición nutrimental de los tejidos de los frutos. Los mayores contenidos nutrimentales en los tejidos del fruto de mango se relacionaron con suelos de mayor fertilidad como cambisol éútrico en Chiapas y Nayarit para el cv. Ataulfo, feozem háplico en Nayarit para el cv. Ataulfo, feozem lúvico en Sinaloa para el cv. Kent, regosol éútrico en Nayarit para el cv. Ataulfo, y solonchak hórtico y vertisol pélico en Campeche y Michoacán, respectivamente para el cv. Tommy Atkins.

Para el cv. Tommy Atkins en Brasil se reportaron evidencias del efecto del suelo en la composición nutrimental de los frutos de mango presentando mayor contenido de K y Ca los frutos procedentes de suelo Aluvial [sic] con mayor contenido de estos nutrimentos y menores contenidos de K y Ca en los frutos procedentes del suelo Latosol amarillo [sic] caracterizado por su baja fertilidad [18].

Otro factor que pudo afectar la composición nutrimental de los tejidos de los frutos de mango fue el pH de los suelos, ya que en rangos de pH diferentes a la neutralidad se presentan problemas de asimilación de algunos nutrimentos, así como la textura que influye en la retención de agua.

Generalmente se acepta que la composición nutrimental del fruto depende de las condiciones de cultivo. Para ‘Tommy Atkins’ en clima tropical y suelo latosol en Brasil, se reportó en el

epicarpio de frutos un contenido (m. s.) ($\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) de 0.76 N, 0.23 Ca, 0.30 Mg y ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) 12.75 B, en la pulpa ($\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) 0.05 Ca y 0.12 Mg y en el hueso (testa y embrión) 0.12 Mg [4]. La semejanza de estos valores (a excepción del Mg que presentó valores inferiores) con los encontrados en el presente estudio, en clima y suelo diferentes, hacen evidente la necesidad de estudiar las condiciones de cultivo de manera detallada, con el registro de variables como temperatura media, oscilación térmica, textura del suelo o conductividad hidráulica, que permitan definir que componente es el que está influyendo en la composición nutrimental de los frutos.

1.5 CONCLUSIONES

Las condiciones de cultivo (clima, presencia o ausencia de riego y tipo de suelo) afectaron la composición nutrimental de los tejidos del fruto de mango de los cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins.

En clima semiárido cálido de Michoacán se encontraron mayores valores nutrimentales en frutos del cv. Tommy Atkins, que en el clima cálido subhúmedo de Campeche y Nayarit. En frutos de ‘Ataulfo’ y ‘Kent’ de huertos con riego (Chiapas, Oaxaca y Sinaloa), se presentó mayor contenido de nutrimentos que en los frutos de huertos sin riego (Nayarit y Sinaloa). Los tipos de suelo que favorecieron valores nutrimentales superiores en el fruto fueron: ‘Ataulfo’, cambisol éútrico (Chiapas y Nayarit), feozem háplico y regosol éútrico (Nayarit); ‘Kent’, feozem lúvico (Sinaloa); ‘Tommy Atkins’, solonchak hórtico (Campeche) y vertisol pélico (Michoacán).

El tejido cuya composición nutrimental fue más afectada por las condiciones de cultivo fue la testa. Los tejidos del fruto de ‘Kent’ fueron más afectados en su composición nutrimental por las condiciones de cultivo; ‘Keitt’ y ‘Ataulfo’ fueron los menos afectados.

Los contenidos de N, P, K, Ca y Mn en los tejidos del fruto de mango de los cultivares estudiados fueron los menos afectados por las condiciones de cultivo incluidas en esta investigación.

1.6 LITERATURA CITADA

- [1] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Producción anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo. URL: <http://www.siap.gob.mx>.
- [2] Bally, I.S.E.; Hofman, P.J.; Irving, D.E.; Coates, L.M.; Dann, E.K. 2009. The effects of nitrogen on postharvest disease in mango (*Mangifera indica* L. 'Keitt'). Acta Hort. 820:365-370.
- [3] Sharma, R.R.; Singh, R. 2009. The fruit pitting disorder-A physiological anomaly in mango (*Mangifera indica* L.) due to deficiency of calcium and boron. Scientia Horticulturae. 119:388–391.
- [4] Simão de Assis, J.; Silva, D. J.; De Moraes, P. L. D 2004. Nutritional balance and physiological disorders in mango Tommy Atkins. Rev. Bras. Frutic. 26(2):326-329.
- [5] Laborem-Escalona, G.; Avilán-Rovira, L.; Figueroa-Maximiano, C. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.). Agronomía Tropical. 29(1):3-15.
- [6] Saran, P. L.; Ratan, K. 2011. Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica*): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application. Indian J. Agr. Sci. 81(6):506–510.
- [7] Romero-Gomezcaña, N. R.; Sánchez-García, P.; Rodríguez-Alcázar, J.; Saucedo-Veloz, C. 2006. Aplicación foliar de calcio y su relación con la calidad en frutos de mango cv. Haden. Agricultura Técnica en México. 32(1):5-15.

- [8] 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.
- [9] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004. Guía para la interpretación de cartografía. Edafología. Aguascalientes, México. 28 p.
- [10] Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. 2007. IUSS Grupo de Trabajo WRB. Primera actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 117 p.
- [11] 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.
- [12] Bremer, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Methods of soil analysis, Part 2. Black, C. A. (ed.). American Society of Agronomy. 1135-1147 pp.
- [13] Jones, B. Jr.; Case, V. W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: Soil testing and plant analysis. Westerman, R.L. (ed.). 2nd Ed. Soil Science Society of America. 390-426 pp.
- [14] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official methods of analysis. K. Herlich. (ed). 15th ed. Arlington, Virginia, USA. 918 p.
- [15] Enríquez-Reyes, S. 1989. Análisis de boro en suelos y plantas mediante el método de Azometina-H. Terra 7(1):13-20.
- [16] Hasio, T. C. 1973. Plant responses to water stress. USA. Annual Review of Plant Physiology. 24:519-570.
- [17] Chandel, J.S.; Singh, R. 1992. Effect of different irrigation levels on growth, cropping and mineral composition of mango (*Mangifera indica* L.). Belgium. Acta Hort. 321:561-565.
- [18] Medeiros, A.A.; Amorim, J.R.A.; Silva, D.J.; Dantas, J.A.; Guerra, A.G. 2004. Mineral composition of leaves and fruits of irrigated mango trees in Rio Grande do Norte State, Brazil. Acta Hort. 645:403-408.

1.7 CUADROS

Cuadro 1.1. Condiciones de cultivo (CC) y ubicación de los huertos de mango estudiados.

CC	Cultivar	Riego	Tipo de suelo	Estado/Municipio	Lluvia		Riegos de floración a cosecha	Total de agua aplicada (m ³ · ha ⁻¹)
					anual (mm)	Meses con lluvia		
1	Ataulfo	Micro aspersión	Cambisol éutrico	Chiapas/Tapachula	2037	Mayo-Oct.	37	5661
1	Ataulfo	Micro aspersión	Cambisol éutrico	Oaxaca/Tututepec	1392	Junio- Oct.	17	772
2	Ataulfo	Rodado	Feozem háplico	Chiapas/Huehuetan	2037	Mayo- Oct.	9	2830
3	Keitt	Goteo	Feozem lúvico	Sinaloa/Rosario	853	Julio-Sep.	24	270
3	Kent	Goteo	Feozem lúvico	Sinaloa/Rosario	853	Julio-Sep.	40	450
4	Ataulfo	Micro aspersión	Regosol éutrico	Oaxaca/Tututepec	1392	Junio-Oct.	15	585
6	Tommy Atkins	Micro aspersión	Solonchak hórtico	Campeche/ Campeche	1100	Junio- Oct.	24	2603
7	Kent y Tommy Atkins	Sin riego	Acrisol húmico	Nayarit/San Blas	1350	Junio- Oct.	-	-
8	Ataulfo, Kent y Tommy Atkins	Sin riego	Cambisol éutrico	Nayarit/Acaponeta	1350	Junio-Sep.	-	-
9	Keitt	Sin riego	Feozem háplico	Sinaloa/Rosario	853	Julio-Sep.	-	-
10	Kent	Sin riego	Feozem lúvico	Sinaloa/Rosario	853	Julio-Sep.	-	-
11	Ataulfo	Sin riego	Fluvisol éutrico	Nayarit/Santiago	1350	Junio-Sep.	-	-
12	Ataulfo	Sin riego	Luvisol crómico	Nayarit/Tepic	1350	Junio-Sep.	-	-
13	Tommy Atkins	Rodado	Vertisol pélico	Michoacán/Parácuaro y Múgica	785	Junio-Sep.	18	13,500

Cuadro 1.2. Composición nutrimental de tejidos de frutos de mango ‘Ataulfo’ en seis condiciones de cultivo (clima, humedad y suelo) en México.

Condición de cultivo ^z	(g·100 g ⁻¹ m. s.)						(mg·kg ⁻¹ m. s.)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Epicarpio											
1 (cálsub., riego, cambisol éútrico)	0.61 a ^y	0.08 a	1.48 a	0.20 a	0.20 a	0.13 ab	78.1 b	5.6 a	16.6 c	8.0 a	14.2 a
2 (cálsub., riego, feozem háplico)	0.43 b	0.09 a	1.48 a	0.26 a	0.19 a	0.12 b	15.8 b	5.9 a	19.8 c	7.7 a	15.3 a
4 (cálsub., riego, regosol éútrico)	0.51 ab	0.09 a	1.23 a	0.32 a	0.21 a	0.15 a	407.7 a	5.3 a	18.4 c	8.8 a	10.4 a
8 (cálsub., tem., cambisol éútrico)	0.59 a	0.06 a	0.61 b	0.25 a	0.09 bc	0.02 c	20.2 b	5.2 a	100.3 b	6.4 a	15.8 a
11 (cálsub., tem., fluvisol éútrico)	0.64 a	0.08 a	0.63 b	0.23 a	0.11 b	0.04 c	26.0 b	3.5 ab	21.6 c	8.5 a	15.0 a
12 (cálsub., tem., luvisol crómico)	0.52 ab	0.06 a	0.69 b	0.27 a	0.03 c	0.04 c	19.8 b	2.4 b	136.8a	7.9 a	15.0 a
Pulpa											
1 (cálsub., riego, cambisol éútrico)	0.58 ab	0.07 a	1.40a	0.09 a	0.07 a	0.13 ab	34.7 a	5.2 ab	7.9 b	8.6 b	7.2 c
2 (cálsub., riego, feozem háplico)	0.53 abc	0.08 a	1.11ab	0.09 a	0.08 a	0.11 b	24.8 ab	8.3 a	7.6 b	15.7 a	6.8 c
4 (cálsub., riego, regosol éútrico)	0.66 a	0.09 a	1.06 ab	0.10 a	0.07 a	0.15 a	25.6ab	6.1 ab	2.8 b	8.5 b	5.3 c
8 (cálsub., tem., cambisol éútrico)	0.44 bc	0.05 a	0.61 c	0.04 c	0.03 c	0.05 c	23.9 ab	4.2 bc	28.0 a	4.6 c	13.5 b
11 (cálsub., tem., fluvisol éútrico)	0.55 abc	0.06 a	0.76 bc	0.06 b	0.05 b	0.06 c	22.9 ab	3.1 bc	5.8 b	7.6 bc	19.8 a
12 (cálsub., tem., luvisol crómico)	0.37 c	0.05 a	0.85 bc	0.04 bc	0.04 bc	0.07 c	13.9 b	1.9 c	26.9 a	4.4 c	12.5 b
Testa											
1 (cálsub., riego, cambisol éútrico)	0.19 cd	0.03 bc	0.32 ab	0.14 a	0.07 bc	0.13 b	446.0 b	4.6 b	11.8 c	7.7 b	4.9 c
2 (cálsub., riego, feozem háplico)	0.06 d	0.01 c	0.14 b	0.12 a	0.06 c	0.12 b	15.5 b	3.3 b	8.1 c	5.5 b	4.7 c
4 (cálsub., riego, regosol éútrico)	0.31 bc	0.05 ab	0.43 a	0.14 a	0.08 bc	0.16 a	1924.9 a	13.2 a	15.9 c	12.8 ab	6.5 c
8 (cálsub., tem., cambisol éútrico)	0.55 a	0.08 a	0.42 a	0.13 a	0.10 ab	0.02 c	24.5 b	6.7 b	37.2 b	28.3 ab	32.2 a
11 (cálsub., tem., fluvisol éútrico)	0.55 a	0.07 a	0.35 a	0.19 a	0.12 a	0.02 c	17.7 b	4.4 b	7.6 c	14.2 ab	27.3 a
12 (cálsub., tem., luvisol crómico)	0.38 b	0.03 bc	0.34 a	0.16 a	0.08 bc	0.02c	15.6 b	3.0 b	56.2 a	34.6 a	17.8 b
Embrión											
1 (cálsub., riego, cambisol éútrico)	1.00 ab	0.15 ab	1.02 a	0.17 b	0.15 ab	0.13 b	72.1 b	8.4 ab	12.4 c	10.9 a	14.1 bc
2 (cálsub., riego, feozem háplico)	0.84 bc	0.12 b	0.86 bc	0.15 b	0.19 a	0.11 b	40.8 b	8.6 ab	14.5 c	10.3 a	12.8 c
4 (cálsub., riego, regosol éútrico)	1.05 a	0.18 ab	0.95 ab	0.20 a	0.16 ab	0.16 a	1238.0 a	11.9 a	16.5 c	12.8 a	9.4 c
8 (cálsub., tem., cambisol éútrico)	0.71 c	0.13 ab	0.85 bc	0.15 b	0.12 b	0.02 c	12.7 b	8.0 b	47.7 b	6.5 b	26.5 ab
11 (cálsub., tem., fluvisol éútrico)	0.89 abc	0.19 a	0.84 bc	0.12 b	0.15 ab	0.03 c	16.4 b	7.2 b	8.9 c	11.1 a	22.3 abc
12 (cálsub., tem., luvisol crómico)	0.83 bc	0.14 ab	0.73 c	0.17 b	0.12 b	0.03 c	13.0 b	5.5 b	78.5 a	9.4 ab	29.9 a

^z calsub.= Cálido subhúmedo; tem.= Sin riego.

^y Medias con diferente letra en la misma columna dentro de tejido, son estadísticamente diferentes (Duncan, $P=0.05$).

Cuadro 1.3. Composición nutrimental de tejidos de frutos de mango ‘Keitt’ procedente de la región sur del estado de Sinaloa.

Condición de cultivo ^z	(g·100 g ⁻¹ m. s.)						(mg·kg ⁻¹ m. s.)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	Epicarpio										
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.44 a ^y	0.08 a	0.69 a	0.25 a	0.12 a	0.13 a	18.1 a	3.3 a	12.6 a	4.8 a	18.5 a
9 (cálsub., tem., feozem háplico)	0.41 a	0.06 a	0.76 a	0.35 a	0.11 a	0.14 a	23.3 a	2.8 a	18.6 a	4.9 a	16.1 a
	Pulpa										
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.61 a	0.08 a	1.07 a	0.13 a	0.07 a	0.13 a	14.5 a	4.7 a	6.8 a	5.9 a	4.7 a
9 (cálsub., tem., feozem háplico)	0.36 a	0.06 a	0.82 a	0.06 a	0.04 a	0.13 a	11.2 a	2.6 a	5.5 a	3.8 a	6.6 a
	Testa										
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.28 a	0.04 a	0.31 a	0.12 a	0.04 a	0.13 a	42.7 a	3.4 a	6.5 a	4.3 a	9.5 a
9 (cálsub., tem., feozem háplico)	0.28 a	0.02 b	0.30 a	0.21 a	0.03 a	0.13 a	5.9 a	2.9 a	5.4 a	4.1 a	6.3 a
	Embrión										
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.93 a	0.22 a	0.99 a	0.08 a	0.16 a	0.13 a	19.2 a	8.5 a	9.4 a	14.7 a	12.5 a
9 (cálsub., tem., feozem háplico)	0.95 a	0.20 a	0.78 b	0.09 a	0.14 a	0.13 a	36.2 a	8.5 a	9.6 a	14.3 a	10.4 a

^z cálsub.= Cálido subhúmedo; tem.= Sin riego.

^y Medias con diferente letra en la misma columna dentro de tejido, son estadísticamente diferentes (Duncan, $P = 0.05$).

Cuadro 1.4. Composición nutrimental de tejidos de frutos de mango ‘Kent’ procedente de los estados de Sinaloa y Nayarit.

Condición de cultivo ^z	(g·100 g ⁻¹ m. s.)						(mg·kg ⁻¹ m. s.)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Epicarpio											
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.50 a ^y	0.09 a	0.65 ab	0.25 a	0.13 a	0.13 a	23.5 ab	3.3 a	16.1 b	6.0 a	22.9 a
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.36 ab	0.04 b	0.57 b	0.18 a	0.04 b	0.03 b	20.6 ab	4.3 a	35.0 ab	4.5 a	22.8 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.36 ab	0.04 b	0.70 ab	0.27 a	0.02 b	0.03 b	17.0 b	9.8 a	69.2 a	4.7 a	25.2 a
10 (cálsub., tem., feozem lúvico)	0.32 b	0.06 b	0.83 a	0.29 a	0.16 a	0.13 a	56.5 a	3.2 a	13.4 b	4.6 a	17.9 a
Pulpa											
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.37 a	0.07 a	0.64 a	0.07 a	0.04 a	0.13 a	10.7 a	3.9 a	4.9 a	4.1 a	8.0 b
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.35 a	0.04 b	0.49 a	0.06 a	0.04 a	0.06 b	15.5 a	5.3 a	12.4 a	3.4 a	19.1 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.34 a	0.03 b	0.56 a	0.04 a	0.02 a	0.04 b	13.9 a	4.7 a	21.6 a	3.4 a	18.4 a
10 (cálsub., tem., feozem lúvico)	0.45 a	0.04 b	0.49 a	0.06 a	0.04 a	0.06 b	23.1 a	5.3 a	12.4 a	4.9 a	19.1 a
Testa											
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.32 a	0.03 a	0.24 a	0.09 b	0.03 c	0.13 a	37.8ab	3.2 b	6.3 a	5.5 a	16.6 a
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.29 a	0.04 a	0.25 a	0.13 ab	0.06 ab	0.02 c	15.3 bc	4.1 ab	13.9 a	9.9 a	16.3 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.31 a	0.04 a	0.35 a	0.29 a	0.06 a	0.02 c	7.7 c	4.4 a	39.2 a	8.2 a	14.3 ab
10 (cálsub., tem., feozem lúvico)	0.20 a	0.02 b	0.29 a	0.14 ab	0.03 bc	0.12 b	50.8 a	3.2 b	4.4 a	3.4 a	9.8 b
Embrión											
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.94 a	0.24 a	0.97 a	0.07 a	0.17 a	0.13 a	18.7 b	9.9 b	9.8 a	18.2 ab	22.1 a
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	1.02 a	0.22 a	0.75 a	0.09 a	0.15 a	0.05 b	16.1 b	17.9 a	16.4 a	19.9 a	28.5 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.98 a	0.18 a	0.69 a	0.10 a	0.11 a	0.07 b	19.7 b	10.9 b	20.9 a	12.1 b	22.7 a
10 (cálsub., tem., feozem lúvico)	0.90 a	0.22 a	0.69 a	0.11 a	0.15 a	0.13 a	47.2 a	10.1 b	5.7 a	13.8 ab	14.4 a

^z calsub.= Cálido subhúmedo; tem.= Sin riego.

^y Medias con diferente letra en la misma columna dentro de tejido, son estadísticamente diferentes (Duncan, $P=0.05$).

Cuadro 1.5. Composición nutrimental de tejidos de frutos de mango ‘Tommy Atkins’ en cinco condiciones de cultivo (clima, humedad y suelo) en México.

Condición de cultivo ^z	(g·100 g ⁻¹ m. s.)						(mg·kg ⁻¹ m. s.)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Epicarpio											
6 (cálsub., riego, solonchak hórtico)	0.58 ab	0.09 a	1.03 a	0.48 a	0.10 a	0.15 a	33.9 a	5.8 a	22.8 b	11.2 a	22.4 b
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.42 b ^y	0.03 b	0.47 c	0.26 b	0.10 a	0.02 b	18.2 a	3.5 b	44.5 ab	4.7 c	21.9 b
8 (cálsub., tem., cambisol éútrico)	0.45 b	0.05 b	0.52 bc	0.34 ab	0.05 b	0.03 b	20.3 a	4.9 ab	71.6 a	6.7 b	33.8 a
13 (semiárcál., riego, vertisol pélico)	0.67 a	0.11 a	0.77 b	0.28 b	0.13 a	0.15 a	26.7 a	5.2 ab	23.5 b	11.6 a	14.9 b
Pulpa											
6 (cálsub., riego, solonchak hórtico)	0.50 ab	0.09 a	1.29 a	0.13 a	0.04 ab	0.15 a	35.4 a	5.7 a	19.5 a	11.1 a	7.9 b
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.42 ab	0.04 b	0.51 b	0.05 b	0.03 b	0.05 b	11.9 b	4.0 c	9.9 a	2.8 c	19.1 a
8 (cálsub., tem., cambisol éútrico)	0.39 b	0.04 b	0.66 b	0.05 b	0.03 b	0.05 b	16.6 b	5.3 ab	24.4 a	5.1 b	23.4 a
13 (semiárcál., riego, vertisol pélico)	0.58 a	0.12 a	1.16 a	0.06 b	0.06 a	0.15 a	14.2 b	4.4 bc	14.9 a	9.7 a	6.1 b
Testa											
6 (cálsub., riego, solonchak hórtico)	0.53 a	0.08 a	0.88 a	0.23 a	0.05 b	0.15 a	52.8 a	6.4 a	21.6 a	12.4 a	25.0 a
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.40 a	0.08 a	0.34 b	0.06 b	0.10 a	0.02 b	18.1 b	5.2 a	15.4 a	10.2 a	15.9 b
8 (cálsub., tem., cambisol éútrico)	0.36 a	0.05 a	0.45 b	0.22 a	0.05 b	0.02 b	6.8 c	5.0 a	31.0 a	8.4 a	12.8 bc
13 (semiárcál., riego, vertisol pélico)	0.51 a	0.07 a	0.52 b	0.10 b	0.05 b	0.15 a	20.2 b	4.9 a	16.8 a	10.8 a	10.5 c
Embrión											
6 (cálsub., riego, solonchak hórtico)	0.71 b	0.24 a	1.46 a	0.14 a	0.09 b	0.16 a	50.1 a	13.1 a	23.9 a	18.3 a	17.7 ab
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.80 ab	0.25 a	0.89 c	0.06 b	0.12 a	0.04 b	12.2 c	12.8 a	16.1 a	13.3 bc	12.9 b
8 (cálsub., tem., cambisol éútrico)	0.93 a	0.23 a	0.71 d	0.06 b	0.11 ab	0.04 b	11.5 c	13.5 a	17.1 a	12.1 c	21.8 a
13 (semiárcál., riego, vertisol pélico)	0.79 b	0.24 a	1.19 b	0.07 b	0.12 a	0.16 a	20.4 b	11.0 a	20.2 a	16.9 ab	11.4 b

^z calsub.= Cálido subhúmedo; tem.= Sin riego.

^y Medias con diferente letra en la misma columna dentro de tejido, son estadísticamente diferentes (Duncan, $P=0.05$).

CAPÍTULO II. REMOCION NUTRIMENTAL DEL FRUTO DE MANGO EN DIFERENTES AMBIENTES

RESUMEN

El proceso de producción de mango implica la remoción constante de nutrimentos del huerto. Aunado a esto se debe considerar que las diferencias en clima, humedad (riego o sin riego) y tipo de suelo de los huertos, pueden causar variaciones en la disponibilidad de nutrimentos y al mismo tiempo modificar la composición y la remoción nutrimental de los frutos. Para conservar la fertilidad del suelo y mantener altos rendimientos, es necesario reponer los nutrimentos extraídos al sistema. El objetivo fue determinar la influencia de las condiciones de cultivo (clima, riego o sin riego, y tipo de suelo) en la remoción de nutrimentos por los tejidos (epicarpio, pulpa, testa y embrión) y por tonelada de fruto fresco de mango, para los cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins en seis Estados de México. El estudio fue realizado en 2009, calculando la remoción de nutrimentos a partir de la composición nutrimental de frutos cosechados en huertos comerciales sanos de 15 a 20 años de edad. Se realizaron Análisis de Varianza y Prueba de Duncan ($P = 0.05$). En todos los cultivares la pulpa fue el tejido que mostró la mayor remoción de N, P, K, S, Cu y Zn. No se encontró un efecto claro del clima en la remoción de nutrimentos, sin embargo, el efecto de la presencia o ausencia de riego y del tipo de suelo se manifestó con diferente magnitud en todos los cultivares estudiados.

PALABRAS CLAVE: *Mangifera indica* L., epicarpio, pulpa, testa, embrión, remoción de nutrimentos.

CHAPTER II. NUTRIMENTAL REMOVAL OF MANGO FRUIT IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

SUMMARY

Mango production process involves nutrients removal from orchards constantly. In addition it should be considered that differences in climate, moisture (irrigation or rainfed) and soil type of orchards can cause variations in nutrients availability and also change on composition and fruit nutrient removal. To conserve soil fertility and maintain high yields, it is necessary to replenish the nutrients removed in the system. The aim was to determine the influence of culture conditions (climate, irrigation or rainfed, and soil type) in tissues nutrient removal (skin, pulp, seed coat and embryo) and per ton of fresh mango fruit, cvs. Ataulfo, Keitt, Kent and Tommy Atkins in six states in Mexico. The study was conducted in 2009, calculating the removal of nutrients from the nutrient composition of fruits harvested in commercial healthy orchards 15 to 20 years of age. Analysis of variance was performed and Duncan test ($P = 0.05$). In all cultivars the flesh was the tissue showed the highest removal of N, P, K, S, Cu and Zn. There was no clear effect of climate on nutrient removal, however, the effect of irrigation or rainfed and soil type is expressed with different magnitude in all cultivars studied.

KEY WORDS: skin, pulp, seed coat, embryo, nutrient removal.

2.1 INTRODUCCIÓN

Al momento de ser cosechados los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) remueven del huerto los nutrientes contenidos en el epicarpio, pulpa, testa y embrión. Si estos nutrientes no son repuestos la fertilidad del suelo y la productividad del huerto disminuyen gradualmente. Para restituir estos nutrientes en cantidades que eviten la contaminación del medio ambiente, pero que satisfagan las necesidades del cultivo, es necesario conocer la cantidad de nutrientes removida por los frutos. Algunos autores señalan que las tasas de remoción por los frutales son bajas durante largos periodos de tiempo [1], sin embargo, para diseñar un programa de nutrición balanceada es necesario conocer la cantidad de nutrientes removidos por la cosecha, entre otros aspectos.

Existe información del efecto del clima sobre los nutrientes de algunos frutos. Por ejemplo para vid, en Estados Unidos, se ha sugerido que las temperaturas ambientales más altas llevan al aumento de los niveles de K en los frutos [2].

Por otro lado, para cítricos y manzana se ha publicado información que relaciona el uso de riego con la concentración nutricional en hoja. En España, en mandarina Clementina el riego deficitario disminuyó significativamente el contenido de N de Mg en la hoja [3]. En Alemania, en naranjo chino (*Citrus madurensis* Lour), la concentración de K disminuyó en brotes y hojas con mayor carga de fruto, mientras que la concentración total de Ca en el árbol decreció con el incremento de la carga de fruto [4]. En manzana ‘Braeburn’, en Nueva Zelanda, se encontró que el déficit tardío de riego (105 a 177 días después de plena floración) comparado con el riego

constante, no produjeron cambios en la acidez, concentración de azúcares y minerales o tamaño del fruto durante el período de estrés [5].

El efecto del suelo en la remoción de nutrimentos se ha documentado en limón mexicano. En el Valle de Apatzingán, Michoacán, árboles de limón mexicano plantados en suelos calcimórficos (suelos con contenidos de CaCO_3 entre 1.21 y 2.53 %, entre los que se incluyeron Vertisol pélico, Vertisol crómico, Feozem háplico, Feozem crómico, Regosol éutrico, Litosol, Chernozem cálcico y Xerosol háplico), tuvieron menor remoción de Mn [6].

Con relación al mango, existe poca información del efecto del clima, riego o tipo de suelo sobre la remoción de nutrimentos por el fruto. Sin embargo, se han publicado algunos estudios en donde se reportan valores de remoción de nutrimentos en diferentes países. En Venezuela [7], en condiciones de clima tropical, temperatura media anual de 24 a 26 °C, precipitación anual de 850 a 1000 mm y suelos con fertilidad natural media a baja, se encontró que la remoción de nutrimentos por tonelada de fruto fresco del cv. Tommy Atkins fue (kg) 9.0 N, 1.3 P, 5.5 K, 5.3 Ca y 4.4 Mg, y (g) 80.5 Fe, 31.4 Cu, 61.8 Mn, 25.7 Zn y 12.0 B. Para el cv. Kent se mencionan (kg) 7.1 N, 0.5 P, 5.8 K, 4.2 Ca y 2.8 Mg, y (g) 38.2 Fe, 22.1 Cu, 16.6 Mn, 20.0 Zn y 23.0 B.

En otro estudio realizado en Veracruz, México [8], se reportó para mango ‘Manila’ cultivado en condiciones de clima cálido subhúmedo, temperatura media anual de 25.5 °C y suelo vertisol, rico en materia orgánica, N, P y K y ligeramente rico en Ca y Mg, se obtuvo la siguiente remoción ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$ fruto fresco) 1.2 N, 0.2 P, 2.0 K, 0.2 Ca, 0.2 Mg y (g) 5.4 Fe, 1.4 Cu, 0.4 Mn y 2.1 Zn. Para frutos de mango cv. Zihuaman en Guandong, China [9], con temperatura promedio

anual de 18.8 a 26.3 °C, suelos franco arenosos ácidos, con bajo contenido de N y niveles deficientes de P, K, Mg, S y Zn y con aplicaciones de N, P₂O₅, K₂O, Mg y S, se reportó la siguiente remoción (kg·t⁻¹) 14.9 N, 1.1 P, 20.5 K, 2.1 Ca, 2.0 Mg y 1.5 S. Para frutos del cv. Kensington Pride en clima subtropical y dos tipos de suelos (basálticos y ferrosoles [sic] en Australia [1], se encontró una remoción de (kg·t⁻¹) 1.1 N, 0.2 P, 1.5 K, 0.2 Ca, 0.2 Mg y 0.1 S.

Como ya se mencionó, en los estudios citados no se analizó el efecto del clima, presencia o ausencia de riego o tipo de suelo sobre la remoción de nutrimentos por el fruto de mango. Sin embargo, algunos valores de remoción reportados son semejantes entre cultivares como el de P, Ca y Mg en ‘Manila’ y ‘Kensington Pride’. Aunque también existen valores de remoción contrastantes como es el N y el K en ‘Manila’ y ‘Zihuaman’.

En México el cultivo de mango es de suma importancia ya que se destinan cerca de 183 mil ha a su cultivo [10] las cuales se concentran en al menos diez estados del país. Cada Estado cuenta con diferentes características de clima, riego y tipo de suelo, factores que podrían influenciar la remoción de nutrimentos por los frutos.

Por lo anterior, hace falta generar información de la remoción de nutrimentos por los frutos de mango para las condiciones de cultivo y los cultivares de México. Esto permitirá hacer más eficiente el manejo de la nutrición del mango y obtener alta producción de fruto con la calidad requerida [11]. El objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de las condiciones de cultivo (clima, riego y sin riego, y tipo de suelo) sobre la remoción total de nutrimentos por el fruto de mango así como la de sus tejidos (epicarpio, pulpa, testa y embrión), para los cvs.

Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins en distintas condiciones de cultivo de la República Mexicana.

2.2 MATERIALES Y METODOS

Selección de árboles y ubicación. Se trabajó con frutos de cinco cultivares de mango, cosechados en huertos seleccionados en 2008. En cada huerto se seleccionaron tres árboles con una producción estimada superior a $150 \text{ kg} \cdot \text{árbol}^{-1}$. Los árboles estaban visualmente sanos y sin deficiencias nutricionales y sus edades fluctuaron de 15 a 20 años. La ubicación por cultivar fue la siguiente: ‘Ataulfo’ (Chiapas, Nayarit y Oaxaca), ‘Keitt’ (Sinaloa), ‘Kent’ (Nayarit y Sinaloa) y ‘Tommy Atkins’ (Campeche y Nayarit). En Nayarit se tuvieron tres huertos por cultivar y en los demás estados dos huertos por cultivar.

Condiciones de cultivo. Se conformaron 12 condiciones de cultivo (CC) de acuerdo al clima, presencia o ausencia de riego y tipo de suelo (Cuadro 2.1). Se tuvieron dos climas: cálido subhúmedo (temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C , precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual) y semiárido cálido (temperatura media anual mayor de 22°C , temperatura del mes más frío mayor de 18°C ; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual) [12]. Únicamente el cv. Tommy Atkins se ubicó en clima semiárido cálido.

Se contó con dos regímenes de humedad: riego y temporal. Los huertos con riego recibieron agua desde el amarre del fruto y hasta previo a la madurez fisiológica de los frutos. Los huertos de temporal no recibieron ningún riego. En ambos casos se tuvo presencia de lluvias.

Se incluyeron diez tipos de suelo, los cuales se definieron de acuerdo a [13] y [14]. El Acrisol húmico presenta una capa superficial oscura, rica en materia orgánica, ácida y pobre en algunos nutrientes; el Cambisol éutrico es ligeramente ácido a alcalino, rico en N; Feozem lúvico presenta acumulación de arcilla en el subsuelo y una capa superficial rica en materia orgánica y nutrientes; el Feozem háplico no tiene una caracterización significativa; el Fluvisol éutrico es ligeramente ácido a alcalino, rico en N; el Luvisol crómico es de fertilidad moderada; el Regosol éutrico es ligeramente ácido a alcalino, rico en N; el Solonchak gléyico tiene en la superficie del suelo mineral, una capa de 25 cm o más de espesor con condiciones reductoras y un patrón de color gléyico en todo el espesor; el Solonchak hórtico tiene un horizonte mineral superficial inducido por el hombre; el Vertisol pélico tiene un alto contenido de arcilla, es muy fértil y su dureza dificulta la labranza.

Manejo de los huertos. En todos los casos el manejo agronómico de los huertos se dejó en manos del productor. Las actividades realizadas en cada huerto incluyeron podas fitosanitarias al término de la cosecha y control fitosanitario cuando se requirió.

Cosecha de frutos. En 2009 se cosecharon dos frutos en madurez fisiológica de cada uno de los tres árboles seleccionados. El criterio de cosecha fue visual: tamaño, forma y color del fruto

entero y de la pulpa, formación de la cavidad en la base del pedúnculo y tamaño de las lenticelas [15].

Procesamiento de frutos. Cada fruto se pesó en fresco en una balanza digital Ohaus (Scout Pro SP2001). Después fueron lavados con agua corriente y enjuagados con agua destilada. Cada fruto fue separado en epicarpio, pulpa, testa y embrión y se registró su peso fresco. Los tejidos se cortaron en rebanadas delgadas y se deshidrataron en un horno digital Lab-line Imperial 5 (3488M USA) con aire forzado a 70 °C hasta peso constante; posteriormente fueron molidas en un molino de acero inoxidable Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10, USA) con tamiz calibre 40.

Análisis nutrimental. La composición nutrimental se determinó a tres muestras compuestas, cada una conformada con los tejidos de los dos frutos de cada uno los tres árboles muestreados. En la materia seca se determinó N-total mediante digestión semi-microKjeldahl modificada para incluir NO_3 [16]. El P, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn y Zn fueron extraídos por digestión húmeda con una mezcla de HNO_3 y HClO_4 [17] y el K se extrajo en agua (método de extracción rápida). A excepción del P, fueron determinados por absorción atómica empleando un Spectrometer ICE 3000 Series (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA) [18]. El P se cuantificó por el método del ácido ascórbico y el B se determinó por calcinación mediante el método espectrofotométrico de Azometina-H [19], ambos en un espectrofotómetro Genesis 20 (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA).

La remoción de nutrientes por tonelada de fruto fresco (R_t) se calculó con la fórmula:

$$R_t = \frac{(CNe \times PSe) + (CNp \times PSp) + (CNT \times PSt) + (CNem \times PSem)}{100} \times Ft$$

donde: CNe= concentración del nutrimento en el epicarpio, PSe= peso seco del epicarpio, CNp= concentración del nutrimento en la pulpa, PSp= peso seco de la pulpa, CNT= concentración del nutrimento en la testa, PSt= peso seco de la testa, CNem= concentración del nutrimento en el embrión, PSem= peso seco de la embrión, Ft=número de frutos en una tonelada (obtenidos del cociente 1000 kg entre el peso fresco del fruto completo). La remoción de nutrimentos está expresada en $kg \cdot t^{-1}$ de fruto fresco.

Análisis estadístico. Se usó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones (árboles), cada repetición estuvo conformada por la composición nutrimental de dos frutos del mismo árbol. Para cada cultivar se realizó un análisis de la varianza de la remoción nutrimental de cada tejido de cada cultivar por condición de cultivo con el paquete estadístico SAS para Windows V9. En todos los casos la comparación de medias se hizo con la prueba de Duncan ($P = 0.05$).

2.3 RESULTADOS

Cv. Ataulfo.

Las condiciones de cultivo modificaron la remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto del cv. Ataulfo (Cuadro 2.2). Esto se manifestó en el epicarpio con mayor remoción de K ($0.6-0.7 kg \cdot t^{-1}$), Mg ($0.09 kg \cdot t^{-1}$) y S ($0.6-0.7 kg \cdot t^{-1}$), en las CC 1, CC 2 y CC 4, que tuvieron clima cálido subhúmedo, riego y suelos cambisol éutrico, feozem háplico y regosol éutrico, respectivamente. En estas mismas condiciones (1, 2 y 4) la pulpa y la testa presentaron la menor remoción de B (0.6 y $0.7 g \cdot t^{-1}$ respectivamente). En las CC 8, 11 y 12 que tuvieron clima cálido subhúmedo, sin riego y suelos cambisol éutrico, fluvisol éutrico y luvisol crómico, respectivamente, la testa y el

embrión presentaron la menor remoción de S (0.003 y $0.001 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente), además de que el embrión tuvo la menor remoción de N ($0.1 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$). Además entre las CC 11 y CC 12 se apreció efecto del tipo de suelo en el contenido de N del epicarpio, siendo superior en la CC 11. Al comparar las CC 1 (cálido subhúmedo, riego, cambisol éutrico) y CC8 (cálido subhúmedo, sin riego, cambisol éutrico), se pudo apreciar que el riego (CC 1) favoreció la remoción de algunos nutrimentos. En presencia de riego el epicarpio removi6 más K, Mg y S, la pulpa más Ca y S, la testa más S y el embri6n más N, K, Ca, Mg, S y Zn, y sin riego se tuvo mayor remoci6n de Mn en epicarpio, Mg, Mn y B en pulpa y N, P, Mn y B en testa.

La remoci6n de nutrimentos por tonelada de fruto fresco del cv. Ataulfo, fue afectada por las condiciones de cultivo (Figura 2.1). Se present6 una mayor remoci6n de Fe ($81.27 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$) en la CC 4 (cálido subhúmedo, riego, regosol éutrico), así como una menor remoci6n de B ($1.46\text{-}1.80 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$) en las CC 1 (cálido subhúmedo, riego, cambisol éutrico), CC 2 (cálido subhúmedo, riego, feozem háptico) y CC 4 (cálido subhúmedo, riego, regosol éutrico). Asimismo se manifestaron diferencias debidas al riego entre las CC 1 y CC 8, teniendo mayor remoci6n ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$) de macronutrimentos (K 2.33, Ca 0.29, Mg 0.21 y S 0.25) en riego y mayor remoci6n de los micronutrimentos Mn y B (8.26 y $2.99 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente) sin riego.

Cv. Keitt.

En el cv. Keitt las condiciones de cultivo evaluadas no afectaron la remoci6n de nutrimentos por los tejidos del fruto (Cuadro 2.3), excepto para la pulpa. La pulpa present6 mayor remoci6n de S ($0.18 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) en la CC 9 (cálido subhúmedo, sin riego, feozem háptico) y en la CC 3 (cálido subhúmedo, riego, feozem lúvico) la menor ($0.11 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$).

El S fue el único nutrimento que mostró influencia de las condiciones de cultivo en su remoción por tonelada de fruto fresco de 'Keitt' (Figura 2.2). Este nutrimento se removió en mayor cantidad ($0.29 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) en la CC 9 (cálido subhúmedo, sin riego, feozem háplico).

Cv. Kent.

En los tejidos de los frutos del cv. Kent se presentó influencia de las condiciones de cultivo en la remoción de nutrimentos (Cuadro 2.4). El epicarpio presentó mayor remoción de Ca, Mg y S (0.18 , 0.06 y $0.05 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente) en la CC 10 (cálido subhúmedo, sin riego, feozem lúvico). En la pulpa se encontró mayor remoción de P ($0.10 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) y S ($0.18 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) en la CC 3 que tuvo riego y suelo feozem lúvico. La testa mostró mayor remoción de N en las CC 3 (cálido subhúmedo, riego, feozem lúvico), CC 8 (cálido subhúmedo, sin riego, cambisol éutrico) y CC 10 (cálido subhúmedo, sin riego, feozem lúvico). En la CC 10 la testa presentó mayor remoción de S y el embrión mayor remoción de N, P, K, Ca, Mg, S y Fe.

Al comparar la remoción de nutrimentos del fruto de 'Kent' de la CC 3 (cálido subhúmedo, riego, feozem lúvico) con la CC 10 (cálido subhúmedo, sin riego, feozem lúvico), se apreció efecto del riego. En árboles sin riego (CC 10) se encontró mayor remoción de Ca, Mg, S (0.18 , 0.06 y $0.05 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente) y Fe ($1.1 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$) en epicarpio, B ($2.7 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$) en pulpa, S en testa ($0.03 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) y en embrión mayor remoción de N, P, K, Ca, Mg y S (0.38 , 0.09 , 0.3 , 0.05 , 0.06 y $0.05 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente) y Fe, Cu y Zn (1.9 , 0.4 y $0.6 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente). En este cultivar el efecto del riego en la remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto y por tonelada de fruto fue menos evidente. Únicamente la pulpa de los frutos procedentes de Sinaloa, que

tuvieron riego, presentó valores superiores de remoción de P y S en contraste con los frutos procedentes de Sinaloa y Nayarit que no tuvieron riego.

En la remoción de nutrimentos por tonelada de fruto fresco para el cv. Kent, se encontró efecto de las condiciones de cultivo en (Figura 2.3). Se tuvo mayor remoción de P y S (0.17 y $0.26 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente) en la CC 3 (cálido subhúmedo, riego, feozem lúvico). En la CC 10 (semiárido cálido, riego, vertisol pélico) la mayor remoción fue de Mg y S (0.19 y $0.22 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente). Al comparar las CC 3 y CC 10 se observó que sin riego (CC 10) se removió más Mg y Cu ($0.19 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$ y $1.37 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$) que en riego (CC 3) ($0.13 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$ y $0.86 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$).

Cv. Tommy Atkins.

Para el cv. Tommy Atkins la remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto fue afectada por las condiciones de cultivo (Cuadro 2.5). Esto se pudo apreciar en el epicarpio con mayor remoción de N, P, Mg, S y Zn (0.30 , 0.04 , 0.05 , $0.06 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, y $0.5 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente) en la CC 13 (clima semiárido cálido, riego, vertisol pélico). En las CC 6 (cálido subhúmedo, riego, solonchak hórtico) y CC 13 (semiárido cálido, riego, vertisol pélico) la pulpa presentó mayor remoción de P ($0.1 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$ en ambos casos), S (0.16 y $0.17 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente) y Zn (1.0 y $1.2 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente). Con relación a la testa, se presentó mayor remoción de Mg ($0.02 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$), en la CC 7 (cálido subhúmedo, sin riego, acrisol húmico) y mayor remoción de S y Fe en la CC 6 (cálido subhúmedo, riego, solonchak hórtico) ($0.02 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$ y $0.9 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente). El embrión tuvo la mayor remoción de Mg ($0.03 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) en las CC 7 (cálido subhúmedo, sin riego, acrisol húmico), CC 8 (cálido subhúmedo, sin riego, cambisol éutrico) y CC 13 (semiárido cálido, riego, vertisol pélico).

Entre las CC 7 (cálido subhúmedo, sin riego, acrisol húmico) y CC 8 (cálido subhúmedo, sin riego, cambisol éutrico) se encontraron diferencias atribuibles al tipo de suelo. En suelo cambisol éutrico (CC 8) se tuvo mayor remoción de B ($1.0 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) en epicarpio, Cu y Zn (00.6 y $0.7 \text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente) en pulpa, Ca en testa ($0.04 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$) y B en embrión ($0.5\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$), y en suelo acrisol húmico se presentó mayor remoción de Mg en testa ($0.02 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$).

Se encontraron diferencias en la remoción reportada para las CC 7 (cálido subhúmedo, sin riego, acrisol húmico) y CC8 (cálido subhúmedo, sin riego, cambisol éutrico). En suelo cambisol éutrico el epicarpio y el embrión removieron mas B, la pulpa más Cu y Zn y la testa más Ca, y en suelo acrisol húmico la testa removi6 mas Mg.

También se encontraron diferencias en la remoción de nutrimentos debidas al riego en el cv. Tommy Atkins. El epicarpio de frutos producidos en condiciones de riego en Campeche y Michoacán, presentaron valores superiores de remoción de S en comparación con los producidos sin riego en Nayarit. De igual manera, en condiciones de riego la pulpa y la testa presentaron mayor remoción de P, K, S y Zn, y S, respectivamente.

Al analizar la remoción de nutrimentos por tonelada de fruto fresco para el cv. Tommy Atkins se encontraron diferencias debidas a las condiciones de cultivo (Figura 2.4). La CC 13 (cálido subhúmedo, riego vertisol pélico) tuvo la mayor remoción de N, P, K, Mg y S (1.11 , 0.24 , 1.88 , 0.15 y $0.28 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente). En la CC 6 (cálido subhúmedo, riego, solonchak h6rtico) hubo mayor remoción de K, Ca y S (1.98 , 0.31 y $0.25 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente). En las CC 7 (cálido subhúmedo, sin riego, acrisol húmico) y CC8 (cálido subhúmedo, sin riego, cambisol éutrico) se tuvo la mayor remoción de B (3.46 y $4.78 \text{ kg}\cdot\text{t}^{-1}$, respectivamente).

La remoción de K, S y B por tonelada de fruto fresco de ‘Tommy Atkins’ fue afectada por el riego. Lo anterior se manifestó con valores superiores de remoción de K y S y menores de B en presencia de riego, de manera contraria a lo ocurrido cuando no se contó con riego.

2.4 DISCUSIÓN

Las diferentes condiciones de cultivo (clima, humedad y tipo de suelo) en las que se ubicaron los huertos en los que se realizó la presente investigación, presentaron diferencias en la remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto de mango de los cvs. Aaulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins. De igual manera este comportamiento se presentó en la remoción nutrimental por tonelada de fruto fresco.

El efecto del clima sobre la remoción de nutrimentos de los tejidos del fruto de mango no pudo detectarse claramente, debido a que solo el cv. Tommy Atkins tuvo una condición de cultivo con clima diferente (CC 13: clima semiárido cálido, riego, suelo vertisol pélico). En frutales como la vid varios autores han sugerido que las temperaturas ambientales más altas llevan al aumento de los niveles de potasio en el fruto [2], por lo cual se considera que un estudio que incluya más tipos de climas y en el que se tome en cuenta la oscilación térmica diaria puede arrojar información importante.

En los cvs. Kent y Tommy Atkins la remoción por tonelada de fruto fresco fue inferior a la reportada en la literatura. Para ‘Tommy Atkins’ en el clima semiárido cálido de Michoacán y para ‘Kent’ en el clima cálido subhúmedo de Nayarit y Sinaloa, la remoción obtenida fue inferior a la reportada en el clima tropical de Venezuela [7]. Aunque se tiene claro que el tipo de clima

fue diferente, se requiere de información adicional para determinar si las diferencias en la remoción de nutrimentos se debieron al clima.

Debido al riego o a su ausencia, los tejidos del fruto de mango de los cvs. Ataulfo, Kent y Tommy Atkins presentaron diferente remoción de nutrimentos. De igual manera, la presencia o ausencia de riego, causó diferencias en la remoción de nutrimentos por tonelada de fruto cosechado.

Los frutos sin riego tuvieron menor remoción de algunos nutrimentos en comparación con los frutos que contaron con riego. Sin embargo, nutrimentos como N en 'Ataulfo', S en 'Keitt' y B en 'Tommy Atkins' presentaron menor remoción cuando se tuvo riego. La menor remoción en presencia de riego se atribuyó a la lixiviación de nutrimentos del suelo por exceso de agua de riego, acentuada en algunas localidades como las de Chiapas, por la presencia de mayor precipitación (2037 mm anuales). Un factor que deberá considerarse en futuras investigaciones es el momento de aplicación del riego, ya que podría influir en la remoción de nutrimentos como en manzana 'Braeburn', donde los frutos con déficit de riego (55 a 100 días después de plena flor) reportaron cambios en la acidez, concentración de azúcares, minerales y tamaño del fruto [5].

En términos generales, la presencia de agua en el suelo favorece la absorción de nutrimentos. En condiciones de déficit de agua se reduce la transpiración del cultivo y el estrés hídrico reduce la disponibilidad y asimilación, debido a que el movimiento de nutrimentos del suelo a la planta

depende del flujo de la solución del suelo y del proceso de difusión [20]. En mango cv. Alphonso se reportó que la falta de humedad en el suelo limitó la absorción de B por las plantas [21].

Además de las diferencias debidas al clima y a la presencia o ausencia de riego, los frutos de mango de los cultivares estudiados presentaron diferencias en la remoción de nutrimentos debidas al tipo de suelo. Los suelos donde se reportó la mayor remoción de nutrimentos fueron cambisol éútrico, feozem háplico, regosol éútrico, feozem lúvico solonchak hórtico y vertisol pélico. Sin embargo, el suelo es un elemento dinámico, en constante evolución [13] y para determinar con mayor certeza el efecto de éste sobre la remoción de nutrimentos por el fruto de mango, será necesario incluir en futuras investigaciones parámetros característicos de cada tipo de suelo, que permitan diferenciar entre tipos de suelo y dentro del mismo tipo de suelo. Por ejemplo, la determinación del contenido de CaCO_3 en suelo permitió definir la remoción de nutrimentos por árboles de limón mexicano en suelos Vertisol pélico, Vertisol crómico, Feozem háplico, Feozem crómico, Regosol éútrico, Litosol, Chernozem cálcico y Xerosol háplico, todos considerados como suelos calcimórficos [6].

Las coincidencias encontradas en la remoción de nutrimentos entre los cultivares incluidos permitirá, dadas las diferencias contrastantes entre las condiciones estudiadas, implementar un manejo de la nutrición del cultivo de mango más preciso, independientemente del cultivar en cuestión. Al mismo tiempo, considerando por ejemplo que los valores de remoción de nutrimentos por tonelada de fruto fresco de ‘Tommy Atkins’ obtenidos en Michoacán presentaron semejanza con los reportados para frutos del cv. Manila en Veracruz [4],

exceptuando al Mn que fue superior en Michoacán, se podrá pensar en realizar recomendaciones de nutrición de manera extensiva.

2.5 CONCLUSIONES

Las condiciones de cultivo (clima, presencia o ausencia de riego y tipo de suelo) afectaron la remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto de mango de los cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins.

En clima semiárido cálido de Michoacán se presentó mayor remoción de nutrimentos por la epicarpio del fruto del cv. Tommy Atkins, sobre la presentada en el clima cálido subhúmedo de Campeche y Nayarit.

En huertos con riego se presentó mayor remoción de nutrimentos en los tejidos de los frutos de ‘Ataulfo’, ‘Kent’ y ‘Tommy Atkins’, provenientes de Chiapas y Oaxaca, Sinaloa, y Campeche y Sinaloa, respectivamente, sobre los frutos provenientes de huertos sin riego en Nayarit y Sinaloa.

Los tipos de suelo que favorecieron la presencia de valores superiores en la remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto de mango fueron cambisol éutrico, feozem háplico y regosol éutrico en Chiapas y Oaxaca para el cv. Ataulfo, feozem lúvico en Sinaloa para el cv. Kent y solonchak hórtico y vertisol pélico en Campeche y Michoacán, respectivamente, para el cv. Tommy Atkins.

Los nutrientes que no fueron afectados por las condiciones de cultivo en su remoción fueron P y Zn en el cv. Ataulfo, N, K, Fe, Mn y Zn en el cv. Kent y Fe, Cu y Mn en el cv. Tommy Atkins.

2.6 LITERATURA CITADA

- [1] Huett, D. O. and Dirou, J. F. 2000. An evaluation of the rationale for fertilizer management of tropical fruit crops. Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture. 40(8):1137-1143.
- [2] Coombe, B. 1987. Influence of temperature on composition and quality of grapes. USA. Acta Hort. 206: 23-35.
- [3] Romero, P.; Navarro, J. M.; Pérez-Pérez, J.; García-Sánchez, F.; Gómez-Gómez, A.; Porras, I.; Martínez, V. and Botía, P. 2006. Deficit irrigation and rootstock: their effects on water relations, vegetative development, yield, fruit quality and mineral nutrition of Clementines mandarin. Tree Physiology. 26: 1537-1548.
- [4] Lenz, F. 2000. Effects of fruit load on the nutrient uptake and distribution in Citrus trees. Netherlands. Acta Horticulturae. 531:115-120.
- [5] Mills, T. M.; Behboudian, M. H. and Clothier, B. E. 1997. The diurnal and seasonal water relations, and composition, of 'Braeburn' apple fruit under reduced plant water status. Netherlands. Plant Science 126:145-154.
- [6] Maldonado, T. R.; Etchevers, B. J. D.; Alcántar, G. G.; Rodríguez, A. J.; y Colinas, M. T. 2001. Estado nutricional del limón mexicano en suelos calcimórficos. México. Terra Latinoamericana. 19(02):163-174.
- [7] Laborem-Escalona, G.; Avilán-Rovira, L. y Figueroa-Maximiano, C. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica* L.). Venezuela. Agronomía Tropical. 29(1):3-15.
- [8] 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 Horticulturae. 455:465-470.
- [9] 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.

- [10] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Producción anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo. URL: <http://www.siap.gob.mx>. 8 de diciembre de 2011.
- [11] Salazar-García, S. y Lazcano-Ferrat, I. 2001. Identifying fruit mineral removal differences in four avocado cultivars. USA. Better Crops International. 15(1):28-31.
- [12] 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.
- [13] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2004. Guía para la interpretación de cartografía. Edafología. Aguascalientes, México. 28 p.
- [14] Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. 2007. IUSS Grupo de Trabajo WRB. Primera actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. 117 p.
- [15] 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.
- [16] Bremer, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Methods of soil analysis. Part 2. Black, C. A. (ed.). Madison, Wisconsin, USA. American Society of Agronomy. 1135-1147 pp.
- [17] Jones, B. Jr. and Case, V. W. 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. In: Westerman, R.L. (ed.) Soil testing and plant analysis. 2nd Ed. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA. 390-426 pp.
- [18] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official methods of analysis. K. Herlich (Ed), 15th Ed. Arlington, Virginia, USA. 918 p.
- [19] Enríquez-Reyes, S. 1989. Análisis de boro en suelos y plantas mediante el método de Azometina-H. México. Terra 7(1):13-20.
- [20] Lakso, A. N. 1985. The effects of water stress on physiological processes in fruit crops. Belgium. Acta Horticulturae. 171:275-290.
- [21] Raja, M. Edward, Somanahalli C., Anil Kumar, and Sri Y. Raju. 2005. Boron deficiency in mango (*Mangifera indica* L.): A cause declineation study in acidic soils of Maharashtra, India. Chile. Soil Science and Plant Nutrition. 51(5):751-754.

2.7 CUADROS

Cuadro 2.1. Condiciones de cultivo (CC) y ubicación de los huertos de mango estudiados.

CC	Cultivar	Riego	Tipo de suelo	Estado/Municipio	Lluvia		Riegos de floración a cosecha	Total de agua aplicada (m ³ ·ha ⁻¹)
					Anual (mm)	Meses		
1	Ataulfo	Micro aspersión	Cambisol éutrico	Chiapas/Tapachula	2037	Mayo-Oct.	37	5661
1	Ataulfo	Micro aspersión	Cambisol éutrico	Oaxaca/Tututepec	1392	Junio- Oct.	17	772
2	Ataulfo	Rodado	Feozem háplico	Chiapas/Huehuetan	2037	Mayo- Oct.	9	2830
3	Keitt	Goteo	Feozem lúvico	Sinaloa/Rosario	853	Julio-Sep.	24	270
3	Kent	Goteo	Feozem lúvico	Sinaloa/Rosario	853	Julio-Sep.	40	450
4	Ataulfo	Micro aspersión	Regosol éutrico	Oaxaca/Tututepec	1392	Junio-Oct.	15	585
6	Tommy Atkins	Micro aspersión	Solonchak hórtico	Campeche/ Campeche	1100	Junio- Oct.	24	2603
7	Kent y Tommy Atkins	Sin riego	Acrisol húmico	Nayarit/San Blas	1350	Junio- Oct.	-	-
8	Ataulfo, Kent y Tommy Atkins	Sin riego	Cambisol éutrico	Nayarit/Acaponeta	1350	Junio-Sep.	-	-
9	Keitt	Sin riego	Feozem háplico	Sinaloa/Rosario	853	Julio-Sep.	-	-
10	Kent	Sin riego	Feozem lúvico	Sinaloa/Rosario	853	Julio-Sep.	-	-
11	Ataulfo	Sin riego	Fluvisol éutrico	Nayarit/Santiago	1350	Junio-Sep.	-	-
12	Ataulfo	Sin riego	Luvisol crómico	Nayarit/Tepic	1350	Junio-Sep.	-	-
13	Tommy Atkins	Rodado	Vertisol pélico	Michoacán/Parácuaro y Múgica	785	Junio-Sep.	18	13,500

Cuadro 2.2. Remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto de mango ‘Ataulfo’ en seis condiciones de cultivo (clima, humedad y suelo) de México.

Condición de cultivo ^z	(kg·t ⁻¹ fruto fresco)						(g·t ⁻¹ fruto fresco)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Epicarpio											
1 (cálsub., riego, cambisol éutrico)	0.3 ab ^y	0.04 a	0.7 a	0.1 a	0.09 a	0.06 a	3.4 b	0.3 a	0.8 c	0.4 a	0.7 a
2 (cálsub., riego, feozem háplico)	0.2 b	0.04 a	0.7 a	0.1 a	0.09 a	0.06 a	0.7 b	0.3 a	0.9 c	0.4 a	0.7 a
4 (cálsub., riego, regosol éutrico)	0.2 ab	0.04 a	0.6 a	0.1 a	0.09 a	0.07 a	17.8 a	0.2 a	0.8 c	0.4 a	0.5 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.2 ab	0.02 a	0.2 b	0.1 a	0.04 bc	0.01 b	0.8 b	0.2 ab	4.0 b	0.3 a	0.6 a
11 (cálsub., tem., fluvisol éutrico)	0.4 a	0.03 a	0.3 b	0.1 a	0.05 b	0.02 b	1.1 b	0.2 ab	0.9 c	0.4 a	0.7 a
12 (cálsub., tem., luvisol crómico)	0.2 b	0.03 a	0.3 b	0.1 a	0.01 c	0.02 b	0.8 b	0.1 b	5.5 a	0.3 a	0.6 a
Pulpa											
1 (cálsub., riego, cambisol éutrico)	0.6 b	0.07 a	1.4 ab	0.09 b	0.07ab	0.13b	3.3ab	0.5 ab	0.7 b	0.9abc	0.7 c
2 (cálsub., riego, feozem háplico)	0.5 b	0.07 a	0.9 ab	0.08bc	0.07ab	0.09bc	2.1 b	0.7 ab	0.6 b	1.3 a	0.6 c
4 (cálsub., riego, regosol éutrico)	0.9 a	0.12 a	1.5 a	0.13 a	0.10 a	0.19 a	4.9 a	0.9 a	0.4 b	1.1 ab	0.7 c
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.5 b	0.06 a	0.7 b	0.04 c	0.03 c	0.06 c	2.7 ab	0.5 ab	3.2 a	0.5 c	1.5 b
11 (cálsub., tem., fluvisol éutrico)	0.7 ab	0.09 a	1.0 ab	0.07 bc	0.07 ab	0.08 bc	3.4 ab	0.4 ab	0.8 b	0.9 abc	2.5 a
12 (cálsub., tem., luvisol crómico)	0.5 b	0.07 a	1.2 ab	0.06 bc	0.05 bc	0.1 bc	1.9 b	0.3 b	3.7 a	0.6 bc	1.7 b
Testa											
1 (cálsub., riego, cambisol éutrico)	0.04 cd	0.01c	0.07 ab	0.03 ab	0.01 ab	0.03 a	9.4 b	0.1 b	0.3 c	0.2 b	0.1 c
2 (cálsub., riego, feozem háplico)	0.01 d	0.002 c	0.03 b	0.02 a	0.01 b	0.02 b	0.3 b	0.1 b	0.1 c	0.1 b	0.1 c
4 (cálsub., riego, regosol éutrico)	0.07 bc	0.01 b	0.08 a	0.03 a	0.02 ab	0.03 a	35.6 a	0.2 a	0.3 c	0.2 ab	0.1 c
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.11 a	0.02 a	0.08 a	0.03 a	0.02 a	0.003 c	0.5 b	0.1 b	0.7 b	0.6 ab	0.6 a
11 (cálsub., tem., fluvisol éutrico)	0.08 ab	0.01 b	0.05 ab	0.03 a	0.02 ab	0.003 c	0.3 b	0.1 b	0.1 c	0.2 b	0.4 b
12 (cálsub., tem., luvisol crómico)	0.07 abc	0.01 bc	0.07 ab	0.03 a	0.02 ab	0.003 c	0.3 b	0.1 b	1.1 a	0.7 a	0.3 b
Embrión											
1 (cálsub., riego, cambisol éutrico)	0.2 a	0.03 a	0.2 a	0.03 a	0.03 a	0.03 a	1.4 b	0.17 ab	0.3 ab	0.2 a	0.3 a
2 (cálsub., riego, feozem háplico)	0.2 ab	0.02 ab	0.2 ab	0.03 ab	0.03 a	0.02 a	0.8 b	0.16 ab	0.3 ab	0.2 ab	0.2 ab
4 (cálsub., riego, regosol éutrico)	0.2 a	0.03 ab	0.2 ab	0.04 a	0.02 ab	0.03 a	8.3 a	0.20 a	0.3 ab	0.2 a	0.2 ab
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.1 b	0.01 ab	0.06 bc	0.01 b	0.01b	0.001 b	0.09 b	0.06 b	0.3 a	0.05 c	0.2 ab
11 (cálsub., tem., fluvisol éutrico)	0.1 b	0.01 ab	0.04 c	0.01 b	0.01b	0.001 b	0.07 b	0.04 b	0.04 b	0.06 bc	0.1 b
12 (cálsub., tem., luvisol crómico)	0.1 b	0.01 b	0.04 c	0.01 b	0.01b	0.001 b	0.08 b	0.03 b	0.4 a	0.05 bc	0.2 ab

^z calsub.= Cálido subhúmedo; tem.= Sin riego.

^y Medias con diferente letra en la misma columna dentro de tejido, son estadísticamente diferentes (Duncan, $P=0.05$).

Cuadro 2.3. Remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto de mango ‘Keitt’ procedente de Sinaloa.

Condición de cultivo ^z	(kg·t ⁻¹ fruto fresco)						(g·t ⁻¹ fruto fresco)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Epicarpio											
3 (cálsb., riego, feozem lúvico)	0.13 a ^y	0.02 a	0.20 a	0.07 a	0.03 a	0.04 a	0.52 a	0.10 a	0.37 a	0.14 a	0.54 a
9 (cálsb., tem., feozem háptico)	0.16 a	0.02 a	0.28 a	0.13 a	0.04 a	0.05 a	0.87 a	0.10 a	0.75 a	0.19 a	0.62 a
Pulpa											
3 (cálsb., riego, feozem lúvico)	0.48 a	0.07 a	0.92 a	0.04 a	0.05 a	0.11 b	1.25 a	0.41 a	0.53 a	0.44 a	0.40 a
9 (cálsb., tem., feozem háptico)	0.49 a	0.08 a	1.10 a	0.09 a	0.05 a	0.18 a	1.51 a	0.35 a	0.74 a	0.52 a	0.90 a
Testa											
3 (cálsb., riego, feozem lúvico)	0.05 a	0.005 a	0.05 a	0.02 a	0.01 a	0.02 a	0.71 a	0.06 a	0.11 a	0.07 a	0.16 a
9 (cálsb., tem., feozem háptico)	0.05 a	0.003 a	0.06 a	0.04 a	0.01 a	0.03 a	0.12 a	0.06 a	0.10 a	0.08 a	0.12 a
Embrión											
3 (cálsb., riego, feozem lúvico)	0.13 a	0.03 a	0.14 a	0.01 a	0.02 a	0.02 a	0.02 a	0.28 a	0.13 a	0.21 a	0.17 a
9 (cálsb., tem., feozem háptico)	0.21 a	0.05 a	0.18 a	0.02 a	0.03 a	0.03 a	0.03 a	0.86 a	0.19 a	0.34 a	0.24 a

^z cálsb.= Cálido subhúmedo; tem.= Sin riego.

^y Medias con diferente letra en la misma columna dentro de tejido, son estadísticamente diferentes

(Duncan, $P=0.05$).

Cuadro 2.4. Remoción de nutrientes por los tejidos del fruto de mango ‘Kent’ procedente de Sinaloa y Nayarit.

Condición de cultivo ^z	(kg·t ⁻¹ fruto fresco)						(g·t ⁻¹ fruto fresco)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
	Epicarpio										
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.12 a ^y	0.02 a	0.1 a	0.06 b	0.03 b	0.03 b	0.6 b	0.1 b	0.4 a	0.15 a	0.6 a
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.10 a	0.01 a	0.1 a	0.05 b	0.01 c	0.01 c	0.6 b	0.1 ab	1.0 a	0.13 a	0.7 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.13 a	0.01 a	0.3 a	0.10 b	0.01 c	0.01 c	0.6 ab	0.3 a	2.7 a	0.17 a	0.9 a
10 (cálsub., tem., feozem lúvico)	0.12 a	0.02 a	0.3 a	0.18 a	0.06 a	0.05 a	1.1 a	0.1 ab	0.5 a	0.17 a	0.6 a
	Pulpa										
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.5 a	0.10 a	0.9 a	0.06 a	0.06 a	0.18 a	1.5 a	0.5 a	0.7 a	0.6 a	1.1 b
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.4 a	0.04 b	0.6 b	0.06 a	0.05 a	0.07 b	2.5 a	0.6 a	1.4 a	0.4 a	2.2 ab
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.5 a	0.05 b	0.8 ab	0.06 a	0.03 a	0.06 b	2.0 a	0.7 a	3.3 a	0.5 a	2.7 a
10 (cálsub., tem., feozem lúvico)	0.7 a	0.05 b	0.7 ab	0.08 a	0.06 a	0.09 b	3.5 a	0.8 a	1.8 a	0.7 a	2.7 a
	Testa										
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.06 a	0.01 ab	0.04 a	0.02 b	0.01 b	0.02 b	0.7 ab	0.06 b	0.1 a	0.10 a	0.30 a
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.05 b	0.01 a	0.04 a	0.02 b	0.01 ab	0.003 c	0.3 bc	0.07 ab	0.2 a	0.17 a	0.28 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.07 a	0.01 a	0.08 a	0.06 a	0.01 a	0.004 c	0.2 c	0.09 a	0.9 a	0.17 a	0.30 a
10 (cálsub., tem., feozem lúvico)	0.04 a	0.003 b	0.06 a	0.03 ab	0.01 b	0.03 a	1.1 a	0.07 ab	0.1 a	0.07 a	0.21 a
	Embrión										
3 (cálsub., riego, feozem lúvico)	0.17 b	0.04 b	0.2 b	0.01 b	0.03 b	0.02 b	0.3 b	0.2 c	0.2 a	0.3 b	0.4 a
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.19 b	0.05 b	0.2 b	0.02 b	0.03 b	0.01 b	0.3 b	0.4 ab	0.3 a	0.4 ab	0.8 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.22 b	0.04 b	0.2 b	0.01 b	0.02 b	0.02 b	0.5 b	0.2 bc	0.4 a	0.3 b	0.6 a
10 (cálsub., tem., feozem lúvico)	0.38 a	0.09 a	0.3 a	0.05 a	0.06 a	0.05 a	1.9 a	0.4 a	0.2 a	0.6 a	0.6 a

^z cálsub.= Cálido subhúmedo; tem.= Sin riego.

^y Medias con diferente letra en la misma columna dentro de tejido, son estadísticamente diferentes

(Duncan, $P=0.05$).

Cuadro 2.5. Remoción de nutrimentos por los tejidos del fruto de mango ‘Tommy Atkins’ en cinco condiciones de cultivo (clima, humedad y suelo) de México.

Condición de cultivo ^z	(kg·t ⁻¹ fruto fresco)						(g·t ⁻¹ fruto fresco)				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Epicarpio											
6 (cálsub., riego, solonchak hórtico)	0.1 b ^y	0.02 b	0.2 ab	0.1 a	0.02 b	0.04 b	0.8 a	0.1 b	0.5 b	0.3 b	0.5 b
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.1 b	0.01 b	0.1 b	0.1 a	0.02 b	0.01 c	0.5 a	0.1 b	1.2 ab	0.1 b	0.6 b
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.1 b	0.02 b	0.2 ab	0.1 a	0.01 b	0.01 c	0.6 a	0.2 ab	2.7 a	0.2 b	1.0 a
13 (semiárcál., riego, vertisol pélico)	0.3 a	0.04 a	0.3 a	0.1 a	0.05 a	0.06 a	1.2 a	0.2 a	0.9 ab	0.5 a	0.6 b
Pulpa											
6 (cálsub., riego, solonchak hórtico)	0.5 a	0.1 a	1.4 a	0.14 a	0.05 a	0.17 a	3.9 a	0.6 a	2.1 a	1.2 a	0.9 b
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.5 a	0.04 b	0.6 c	0.06 b	0.04 a	0.06 b	1.5 b	0.5 b	1.2 a	0.3 c	2.2 a
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.5 a	0.05 b	0.9 bc	0.06 b	0.04 a	0.06 b	2.0 b	0.6 a	3.3 a	0.7 b	3.0 a
13 (semiárcál., riego, vertisol pélico)	0.6 a	0.1 a	1.2 ab	0.06 b	0.06 a	0.16 a	1.5 b	0.5 b	1.5 a	1.0 a	0.6 b
Testa											
6 (cálsub., riego, solonchak hórtico)	0.09 a	0.01 a	0.14 a	0.04 ab	0.01 b	0.02 a	0.9 a	0.11 a	0.3 a	0.20 a	0.4 a
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.09 a	0.01 a	0.07 b	0.01 b	0.02 a	0.004 b	0.4 b	0.11 a	0.3 a	0.22 a	0.3 ab
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.06 a	0.01 a	0.10 ab	0.04 a	0.01 b	0.003 b	0.1 b	0.09 a	0.6 a	0.16 a	0.3 ab
13 (semiárcál., riego, vertisol pélico)	0.09 a	0.01 a	0.10 ab	0.02 ab	0.01 b	0.03 a	0.4 b	0.09 a	0.3 a	0.19 a	0.2 b
Embrión											
6 (cálsub., riego, solonchak hórtico)	0.10 b	0.03 a	0.21 ab	0.02 a	0.01 b	0.02 b	0.7 a	0.2 a	0.3 b	0.3 a	0.3 b
7 (cálsub., tem., acrisol húmico)	0.18 ab	0.05 a	0.20 ab	0.01 a	0.03 a	0.01 b	0.3 b	0.3 a	0.4 a	0.3 a	0.3 b
8 (cálsub., tem., cambisol éutrico)	0.23 a	0.05 a	0.17 b	0.01 a	0.03 a	0.01 b	0.3 b	0.3 a	0.4 ab	0.3 a	0.5 a
13 (semiárcál., riego, vertisol pélico)	0.18 ab	0.06 a	0.28 a	0.02 a	0.03 a	0.04 a	0.5 ab	0.3 a	0.5 a	0.4 a	0.3 b

^z cálsub.= Cálido subhúmedo; tem.= Sin riego.

^y Medias con diferente letra en la misma columna dentro de tejido, son estadísticamente diferentes (Duncan, $P=0.05$).

2.8 FIGURAS

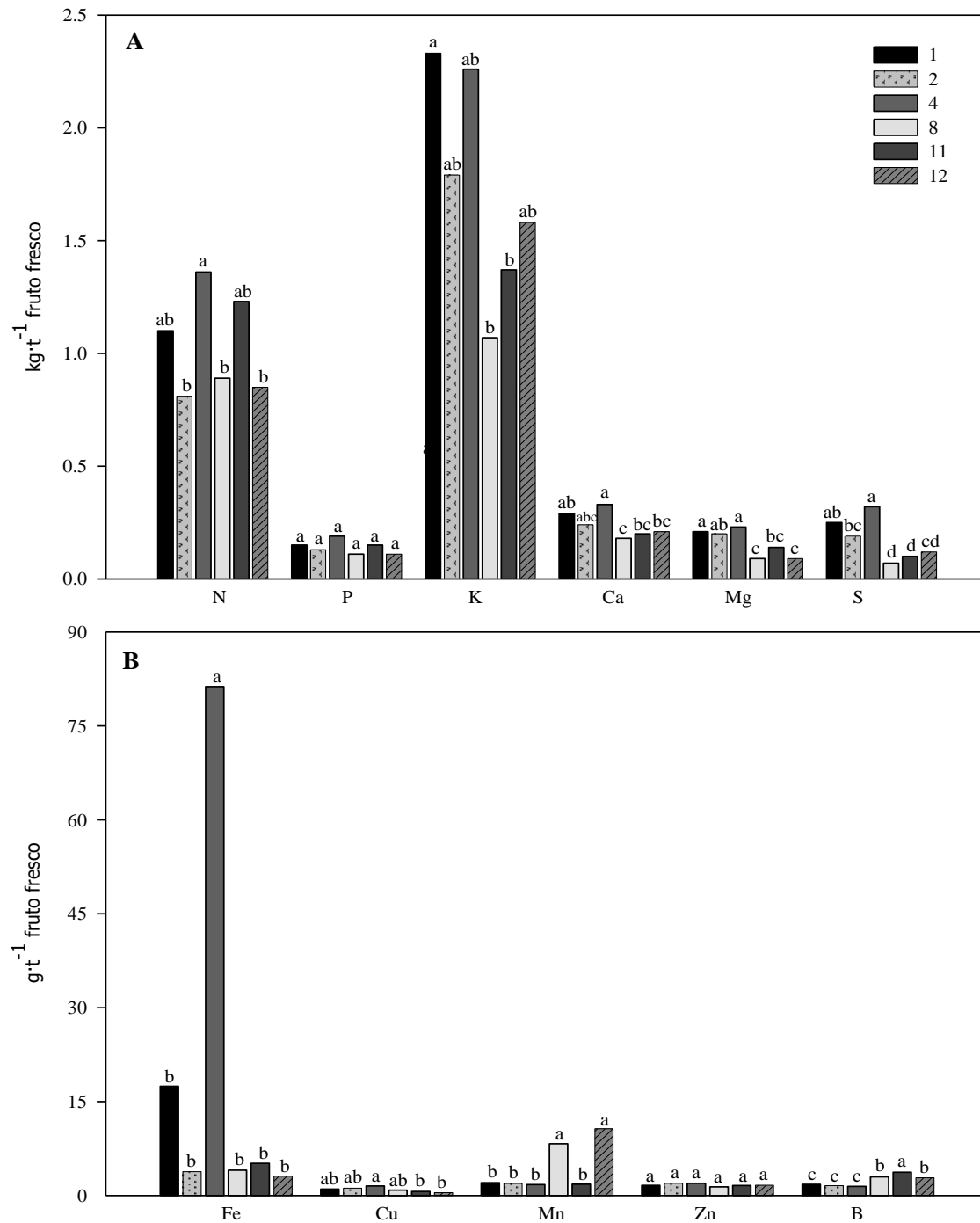


Figura 2.1. Remoción de macronutrientes (A) y micronutrientes (B) por tonelada de mango fresco cv. Ataulfo en diferentes condiciones de cultivo.

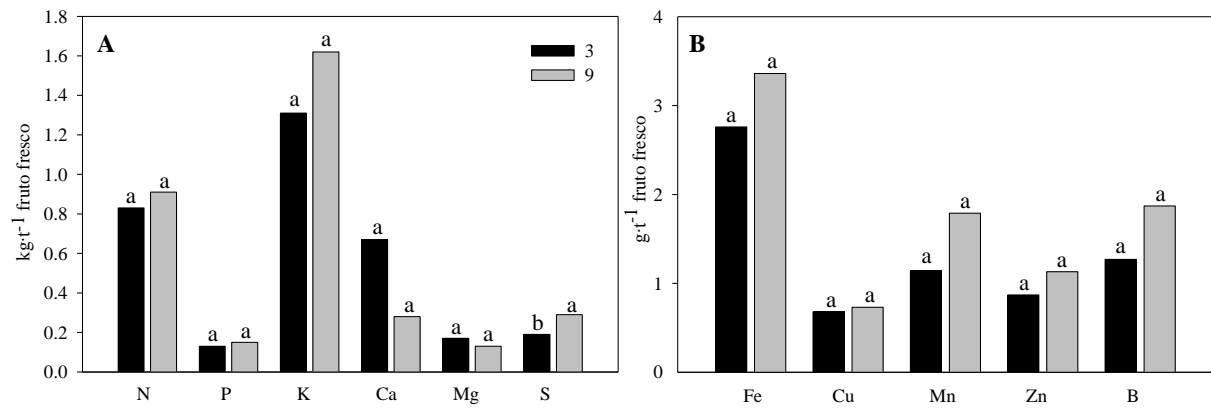


Figura 2.2. Remoción de macronutrientes (A) y micronutrientes (B) por tonelada de mango fresco cv. Keitt en diferentes condiciones de cultivo.

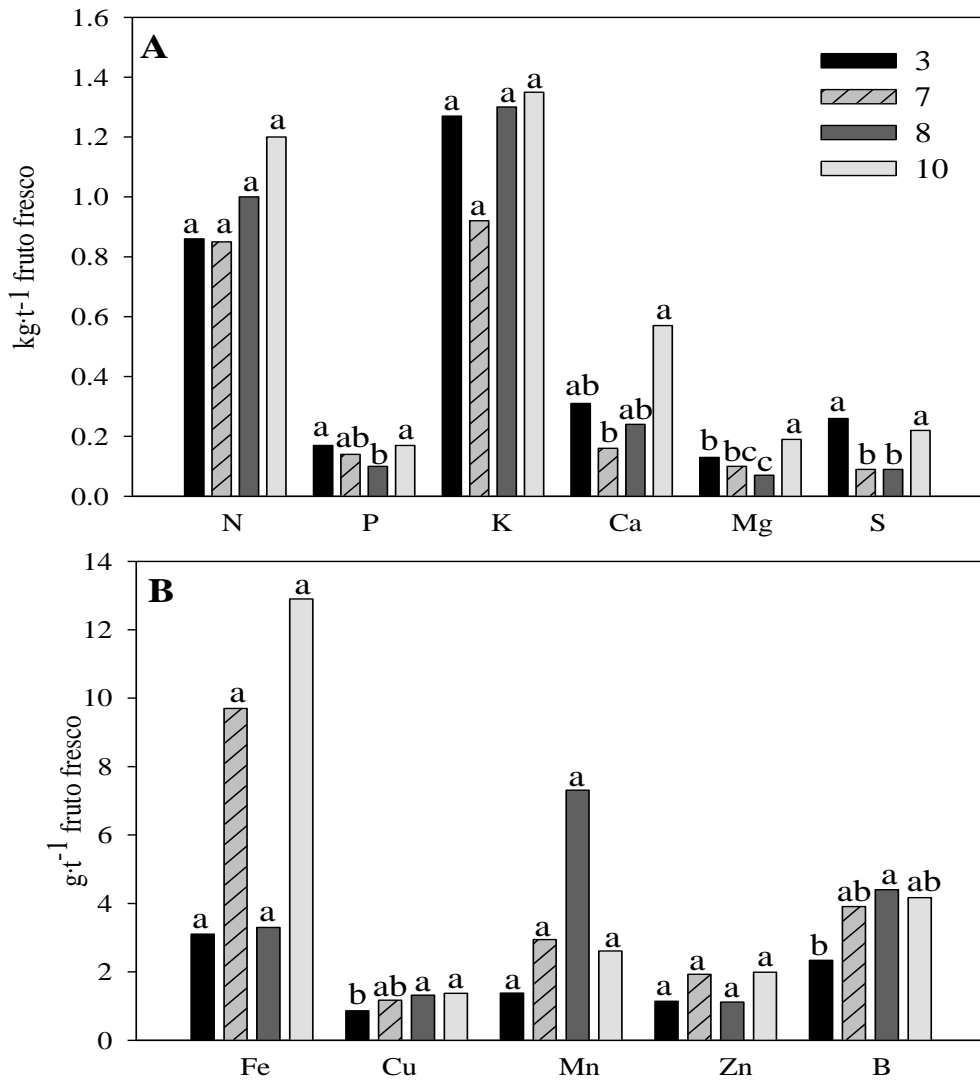


Figura 2.3. Remoción de macronutrientes (A) y micronutrientes (B) por tonelada de mango fresco del cv. Kent en diferentes condiciones de cultivo de Nayarit y Sinaloa.

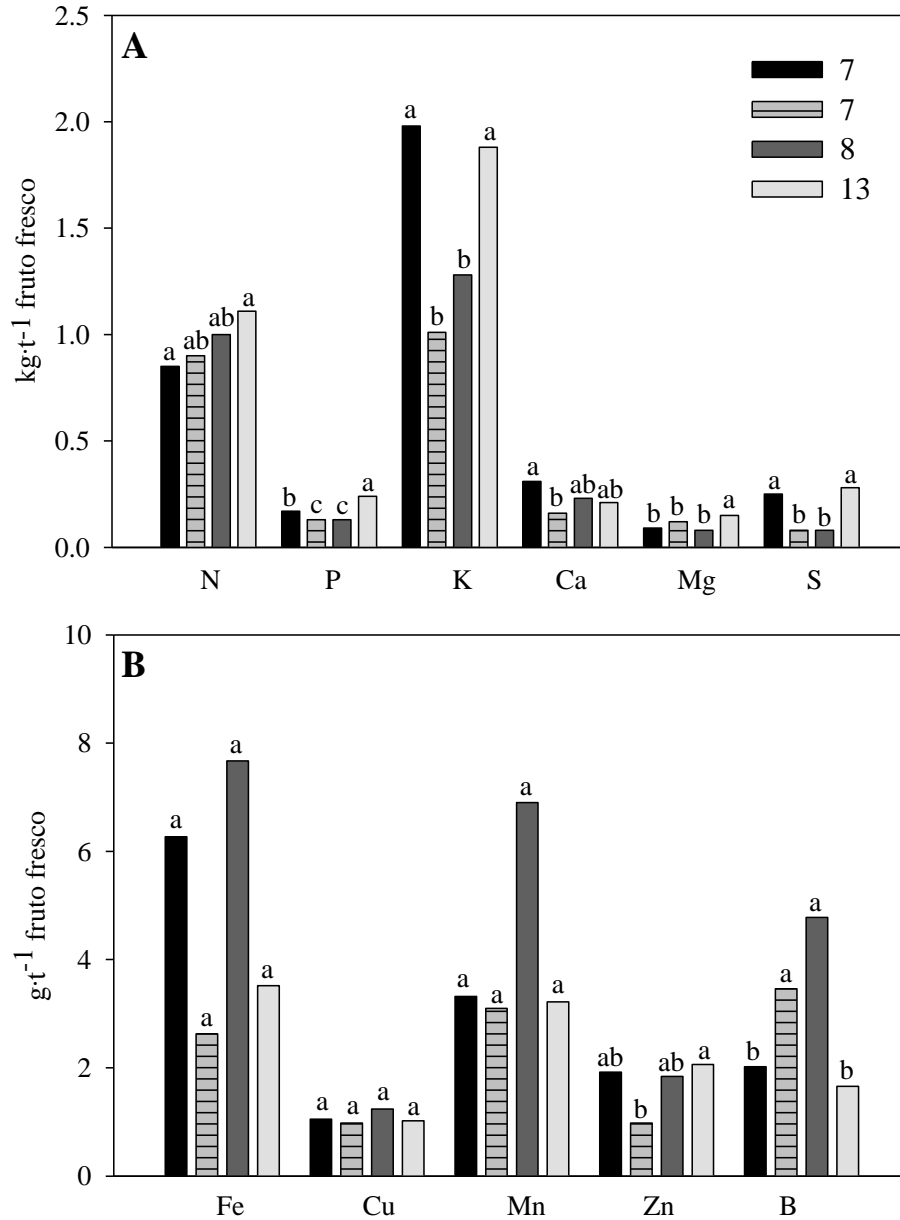


Figura 2.4. Remoción de macronutrientes (A) y micronutrientes (B) por tonelada de mango fresco cv. Tommy Atkins en diferentes condiciones de cultivo de Campeche, Michoacán y Nayarit.

CAPÍTULO III. CALIDAD POSTCOSECHA DEL MANGO (*Mangifera indica* L.)
‘ATAULFO’ Y ‘TOMMY ATKINS’ EN RELACIÓN CON LOS NUTRIMENTOS DEL
SUELO, HOJA Y FRUTO

RESUMEN

El proceso de maduración y calidad de los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) es afectado por factores de precosecha y postcosecha. Los objetivos fueron estudiar la relación entre la fertilidad del suelo, la concentración nutrimental en hojas, en el epicarpio y en la pulpa, determinadas en materia seca (m. s.) con el comportamiento de la calidad postcosecha de frutos de mango cv. Aaulfo, cosechados en Chiapas y Nayarit, y del cv. Tommy Atkins cosechados en Campeche y Nayarit, y estudiar la relación entre la concentración nutrimental en pulpa fresca y la calidad postcosecha de frutos de mango de los mismos cultivares. Se seleccionaron huertos en edad productiva de los que se obtuvieron muestras de suelo y foliares, y frutos en madurez fisiológica. Se determinó N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl, Fe, Cu, Mn, Zn y B en suelo, en hoja, epicarpio y pulpa (m. s.) N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B y se evaluó la firmeza, SST, acidez y vitamina C a los 10 días después de la cosecha. Se realizó análisis de la varianza, análisis de componentes principales, correlación canónica y conglomerados. En ambos cultivares con los tres primeros componentes se explicó más del 80% de la varianza. En ‘Aaulfo’ se encontraron correlaciones canónicas significativas entre los nutrimentos del suelo y hoja con el color del epicarpio y entre los nutrimentos en hoja y los SST, acidez y vitamina C. En ‘Tommy Atkins’ hubo correlaciones canónicas significativas entre los nutrimentos del suelo y hoja con el color del epicarpio, firmeza, SST y acidez.

PALABRAS CLAVE: *Mangifera indica* L., firmeza, SST, acidez, vitamina C.

**CHAPTER III. POSTHARVEST QUALITY OF MANGO (*Mangifera indica* L.)
'ATAULFO' Y 'TOMMY ATKINS' IN RELATION TO SOIL, LEAF AND FRUIT
NUTRIENTS**

SUMMARY

The ripening process and fruit quality of mango (*Mangifera indica* L.) is affected by preharvest and postharvest factors. The goal were to study the relationship between soil fertility, foliar nutrient concentration in the epicarp and pulp, determined in dry matter (ms) with the postharvest quality behavior of mango fruit cv. Ataulfo harvested in Chiapas and Nayarit, and cv. Tommy Atkins harvested in Campeche and Nayarit, and to study the relationship between nutrient concentration in fresh pulp and postharvest quality of mango fruits of these cultivars. Orchards were selected working age were obtained from samples of soil and leaves, and fruits at physiological maturity. It was determined N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl, Fe, Cu, Mn, Zn and B in soil, leaf, exocarp and pulp (ms) N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B and it was evaluated firmness, TSS, acidity and vitamin C at 10 days after harvest. We performed analysis of variance, principal component analysis, canonical correlation and conglomerates. To both cultivars the first three components explained over 80% of the variance. In 'Ataulfo' significant canonical correlations were found between soil nutrients and color sheet between the epicarp and leaf nutrient and TSS, acidity and vitamin C. In 'Tommy Atkins' was significant canonical correlations between soil nutrients and color sheet epicarp, firmness, TSS and acidity.

KEY WORDS: *Mangifera indica* L., firmness, TSS, acidity, vitamin C.

3.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de maduración y calidad de los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) es significativamente afectado por diversos factores de precosecha y de postcosecha. Entre los primeros destacan las condiciones agroclimatológicas y requerimientos de agua y nutrimentos, así como otros factores relacionados con la tecnología de producción [1]. En postcosecha resultan importantes el grado de madurez y época de cosecha [2, 3], así como las condiciones de temperatura y humedad relativa establecidas para la maduración y conservación.

Desde el punto de vista de la nutrición, se ha estudiado el efecto de diversos programas de fertilización con la calidad de los frutos. En Sao Paulo, Brasil se reportó que en árboles de limón (*Citrus limon* L.) plantados en un suelo oxisol arenoso de baja fertilidad, la aplicación de tasas anuales de N (30, 100, 170 y 240 kg·ha⁻¹), P (9, 27, 62 y 79 kg·ha⁻¹) y K (24, 91, 158 y 225 kg·ha⁻¹) repartidas en tres aplicaciones a partir del inicio de la primavera hasta el final del verano, durante 5 años produjeron un efecto aditivo en el aumento del rendimiento, un aumento del tamaño del fruto con dosis mayores de K y una disminución con dosis mayores de N, mientras que las dosis mayor y menor de P, disminuyeron el tamaño del fruto [4]. Con relación al mango, en Málaga, España se reportó que las aplicaciones de N y Ca durante la etapa de crecimiento del fruto de mango cv. Sensation, incrementaron progresivamente su contenido de N en hoja y mesocarpio y de manera menos marcada, incrementaron su contenido de Ca; sin embargo el alto contenido de N en el árbol con frecuencia inhibe el proceso de desverdizado del epicarpio, lo cual tiene consecuencias negativas sobre el valor del producto [5]. En Tailandia se comparó el efecto de los niveles de fertilización en el crecimiento y rendimiento de árboles del cv. Nam Dok Mai. Se obtuvieron frutos con menor porcentaje de acidez en árboles que recibieron 1.5, 0.2 y

1.5 kg de N, P₂O₅ y K₂O en el primer año, y 1.5, 0.4 y 1.0 kg de N, P₂O₅ y K₂O en el segundo. Asimismo un mayor porcentaje de sólidos solubles totales (SST) se encontró en árboles fertilizados con 1.0, 0.2 y 1.5 kg de N, P₂O₅ y K₂O en los dos años de estudio [6]. En frutos del cv. Dashehari en India, se evaluó el efecto de las aspersiones de CaNO₃ en la calidad poscosecha y se encontró que dos aspersiones consecutivas de CaNO₃ (1 o 2% Ca) o CaCl₂ (0.6 o 1.2% Ca) antes de la cosecha, retrasaron la maduración, incrementaron la concentración de Ca en epicarpio y pulpa y disminuyeron la pérdida de peso y velocidad de respiración [7]. En Australia para el cv. Keitt se determinó el efecto de la fertilización nitrogenada en precosecha sobre el desarrollo de enfermedades en postcosecha. Se encontró que la aplicación de N al suelo durante la floración y el desarrollo del fruto, favoreció la aparición de antracnosis en postcosecha [8]. En frutos del cv. Succary Abiad en Egipto se estudió el efecto de algunos productos químicos y reguladores del crecimiento sobre el crecimiento, contenido de minerales en hoja y frutos, el rendimiento y la calidad del fruto. Las aplicaciones de urea (2%), NAA (40 y 60 ppm), CaCl₂ (2%) o G₃A (20 y 40 ppm) antes o después de la floración, incrementaron el rendimiento, el peso y volumen de los frutos, así como la firmeza y el contenido de SST [9].

En otros estudios se ha probado el efecto de la aplicación precosecha de productos naturales sobre el contenido mineral, rendimiento y calidad del fruto. En los cvs. Alphonso y Badami en Egipto se reportó que las aplicaciones de ácido ascórbico (200 ppm), ácido cítrico (200 ppm) o levadura seca activa (3 g·L⁻¹) antes de la cosecha, incrementaron la producción por árbol, firmeza de la pulpa, concentración de azúcares, de SST, ácido ascórbico, de almidón y de fenoles totales en los frutos [10].

También se ha relacionado la concentración foliar de nutrimentos con alguna etapa de crecimiento o desarrollo del fruto, o con el rendimiento. En Tailandia, el cv. Nam Dok Mai presentó mayor rendimiento mediante un contenido foliar de 1.12 N, 0.4 P y 0.29 K ($\text{g}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) en el primer año de estudio y con 1.16 N, 0.35 P y 0.6 K en el segundo año [6].

Aún hace falta estudiar el efecto de un programa de fertilización sobre el estado nutricional de los frutos de mango, así como el efecto del estado nutricional del fruto en el comportamiento postcosecha y calidad de los mismos. Por lo anterior en el presente trabajo se plantearon los objetivos siguientes: i. Estudiar la relación entre la fertilidad del suelo, la concentración nutrimental en hojas, en el epicarpio y en la pulpa, determinadas en base a materia seca (m. s.), con el comportamiento de la calidad postcosecha de frutos de mango cv. Ataulfo, cosechados en Chiapas y Nayarit, y del cv. Tommy Atkins cosechados en Campeche y Nayarit, y ii. Estudiar la relación entre la concentración nutrimental en pulpa fresca y la calidad postcosecha de frutos de mango de los mismos cultivares.

3.2 MATERIALES Y METODOS

Ubicación de los huertos. Para el estudio en 2008 se seleccionaron cuatro huertos comerciales de mango por cada uno de los cvs. Ataulfo y Tommy Atkins. Los huertos estaban visualmente sanos, sin deficiencias nutricionales y con edades de entre 15 y 20 años. Dos de los huertos del cv. Ataulfo se ubicaron en Chiapas y dos en Nayarit. Los huertos del cv. Tommy Atkins se ubicaron dos en Campeche y dos en Nayarit (Cuadro 3.1). En cada huerto se seleccionaron tres árboles con una producción estimada superior a $150 \text{ kg}\cdot\text{árbol}^{-1}$.

Con base en lo reportado por García-Amaro [11], los huertos se ubicaron en un clima cálido subhúmedo. Las características de este clima son temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, precipitación media anual de 500 a 2,500 mm y precipitación del mes más seco entre 0 y 60 mm, así como lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

Estudio I.

Muestreo del suelo. En febrero 2009 de cada huerto se obtuvo una muestra compuesta de suelo de los tres árboles 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 tipo 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.

Análisis de fertilidad de suelo. Se determinó textura, pH (1:2 agua) [12], conductividad eléctrica [13], materia orgánica (Walkley y Black) [14], N-inorgánico (Semimicro-Kjeldahl) [15], P (Bray) [16], Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn (digestión húmeda con una mezcla de HNO₃ y HClO₄), K, Na (extracción rápida en agua) [17, 18] y B (Azometina-H) [19].

Muestreo de hojas. De cada huerto y de cada uno de los árboles seleccionados, se colectaron 20 hojas sanas y completas, de 7 a 8 meses de edad, de brotes que no tuvieran frutos y ubicadas en la posición seis o siete del ápice hacia la base del brote. Las hojas cortadas se introdujeron en bolsas de plástico identificadas y se guardaron en una hielera con gel congelado para su traslado.

Preparación de muestras de hojas. En laboratorio, las hojas fueron lavadas con agua corriente, posteriormente con agua electropura y finalmente con agua destilada. Enseguida se secaron con papel secante y se deshidrataron en un horno digital Lab-line Imperial 5 (3488M USA.) con aire forzado a 70 °C hasta peso constante. Las muestras secas fueron molidas en un molino de acero inoxidable Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10, USA.) con tamiz 40 integrado.

Muestreo de frutos. En el 2010 de los tres árboles seleccionados se cosecharon 50 frutos en madurez fisiológica. El criterio de cosecha fue visual: tomando como base el inicio de coloración amarilla en la pulpa cercana a endocarpio; además del tamaño y color verde brillante del exocarpio (cáscara) [20, 21]. Una vez cosechados los frutos, se colocaron en el suelo, con el pedúnculo hacia abajo para drenar parte del látex y evitar daños en el epicarpio. Posteriormente se depositaron en hieleras plásticas con gel congelado y se trasladaron al laboratorio.

Preparación de muestras de fruto. En el laboratorio los frutos se lavaron con agua jabonosa, se enjuagaron con agua corriente, posteriormente se sumergieron en una solución desinfectante a base de hipoclorito de sodio (100 ppm), se secaron y se eliminaron los que presentaban daños visibles por golpes o por látex.

Los frutos lavados se repartieron en tres grupos. El primer grupo (6 frutos) para determinar la concentración nutrimental en el epicarpio y mesocarpio (pulpa) en base a peso seco (m. s.), el segundo grupo (30 frutos) para medir variables de calidad postcosecha y el tercero (10 frutos) para determinar la concentración nutrimental en pulpa fresca (Estudio II).

Los frutos destinados para análisis nutrimental se pesaron en una balanza digital Ohaus (Scout Pro SP2001), se separaron el epicarpio y pulpa y se registró el peso fresco de cada uno. Los tejidos se cortaron en rebanadas delgadas y se deshidrataron en un horno digital Lab-line Imperial 5 (3488M USA.) con aire forzado a 70 °C hasta peso constante. Las muestras secas fueron molidas en un molino de acero inoxidable Thomas Scientific (Wiley Mini Mill 3383-L10, USA.) con tamiz 40 integrado.

Los frutos destinados para analizar el comportamiento postcosecha se colocaron y almacenaron en rejas de plástico a temperatura ambiente de 23 a 24°C. Las variables postcosecha se midieron a partir del segundo día después de la cosecha y hasta los diez días después de cosecha (ddc).

Análisis de hojas. Se determinó N-total por el método de microkjeldahl [22]. El P, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn y Zn se determinaron por el método de digestión triácida convencional [23] y K se extrajo por el método de extracción rápida en agua [17]; Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn y K se determinaron por Absorción Atómica en un Spectrometer ICE 3000 Series Marca Thermo Scientific. B determinó por el método de Azometina-H [18] y junto con el P se determinó en un Espectrofotómetro Genesis 20, Thermo Scientific.

Análisis nutrimental de epicarpio y pulpa (m. s.). Se determinó N-total mediante digestión semi-microKjeldahl modificada para incluir NO₃ [24]. El P, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn y Zn fueron extraídos por digestión húmeda con una mezcla de HNO₃ y HClO₄ [25] y el K se extrajo en agua (método de extracción rápida). A excepción del P, fueron determinados por absorción atómica empleando un Spectrometer ICE 3000 Series (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA)

[26]. El P se cuantificó por el método del ácido ascórbico y el B se determinó por calcinación mediante el método espectrofotométrico de Azometina-H [27], ambos en un espectrofotómetro Genesis 20 (Thermo Scientific, Madison, Wisconsin, USA). Los datos se reportaron como g-100 g⁻¹ de materia seca.

Análisis postcosecha de frutos. Se realizaron determinaciones cada tercer día a partir del segundo día después de la cosecha y hasta los diez días de almacenamiento. El color externo del epicarpio se determinó en ambos lados del fruto utilizando un colorímetro Hunter Lab D25-PC2 (Hunter Associates laboratory, Inc. Reston, VA, USA) que reporta los valores de *L*, *a* y *b Hunter*. La luminosidad se reportó de manera directa, y con los parámetros *a* y *b Hunter* se calculó el ángulo de tono o matiz (Hue) y el índice de saturación (Cromaticidad) de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$\text{Hue} = \text{arco tan } (b/a) \qquad \text{Croma} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

La firmeza se determinó en la parte central en las dos caras opuestas del fruto mediante penetración con un Texturómetro Chatillon modelo FDV-30, empleando un puntal cónico de 8 mm de diámetro; los datos se reportaron en Newtons (N).

La acidez titulable se determinó de acuerdo al método AOAC [26] y los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico, según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acido cítrico} = \frac{G \times (N) \times (\text{Meq Ácido}) \times (V) \times (100)}{\text{peso de la muestra} \times \text{alícuota}}$$

Donde: G= volumen de NaOH gastado en la titulación (ml).

N= normalidad del hidróxido de sodio (0.1N).

Meq ácido= mili equivalentes de ácido cítrico (0.067).

V= volumen total (50 ml de agua + 20 g de pulpa).

P= peso de la muestra utilizada (20 g).

A= alícuota de muestra para titulación (10 ml).

El contenido de vitamina C se determinó con base en el método de titulación con 2,6 diclorofenol indofenol [26]. Los datos se reportaron como $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$.

Los sólidos solubles totales (SST) se cuantificaron de acuerdo con el método AOAC [26], utilizando un refractómetro digital marca ATAGO Pelette PR-101 con escala de 0 a 32% °Brix. Los resultados se expresaron en porcentaje de sólidos solubles totales.

La relación sólidos solubles totales / acidez se obtuvo de dividir los datos del contenido de sólidos solubles totales entre el porcentaje de ácido cítrico.

Los análisis de fertilidad del suelo y de la concentración nutrimental en hoja, epicarpio y pulpa (m. s.) se realizaron en el Laboratorio Fertilab. Los análisis la concentración nutrimental en pulpa fresca, así como las mediciones postcosecha se realizaron el Laboratorio de Fruticultura del Colegio de Postgraduados en Montecillo.

Análisis estadístico. Se usó un diseño completamente al azar con tres repeticiones (árboles). Con el paquete estadístico SAS para Windows V9 se realizó análisis de varianza por cultivar y lugar de procedencia para las variables postcosecha. Se realizaron análisis de componentes principales (ACP), análisis de correlación canónica (ACC) y análisis de conglomerados, en estos análisis únicamente se incluyeron las variables postcosecha registradas diez días después de la cosecha. En el ACP se incluyeron N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, Zn, Mn, Cu y B en suelo (31-60 cm), ya que de acuerdo con [28] es en dicha profundidad donde se encuentra la mayor cantidad de raíces, N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Cl, Fe, Cu, Mn, Zn y B en hoja, en epicarpio y pulpa (m. s.) N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B, las variables firmeza, SST, acidez y vitamina C a los 10 días después de la cosecha (ddc). Los componentes principales se interpretaron tomando como base en los eigen-value y en los eigen-vectors. El ACC se realizó entre la concentración de N, P, K, Ca, Mg, Fe, B y S en suelo (en la profundidad de 31 a 60 cm), N, P, K, Ca, Mg, S, Cu y B en hoja, N, P, K, Ca, Mg, S, Cu y B en epicarpio y pulpa (m.s.) y las variables físicas (firmeza, luminosidad e índice de saturación) y químicas postcosecha (SST, acidez y vitamina C) a los 10 ddc. Se consideraron las correlaciones canónicas que fueran altamente significativas ($P < 0.0001$). El análisis de conglomerados se realizó con los datos de concentración de N, P, K, Ca, Mg, Fe, B y S en suelo y las variables firmeza y SST.

Estudio II.

Los datos de este estudio se obtuvieron de los mismos huertos empleados en el estudio I.

Análisis nutrimental de pulpa fresca. Los frutos fueron pesados de manera individual, se les quito el epicarpio y la pulpa se pico finamente. La pulpa de los diez frutos se mezcló y de la mezcla se tomó una muestra de 10 g que se licuaron con 30 ml de agua destilada.

Se determinó la concentración de N por el método Kjeldahl AOAC [24]. Los nutrimentos P, K, Ca, Mg, Mn, Cu, Fe y Zn fueron extraídos en agua AOAC [24] y se determinó la concentración empleando un Espectrofotómetro de Absorción Atómica Modelo GBC Scientific Equipment, Marca SAVANTAA, con un error de 0.01%.

Análisis de calidad postcosecha. Se trabajó con las determinaciones realizadas en el Estudio I.

Análisis estadístico. Se usó un diseño completamente al azar con tres repeticiones (árboles). Con el paquete estadístico SAS para Windows V9 se realizó análisis de varianza por cultivar y lugar de procedencia para la concentración nutrimental en pulpa fresca y calidad postcosecha del fruto. Se realizaron análisis de correlación canónica (ACC) y análisis de conglomerados únicamente con los datos de las variables de calidad postcosecha registradas dos y diez días después de la cosecha. En estos análisis se incluyó la concentración de N, P, K, Ca y Mg en pulpa fresca. Además, en el ACC se incluyeron las relaciones K/Ca , $K/(Ca+Mg)$ y $Ca/(Mg+K)$, firmeza, luminosidad e índice de saturación, SST, acidez y vitamina C. El análisis de conglomerados además se incluyó la concentración de Fe y Cu en pulpa fresca, firmeza, SST y acidez.

3.3 RESULTADOS

Estudio I.

Se encontraron diferencias significativas en las variables postcosecha firmeza y color (luminosidad, matiz e índice de saturación) del fruto, dependiendo del lugar de procedencia y los días de almacenamiento. En el cv. Tommy Atkins procedente de Campeche las diferencias se presentaron de los 6 a los 8 ddc (Figura 3.1A). El color en cuanto a luminosidad de los frutos de ‘Ataulfo’ de Chiapas fue superior durante todo el período de almacenamiento (Figura 3.1B). El matiz presentó valores iguales para ambos cultivares a los 8 ddc, sin embargo a los 10 ddc los frutos del cv. Tommy Atkins mostraron valores inferiores (Figura 3.1C). Los frutos de ‘Ataulfo’ de ambos estados (Chiapas y Nayarit) mostraron mayor índice de saturación a los 2 y 4 ddc, pero solo los ‘Ataulfo’ de Chiapas conservaron los valores superiores a los 8 y 10 ddc (Figura 3.1D).

Las variables químicas postcosecha (acidez, SST, vitamina C y SST/A) también presentaron diferencias debidas al lugar de procedencia de los frutos y al tiempo de almacenamiento. Los frutos de ‘Ataulfo’ de ambos estados presentaron mayor acidez de los 2 a los 6 ddc, pero a los 8 y 10 ddc únicamente los ‘Ataulfo’ de Nayarit conservaron la mayor acidez (Figura 3.2A). El contenido de SST incrementó en ambos cultivares conforme incrementaron los ddc, siendo los frutos de ‘Ataulfo’ de Nayarit los que presentaron mayor contenido a los 10 ddc (Figura 3.2B). Los ‘Ataulfo’ de Chiapas presentaron mayor contenido de vitamina C a los 2, 4 y 6 ddc y fueron igualados a los 8 y 10 ddc por los frutos de ‘Ataulfo’ de Nayarit (Figura 3.2C). Los frutos del cv. Tommy Atkins de Nayarit siempre presentaron valores superiores para la relación SST/A (Figura 3.2D).

El análisis de componentes principales (ACP) aplicado a los datos de contenido nutrimental en suelo, hoja, epicarpio, pulpa y variables postcosecha de los frutos de ‘Ataulfo’ y ‘Tommy Atkins’, explicó más del 80% de la varianza acumulada con los tres primeros componentes. En el cv. Ataulfo se explicó el 83.34%, correspondiendo 59.12% al primer componente, 13.42% al segundo y 10.80% al tercero. En el cv. Tommy Atkins se explicó el 86.45% de la variabilidad, correspondiendo el 58.59% al primer componente, 18.86% al segundo y 9.00% al tercero.

La distribución del cv. Ataulfo con base en los CP1 vs CP2, y CP1 vs CP3 se presenta a continuación (Figura 3.3 A, B). Se puso de manifiesto que los valores positivos del CP1 se debieron al contenido superior de P y Ca en suelo y hoja, de S en epicarpio y pulpa y de Mg en suelo, hoja, epicarpio y epicarpio. Los valores positivos del CP1 también se debieron al contenido superior de K y Zn en suelo, Fe en hoja, K en epicarpio y Ca, Cu y S en pulpa. Los valores negativos del CP1 representaron el contenido superior de Zn, Na, K, Mn y B en hoja, Mn en epicarpio y B en pulpa.

Por su parte el CP2 presentó valores positivos debido al contenido mayor de B y S en suelo, S, N, Cu y B en hoja y Cu en epicarpio. Los valores negativos del CP2 se debieron al menor contenido de Na y N en suelo, Cl en hoja y Zn en epicarpio.

En el CP3 los valores positivos se debieron a mayores contenidos de Cu y B en suelo, de N y P en epicarpio, de Fe, K y N en pulpa y a mayor contenido de vitamina C. La parte negativa del CP3 se debió al menor contenido de Mn, Fe, Zn y Mg en suelo, Fe en epicarpio y Zn en pulpa.

La distribución del cv. Tommy Atkins con base en los CP1 vs CP2, y CP1 vs CP3 se presenta a continuación (Figura 3.4 A, B). Se asociaron los valores positivos del CP1 con mayor contenido de B, S, Na, Cu, Zn, Fe y Ca en suelo, P, Cl, Zn, Ca y N en hoja, S en epicarpio y S, Ca, Zn y P en pulpa. Los valores negativos del CP1 correspondieron a menor contenido de P en suelo, Mn y B en hoja y B en epicarpio, así como menor contenido de SST.

Los valores positivos del CP2 se debieron al mayor contenido de K en suelo, K y S en hoja, Mn, P, N, Zn y Mn en epicarpio y Mn, N y K en pulpa. Los valores negativos de este componente se debieron al menor contenido de Mn en suelo, Cu, Na y Mg en hoja y a la menor firmeza que presentaron los frutos.

Con relación al CP3, sus valores positivos se correspondieron a contenidos mayores de N, K, Mn y Zn en suelo, Fe y Na en hoja y N en pulpa. Los valores negativos del CP3 se debieron al menor contenido de Ca y Mg en suelo, B en hoja, Ca y Cu en epicarpio, Fe en pulpa y menor contenido de vitamina C.

Con el análisis de correlación canónica (ACC) entre la concentración nutrimental en suelo (N, P, K, Ca, Mg, Fe, B y S) y las variables físicas postcosecha (firmeza, luminosidad e índice de saturación) en el cv. Ataulfo, se encontró una correlación canónica significativa (Cuadro 3.2). El contenido de N en suelo presentó correlación positiva y el Ca, P, K, Mg, Fe y B presentaron correlación negativa con su variable canónica Suelo, que influyó sobre la variable canónica Físicas, es decir que mayores contenidos de N y menores contenidos de Ca, P, K, Mg, Fe y B en suelo se asociaron a menores valores de luminosidad y el índice de saturación del fruto.

También se encontraron correlaciones canónicas significativas entre la concentración nutrimental en hoja (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu y B) y las variables físicas postcosecha (Cuadro 3.3) para el cv. Ataulfo. La variable canónica Hoja presentó correlación positiva con la concentración de P, Cu, Ca y Mg y correlación negativa con la concentración de K y B en hoja. Lo anterior se interpretó como que mayor contenido de P, Cu, CA y Mg en hoja favorecen la luminosidad y el índice de saturación del epicarpio.

Para el cv. Ataulfo no se encontraron correlaciones canónicas significativas entre la concentración nutrimental en epicarpio y pulpa con las variables físicas postcosecha.

El análisis de correlación canónica para el cv. Ataulfo reportó una correlación significativa entre las variables químicas postcosecha (sólidos solubles totales SST, acidez y vitamina C) y el contenido nutrimental en suelo (Cuadro 3.4). En suelo el contenido de S presentó correlación negativa y el contenido de P, K y Ca presentaron correlación positiva con su variable canónica Suelo, que actuó sobre las variables sólidos solubles totales SST, acidez y vitamina C (variable canónica Químicas), es decir mayor contenido de P, K y Ca combinado con menor contenido de S en suelo favorecieron la presencia de valores mayores de SST y vitamina C, y valores menores de acidez.

Para el cv. Ataulfo no se encontraron correlaciones canónicas significativas entre la concentración nutrimental en hoja, epicarpio y pulpa y las variables químicas postcosecha.

En el cv. Tommy Atkins se encontraron correlaciones canónicas significativas entre el contenido nutrimental en suelo (N, P, K, Ca, Mg, Fe, B y S) y las variables físicas postcosecha (firmeza, luminosidad e índice de saturación) (Cuadro 3.5). En suelo el contenido de P presentó correlación negativa y el contenido de Fe, Mg, Ca, S y B correlación positiva con su variable canónica Suelo. Dicha variable canónica actuó sobre la luminosidad, índice de saturación y firmeza de los frutos, es decir, bajos contenidos de Fe, Mg, Ca, S y B combinados con altos contenidos de P en suelo incrementaron la firmeza del fruto y disminuyeron la luminosidad y el índice de saturación del epicarpio.

Para el cv. Tommy Atkins se encontró una correlación canónica significativa entre la concentración nutrimental en hoja (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu y B) y las variables físicas postcosecha (Cuadro 3.6). El B en hoja presentó correlación positiva con la variable canónica Hoja, por su parte el Mg, Cu P, y N en hoja presentaron correlación negativa con la variable canónica Hoja. Dicha variable actuó sobre las variables luminosidad, índice de saturación y firmeza, de tal forma que contenidos menores de Mg, Cu P, y N junto con contenidos mayores de B, favorecieron mayor luminosidad e índice de saturación del epicarpio y propiciaron menor firmeza.

Entre el contenido de nutrimentos en suelo y las variables químicas postcosecha (sólidos solubles totales SST, acidez y vitamina C) en frutos del cv. Tommy Atkins se presentó una correlación canónica significativa (Cuadro 3.7). La correlación negativa entre el contenido de S, B, Ca, Mg y Fe en suelo con su variable canónica Suelo evidenciaron que valores menores de estos nutrimentos en suelos, asociados a mayores contenidos de P en suelo, incrementaron los SST y disminuyeron la acidez de los frutos.

En el cv. Tommy Atkins se presentó una correlación canónica significativa entre la concentración nutrimental en hoja y las variables químicas postcosecha (sólidos solubles totales SST, acidez y vitamina C) (Cuadro 3.8). La variable canónica Hoja se correlacionó positivamente con el Ca, P, S, N y K, y negativamente con el B de la hoja. Es decir que en hoja mayores contenidos de Ca, P, S, N y K asociados a menor contenido de B, promovieron mayor acidez y menor contenido de SST en los frutos.

Para el cv. Tommy Atkins no se encontraron correlaciones canónicas significativas entre la concentración nutrimental en epicarpio y pulpa y las variables químicas postcosecha.

En el análisis por conglomerados entre las variables de suelo (N, P, K, Ca, Mg, Fe, B y S) y las variables postcosecha (firmeza y SST) para el cv. Ataulfo mostro dos grandes grupos: uno que incluyó los frutos de Chiapas y el otro los de Nayarit (Figura 3.5). Los frutos de Chiapas se subdividieron en dos subgrupos, en el primero se incluyeron los que tuvieron una firmeza promedio de 1.5 N y SST de 19.8%, provenientes de suelos con niveles moderadamente bajos de K, Ca y Mg, y alto contenido de Fe. En el segundo grupo de Chiapas se tuvieron frutos con firmeza promedio de 1.2 N y SST 14.4%, que se produjeron en suelos con contenido muy bajo de B, contenido moderadamente bajo de N y muy alto contenido de Fe. Los frutos de Nayarit también conformaron dos subgrupos, en el primero se incluyeron los frutos de firmeza promedio de 2.3 N y SST 13.5%, provenientes de suelos con muy bajo contenido de P, K, Ca, Fe y B, bajos contenidos de Mg y moderadamente bajos de S; en el segundo grupo, los frutos tuvieron

una firmeza promedio de 2.3 N y SST de 11.1%, que se produjeron en suelos con muy bajo contenido de P, K, Ca, Fe y B, bajo contenido de Mg y muy alto contenido de S.

Para el cv. Tommy Atkins, el análisis por conglomerados entre las variables de suelo (N, P, K, Ca, Mg, Fe, B y S) y las variables postcosecha (firmeza y SST) generó dos grandes grupos: uno para los frutos de Campeche y otro para los de Nayarit (Figura 3.6). El primer grupo de Campeche estuvo conformado por dos subgrupos, el primero incluyó frutos con firmeza promedio de 6.1 N y SST 11.7%, los suelos tuvieron muy bajo contenido de P y K, bajo contenido de B, contenido moderadamente bajo de N y muy alto contenido de S; en el segundo grupo estuvieron los frutos cuya firmeza promedio fue 2.77 N y SST 11.28%, los suelos tuvieron muy bajo contenido de P, bajo contenido de B, moderadamente bajo contenido de Mg y muy alto contenido de S. En el primer subgrupo de Nayarit los frutos tuvieron valores promedio de firmeza y SST de 6.5 N y 14.6%, respectivamente y se produjeron en suelos con muy bajo contenido de P, K y B; en el segundo subgrupo los frutos tuvieron firmeza promedio de 2.0 N y SST 14.6% que se produjeron en suelos con muy bajo contenido de P, Ca, Mg y B, y muy alto contenido de Fe.

Estudio II.

Se encontraron algunas diferencias en la concentración nutrimental en pulpa fresca dependiendo del cultivar y de la procedencia de los frutos (Cuadro 3.9). El cv. Ataulfo presentó mayor contenido de N, P, K y Zn. Por su parte el cv. Tommy Atkins tuvo mayor contenido de Mg, Fe, Cu y Mn. La concentración de Ca fue igual en la pulpa de ambos cultivares.

Con relación a las diferencias por la procedencia de los frutos, se encontró que la pulpa de frutos de ‘Ataulfo’ de Chiapas tuvo el mayor contenido de P, Ca, Mg y Zn, y los de ‘Ataulfo’ de Nayarit el mayor contenido de N y K. En la pulpa de frutos del cv. Tommy Atkins de Campeche únicamente se encontró mayor contenido de Mg y Fe y en los frutos de ‘Tommy Atkins’ de Nayarit únicamente mayor contenido de Mg y Mn.

Para las variables postcosecha firmeza, SST y acidez se realizaron análisis de varianza entre cvs. Ataulfo y Tommy Atkins, así como por la procedencia de los cultivares (Chiapas y Nayarit para ‘Ataulfo’ y Campeche y Nayarit para ‘Tommy Atkins’), a los dos y diez días después de la cosecha (Cuadro 3.10). Entre cultivares la única variable que mostró diferencias fue acidez. Por la procedencia de los cultivares la firmeza al momento de la cosecha fue la única variable que no mostró diferencias.

Por otro lado, los frutos de ‘Ataulfo’ de Chiapas presentaron mayor acidez al momento de cosecha y el mayor contenido de SST después del período de almacenamiento. Los ‘Ataulfo’ de Nayarit también tuvieron mayor acidez al momento de la cosecha, la cual se conservó hasta después del periodo de almacenamiento. Para el cv. Tommy Atkins los frutos de Campeche tuvieron la mayor firmeza después de diez días de almacenamiento y los frutos de Nayarit tuvieron un contenido de SST al momento de la cosecha semejante a los frutos de ‘Ataulfo’.

El análisis de correlaciones canónicas para el cv. Ataulfo no presentó ninguna correlación significativa entre la concentración de nutrimentos en pulpa fresca (N, P, K, Ca, Mg, K/Ca, $K/(Ca+Mg)$ y $Ca/(Mg+K)$) y las variables físicas postcosecha (luminosidad, índice de saturación

y firmeza). Sin embargo, se encontró correlación negativa entre la concentración de P y la luminosidad del epicarpio, la firmeza presentó correlación positiva con el N, K, K/Ca y K/(Ca+Mg), y correlación negativa con Ca, Mg y Ca/(Mg+K) (Cuadro 3.11).

En el cv. Ataulfo se encontró una correlación canónica significativa entre la concentración de nutrimentos en pulpa fresca (N, P, K, Ca, Mg, K/Ca, K/(Ca+Mg) y Ca/(Mg+K)) y las variables químicas postcosecha (SST, acidez y vitamina C) (Cuadro 3.12).

La variable canónica Pulpa actuó sobre la variable canónica Químicas. El P, Mg y Ca tuvieron correlación positiva con la variable canónica Pulpa y el N, K/Ca y K/(Ca+Mg) tuvieron correlación negativa. Esto se tradujo en valores mayores de SST y vitamina C y valores menores de acidez cuando la pulpa tuvo mayor contenido de P, Mg y Ca y menor contenido de N, K/Ca y K/(Ca+Mg).

Para el cv. Tommy Atkins el ACC entre la concentración de nutrimentos en pulpa fresca (N, P, K, Ca, Mg, K/Ca, K/(Ca+Mg) y Ca/(Mg+K)) y las variables físicas postcosecha (luminosidad, índice de saturación y firmeza) no reportó ninguna correlación canónica significativa. A pesar de esto se encontraron correlaciones negativas significativas entre la luminosidad y la concentración de N y K en pulpa y entre la firmeza y la concentración de K y Ca (Cuadro 3.13). Menores contenidos de N y K en pulpa fresca se asociaron con mayor luminosidad del epicarpio así como menores contenidos de K y Ca se asociaron con mayor firmeza de fruto.

Entre la concentración de nutrimentos en pulpa fresca (N, P, K, Ca, Mg, K/Ca, K/ (Ca+Mg) y Ca/ (Mg+K)) en frutos de ‘Tommy Atkins’ y las variables químicas postcosecha (SST, acidez y vitamina C) se encontró una correlación canónica significativa (Cuadro 3.14).

Se encontró efecto de la variable canónica Pulpa sobre la variable canónica Químicas. Por la conformación de la variable Pulpa se interpretó que mayor contenido de N y K en pulpa se tradujo en mayor contenido de SST y menor acidez del fruto.

El análisis por conglomerados permitió agrupar a los frutos de ‘Ataulfo’ de acuerdo a su contenido nutrimental en pulpa fresca (N, P, K, Ca, Mg, Fe y Cu), firmeza, SST y acidez a los 8 días de almacenamiento al ambiente (Figura 3.7). El primer grupo de ‘Ataulfo’ estuvo conformado por los frutos con mayor contenido de SST (19.8 %) y menor acidez (0.6 %) y firmeza (1.0 N), pero con mayor contenido de P, Ca y Mg (0.40, 0.45 y 0.37 g·100g⁻¹, respectivamente) y menor contenido de N (0.29 g·100g⁻¹) en pulpa. Los frutos del segundo grupo tuvieron mayor firmeza (1.2 N) y acidez (0.9 %) y menor contenido de SST (14.4 %), su contenido de Fe y Cu fue mayor (1.7 y 1.3 mg·kg⁻¹) y el de P y K (0.04 y 1.74 g·100g⁻¹) menor en comparación con los frutos del primer grupo.

Con relación a los frutos de ‘Ataulfo’ de Nayarit, el análisis por conglomerados generó dos grupos. En el primer grupo las características promedio fueron firmeza (2.3 N), SST (13.5 %) y acidez (2.0 %). Estos frutos tuvieron valores mayores de K (2.3 g·100g⁻¹) y menores de Fe (1.6 mg·kg⁻¹) en pulpa. En el segundo grupo los frutos tuvieron un promedio de firmeza (2.3 N), SST

(11.1 %) y acidez (1.9 %), así como los valores mayores de N ($0.49 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) y Menores de Mg y Cu ($0.23 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ y $0.45 \text{ mg}\cdot \text{kg}^{-1}$) en pulpa.

Para los frutos de ‘Tommy Atkins’ el análisis por conglomerados generó dos grandes grupos, el de los frutos de Campeche y el de los de Nayarit (Figura 3.8). El grupo de ‘Tommy Atkins’ de Campeche se subdividió en dos grupos. El primero incluyó los frutos con mayor firmeza (6.1 N), acidez promedio de 1.4 % y SST de 11.7 %, estos frutos tuvieron valores menores de N, Ca, Mg y Fe en pulpa (0.21 , 0.35 , $0.33 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ y $2.31 \text{ g}\cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente). El segundo grupo incluyó a los frutos con menor contenido de SST (11.3 %), y firmeza y acidez promedio de 2.8 N y 0.8 %, respectivamente, además presentaron el mayor contenido de P, Ca, Mg y Fe (0.04 , 0.41 , $0.43 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ y $3.31 \text{ mg}\cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente).

El grupo de ‘Tommy Atkins’ de Nayarit también se dividió en dos subgrupos. En el primero estuvieron los frutos con valores menores de firmeza y acidez (1.1 N y 0.2 %) y SST promedio de 14.0 %, así como el más bajo contenido de P ($0.038 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$). Los frutos del subgrupo dos tuvieron el mayor contenido de SST (14.6%) y firmeza y acidez promedio de 2.0 % y 0.3 %, estos frutos tuvieron valores mayores de N, K y Cu en pulpa (0.25 , $1.2 \text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ y $4.0 \text{ mg}\cdot \text{kg}^{-1}$).

3.4 DISCUSIÓN

Estudio I.

En los frutos de los cvs. Ataulfo y Tommy Atkins el análisis de componentes principales (ACP) permitió identificar nutrimentos en suelo, hoja, así como en la materia seca del epicarpio y pulpa, que presentaron la mayor variación. Dentro de las pocas coincidencias que se presentaron en el

CP1 de ambos cultivares, se incluyeron el contenido de Ca en suelo, P, Ca, Zn y B en hoja, S en epicarpio y Ca en pulpa. El hecho de estar incluidos estos nutrimentos en el CP1, que es el componente que explicó la mayor variación, se traduce en que estos nutrimentos requieren una mayor atención al manejar aspectos de nutrición. Esto es aun más evidente cuando se sabe que la deficiencia de B y Ca está asociada a desórdenes fisiológicos del mango como el picado del fruto y la necrosis interna [29, 30]. Además de que se ha reportado que altas concentraciones de Ca y Mg, así como baja relación N/Ca y K/Ca, en el epicarpio y la pulpa previnieron desórdenes fisiológicos en frutos de mango ‘Tommy Atkins’ [31].

El ACP también permitió identificar variables postcosecha causantes de la variación. En el cv. Ataulfo fue el contenido de vitamina C y los SST, incluidas en el CP3. Por su parte en el cv. Tommy Atkins cada uno de los tres componentes principales incluyó una variable postcosecha, siendo SST, firmeza y contenido de vitamina C, respectivamente. La presencia de las variables SST y vitamina C en el CP3 para el cv. Ataulfo se debió a que éstas presentaron menor variación en comparación con los SST y el contenido de vitamina C de los frutos del cv. Tommy Atkins que se presentaron en los CP1 y CP3, respectivamente. Este comportamiento puede indicar que los frutos del cv. Ataulfo tuvieron un comportamiento postcosecha menos sensible a las diferencias en el contenido de nutrimentos en el suelo, hoja, epicarpio y pulpa, que los frutos del cv. Tommy Atkins.

Con el análisis de correlación canónica (ACC) se pusieron de manifiesto relaciones entre el contenido de nutrimentos en el suelo y en la hoja, con el comportamiento postcosecha de los frutos de los cvs. Ataulfo y Tommy Atkins. A pesar de que los frutos de ambos cultivares

manifestaron mayor coloración del epicarpio asociada a la mayor concentración de algunos nutrientes en suelo y hoja, la explicación a este comportamiento puede estar en el avance de la maduración de los frutos (lo que al mismo tiempo produce que la acidez disminuya), ya que el contenido de clorofila tiende a disminuir conforme avanza la madurez, y al mismo tiempo incrementa el contenido de carotenoides, dándose así un cambio de coloración en el epicarpio [32]. También se tienen reportes para el cv. Dashehari que señalan que el contenido total de azúcar y los SST incrementó conforme maduraron los frutos, sin embargo en este cultivar el contenido de vitamina C disminuyó [33].

En el caso particular del P en el suelo en los huertos del cv. Tommy Atkins, mayores contenidos de éste nutriente estuvieron asociados a mayor firmeza del fruto y menor color en el epicarpio. Este comportamiento también pudo deberse a que los frutos del cv. Ataulfo tiene mayor contenido de β -caroteno (que se relaciona con la coloración del epicarpio) que los frutos del cv. Tommy Atkins [34].

Por otro lado, aunque se encontró relación entre la coloración del epicarpio y mayores contenidos de P, Cu, Ca, Mg y B en hoja, se considera importante señalar que esta información debe usarse con cautela debido a que el cambio de color del epicarpio depende de diversos factores pre y postcosecha. Una utilización práctica de la información de la concentración de nutrientes en hoja podría ser diagnosticar de manera anticipada la presencia de problemas como la malformación floral. En el cv. Dusheri en India, se reportó que las hojas de los brotes que llevan panículas malformadas mostraron niveles más altos de Fe, Mn, Cu y Zn superiores a las hojas de los brotes que llevan panículas sanas. Esto podría servir para realizar un diagnóstico

anticipado de la presencia de malformación floral [35]. Asimismo, esta información se podría emplear para realizar estimaciones del rendimiento, como en el cv. En el cv. Nam Dok Mai en Tailandia se relacionó el mayor rendimiento con un contenido foliar de ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) 1.12 N, 0.4 P y 0.29 K en el primer año de estudio y con 1.16 N, 0.35 P y 0.6 K en el segundo año [6].

El análisis de conglomerados mostró agrupaciones de frutos por tipo cultivar. Esto debido a que a pesar de las diferencias en la concentración de nutrimentos en suelo, hoja, epicarpio y pulpa, las variables postcosecha reportaron comportamiento semejante, lo cual hablaría de que algunas de estas variables, como la firmeza, están definidas mayormente por factores genéticos.

También se presentaron diferencias en las variables postcosecha de los frutos de la misma procedencia. Por lo anterior se considera importante que en futuras investigaciones se realicen mediciones cualitativas para determinar el grado de madurez de los frutos, y no solo determinarla de manera cualitativa, ya que esto puede repercutir en el comportamiento postcosecha.

Estudio II.

El análisis de correlación canónica evidenció que existen algunas relaciones entre la concentración de nutrimentos en la pulpa fresca y las variables postcosecha de los frutos de ‘Ataulfo’ y ‘Tommy Atkins’. En ambos cultivares las variables que se asociaron con el mayor contenido de nutrimentos en la pulpa fresca fueron mayor contenido de SST y menor acidez, sin embargo no hubo coincidencia en los nutrimentos que causaron este comportamiento. Debido a que las variables postcosecha consideradas correspondieron al mayor tiempo de almacenamiento

de los frutos, se piensa que su comportamiento está más relacionado con la madurez de los frutos [32].

Con el análisis de conglomerados también se puso de manifiesto que la mayor semejanza en el comportamiento de la concentración nutrimental en pulpa fresca y las variables postcosecha, se presentó entre frutos del mismo cultivar. Sin embargo, se encontraron coincidencias como que la mayor firmeza se presentó en frutos con menor contenido de Mg y Fe en la pulpa fresca.

3.5 CONCLUSIONES

Estudio I.

La concentración de P, K y Ca en suelo y hoja afectaron el color del epicarpio de los frutos de ‘Ataulfo’, así como el contenido de SST, acidez y vitamina C.

La firmeza y el color del epicarpio de los frutos del cv. Tommy Atkins fueron afectadas por el contenido de P, Mg y B en suelo y hoja. Además, el contenido de SST y la acidez de los frutos presentaron cambios debidos al contenido de P, Ca, Mg y S en suelo y hoja.

La concentración de nutrimentos en el epicarpio y en la pulpa de los frutos de ‘Ataulfo’ y ‘Tommy Atkins’ no presentó efecto sobre el comportamiento postcosecha de los mismos.

En el cv. Ataulfo se debe prestar atención a la nutrición edáfica y foliar con P, K y Ca, y en el cv. Tommy Atkins los nutrimentos que requieren atención para su aplicación al suelo y foliar son P, Mg y B.

Estudio II.

La concentración de N y K en pulpa fresca de 'Ataulfo' tuvo efecto sobre la firmeza de los frutos.

En los frutos del cv. Ataulfo la relación Ca/(Mg+K) afectó el contenido de SST, vitamina C y acidez.

La concentración de N y K en pulpa fresca de 'Tommy Atkins' tuvo efecto sobre la acidez y SST de los frutos.

Los frutos del cv. Tommy Atkins no presentaron efecto de ninguna de las relaciones nutrimentales estudiadas sobre su comportamiento postcosecha.

3.6 LITERATURA CITADA

- [1] Romojaro, F., Martínez-Madrid, M.C., Pretel, M.T. 2006. Factores precosecha determinantes de la calidad y conservación en poscosecha de productos agrarios. V Simposio Ibérico. VIII Nacional de Maduración y Post-Recolección, Orihuela Alicante. pp. 91-96.
- [2] Osuna-García, J. A.; Guzmán, R. M. L.; Tovar, G. B.; Mata, M. M. y Vidal, M. V. A. 2002. Calidad del mango Ataulfo producido en Nayarit México. Rev. Fitotec. Mexicana. 25(4):367-374.
- [3] Briceño, S.; Zambrano, J.; Materano, W.; Quintero, I.; y Valera, A. 2005. Calidad de los frutos de mango 'Bocado', madurados en la planta y fuera de la planta cosechados en madurez fisiológica. Venezuela. Agronomía Tropical. 55(4): 461-473.
- [4] Quaggio, J. A.; Mattos, D.; Cantarella, H.; Almeida, E. L. E. and Cardoso, S. A. B. 2002. Lemon yield and fruit quality affected by NPK fertilization. Netherlands. Scientia Horticulturae. 96:151-162.

- [5] Torres, M.D. Farré; J.M. and Hermoso, J.M. 2004. Influence of nitrogen and calcium fertilisation on productivity and fruit quality of the mango cv. Sensation. USA. Acta Hort. 645: 395-401.
- [6] Suriyapananont, V. 1992. Fertilizer trials on mangos (*Mangifera indica* L.) Var. Nam Dok Mai in Thailand. USA. Acta Hort. 321:529-534.
- [7] Singh, B.P.; Tandon, D.K. and Kalra, S.K.. 1993. Changes in postharvest quality of mangoes affected by preharvest application of calcium salts. Netherlands. Scientia Horticulturae. 54:211-219.
- [8] Bally, I.S.E., Hofman, P.J., Irving, D.E., Coates, L.M. and Dann, E.K. 2009. The effects of nitrogen on postharvest disease in mango (*Mangifera indica* L. 'Keitt'). Belgium. Acta Hort. 820:365-370
- [9] Wahdan, M. T., Habib, S. E., Bassal, M. A. and Qaoud, E. M. 2011. Effect of some chemicals on growth, fruiting, yield and fruit quality of "Succary Abiad" mango cv. USA. Journal of American Science. 7(2):651-658.
- [10] Aly, M.A., Thanaa M. Ezz and Rehab M. Awad. 2011. Response of mango trees to natural preharvest ,iar sprays:Yield, leaf and fruit mineral content and fruit quality. Netherlands. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 1-12.
- [11] 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.
- [12] Hendershot, W.H., H. Lalonde and M. Duquette. 2008. Soil reaction and exchangeable acidity. Pp. 173-178. In: M.R. Carter and E.G. Gregorich (ed) Soil sampling and methods of analysis. 2nd ed. Canadian Society of soil Science. Boca Raton FL.
- [13] Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. pp. 417-435. In: D.L. Sparks, A.L. Paga, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (eds.) Methods of soil analysis: Part 3. Chemical methods 3rd. ed. ASA and SSSA, Madison, WI. Book series no. 5.
- [14] Nelson, D.W. and L. E Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. pp. 539-594. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.). Methods of soil analysis, part 2. Agron. Mongr. 9. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.

- [15] Keeney, D.R. and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen- inorganic forms. Pp. 403-430. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.). Methods of soil analysis, part 2. Agron. Mongr. 9. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.
- [16] Bray, R.H. and L.T. Kurtz 1945. Determination of total, organic and available phosphorus in soil. USA. Soil Sci. 59:39-45.
- [17] Rhoades, J.D. 1982. Cation exchange capacity. pp. 149-157. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.) Methods of soil analysis Part 2. Agronomy Monograph 9. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison WI.
- [18] Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. USA. Soil Science Society of America Journal. 42:421-428.
- [19] Bingham, F.T. 1982. Boron. pp. 431-446. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.) Methods of soil analysis, part 2. Agron. Mongr. 9. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, WI.
- [20] 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.
- [21] Empacadoras de Mango de Mango de Exportación, A. C. (EMEX) 1999. Norma de calidad para mango fresco de exportación. Guadalajara, Jalisco, México. Elaborada por R. Báez S., E. Bringas, J. Ojeda, L. Cruz, S. Ontiveros y J. Pellegrin. Boletín. 6 p.
- [22] Brearen, L. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. pp. 595-634. In: A. .L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds.). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties (Agronomy 9). ASA, SSSA. Madison, WI, USA.
- [23] Alcantar, G.G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo, A.C. Chapingo México.
- [24] Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Methods of soil analysis, Part 2. Black, C. A. (ed.). American Society of Agronomy. Madison, WI., USA. 1135-1147 pp.
- [25] 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 Science Society of America, Madison, WI., USA. 390-426 pp.

- [26] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Official methods of analysis. K. Herlich. (ed). 15th ed. Arlington, Virginia, USA. 918 p.
- [27] Enríquez-Reyes, S. 1989. Análisis de boro en suelos y plantas mediante el método de Azometina-H. México. Terra 7(1):13-20.
- [28] Salazar-García S, Ramírez-Murillo, P. E., y Gómez-Aguilar, R. 1993. Desarrollo radical de portainjertos de mango en función del cultivar injertado, la edad del árbol y la textura del suelo. México. Rev. Fitotec. Mex. 16:12-20. 1993.
- [29] Sharma, R. R. and Singh, R. 2008. The fruit pitting disorder-A physiological anomaly in mango (*Mangifera indica* L.) due to deficiency of calcium and boron. USA. Scientia Horticulturae. 119(4): 388-391.
- [30] Saran, P. L. and Ratan, K. 2011. Boron deficiency disorders in mango (*Mangifera indica*): field screening, nutrient composition and amelioration by boron application. India. Indian Journal of Agricultural Sciences. 81(6): 506-510.
- [31] Simão de Assis, J.; Silva, D. J. and De Moraes, P. L. D 2004. Nutritional balance and physiological disorders in mango Tommy Atkins. Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura. 26(2):326-329.
- [32] Tharanathan, (R. N.; Yashoda, H. M. and Prabha, T. N. 2006. Mango (*Mangifera indica* L.), “The King of Fruits”—An Overview. England. Food Reviews International. 22(2):95-123.
- [33] Kalra, S.K. and Tandon, D.K. 1983. Ripening-behaviour of ‘Dashehari’ mango in relation to harvest period Original Research Article. USA. Scientia Horticulturae. 19(3-4):263-269.
- [34] Ornelas-Paz, J. D.; Yahia, E. M. and Gardea-Bejar, A. 2007. Identification and quantification of xanthophyll esters, carotenes, and tocopherols in the fruit of seven Mexican mango cultivars by liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization-time-of-flight mass spectrometry. USA. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55:6628-6635.
- [35] Singh, Z. and Singh, L. 1998. Micronutrient levels in malformed and healthy organs of mango. USA. Journal of Plant Nutrition. 21(12):2613-2621.

3.7 CUADROS

Cuadro 3.1. Características de los huertos de mango cvs. Ataulfo y Tommy Atkins.

Estado	Municipio	Huerto	Riego	Riegos de floración a cosecha
cv. Ataulfo				
Chiapas	Plan de Iguala	Poderío	Riego rodado	9
Chiapas	Tapachula	Las tres A	Micro aspersión	37
Nayarit	Tepic	El aguacate	Sin riego	-
Nayarit	Compostela	El manguito	Sin riego	-
cv. Tommy Atkins				
Campeche	Campeche	Tres	Micro aspersión	24
Campeche	Campeche	Cuatro	Micro aspersión	24
Nayarit	Acaponeta	Buena vista II	Sin riego	-
Nayarit	Compostela	La ardilla	Sin riego	-

Cuadro 3.2. Variables canónicas Suelo y Físicas y su correlación con las variables que las conformaron en el cv. Ataulfo.

Suelo		P= 0.991	Físicas	
N	0.888		Luminosidad	-0.989
P	-0.893		Índice de saturación	-0.956
K	-0.827			
Ca	-0.938			
Mg	-0.778			
Fe	-0.652			

Cuadro 3.3. Variables canónicas Hoja y Físicas y su correlación con las variables que las conformaron en el cv. Ataulfo.

Hoja		P= 0.994	Físicas	
P	0.976		Luminosidad	0.985
K	-0.959		Índice de saturación	0.948
Ca	0.916			
Mg	0.802			
Cu	0.950			
B	-0.686			

Cuadro 3.4. Variables canónicas Suelo y Químicas y su correlación con las variables que las conformaron en el cv. Ataulfo.

Suelo		P=0.983	Químicas	
P	0.582		Sólidos solubles totales	0.958
K	0.509		Acidez	-0.561
Ca	0.501		Vitamina C	0.674
S	-0.606			

Cuadro 3.5. Variables canónicas Suelo y Físicas y su correlación con las variables que las conformaron en el cv. Tommy Atkins.

Suelo		P=0.943	Físicas	
P	0.842		Firmeza	-0.533
Ca	-0.638		Luminosidad	0.982
Mg	-0.841		Índice de saturación	-0.748
Fe	-0.893			
B	-0.634			
S	-0.636			

Cuadro 3.6. Variables canónicas Hoja y Físicas y su correlación con las variables que las conformaron en el cv. Tommy Atkins.

Hoja		P=0.943	Físicas	
N	-0.624		Firmeza	-0.533
P	-0.672		Luminosidad	0.982
Mg	-0.949		Índice de saturación	0.748
Cu	-0.756			
B	0.791			

Cuadro 3.7. Variables canónicas Suelo y Químicas y su correlación con las variables que las conformaron en el cv. Tommy Atkins

Suelo		P=0.985	Químicas	
P	0.867		Sólidos solubles totales	0.841
Ca	-0.949		Acidez	-0.944
Mg	-0.790			
Fe	-0.751			
B	-0.951			
S	0.957			

Cuadro 3.8. Variables canónicas Hoja y Químicas y su correlación con las variables que las conformaron en el cv. Tommy Atkins.

Hoja		P=0.985	Químicas	
N	0.781		Sólidos solubles totales	-0.841
P	0.922		Acidez	0.944
K	0.684			
Ca	0.984			
Mg	0.578			
S	0.846			
B	-0.638			

Cuadro 3.9. Concentración nutrimental en pulpa fresca de mango ‘Ataulfo’ y ‘Tommy Atkins’.

Clasificación	(g·100 g ⁻¹ pulpa fresca)					(mg·kg ⁻¹ pulpa fresca)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn
Cultivar									
‘Ataulfo’	0.40 a ^z	0.15 a	2.00 a	0.30 a	0.30 b	1.64 b	1.00 b	2.00 b	0.20 a
‘Tommy Atkins’	0.23 b	0.04 b	1.15 b	0.39 a	0.38 a	2.61 a	3.42 a	3.10 a	0.10 b
Lugar de procedencia ‘Ataulfo’									
Chiapas	0.30 b	0.22 a	1.83 b	0.45 a	0.36 a	1.65 a	1.23 a	1.92 a	0.20 a
Nayarit	0.48 a	0.10 a	2.17 a	0.14 b	0.24 b	1.63 a	0.47 b	1.99 a	0.16 a
Lugar de procedencia ‘Tommy Atkins’									
Campeche	0.22 b	0.04 a	1.11 b	0.38 a	0.38 a	2.81 a	3.20 b	2.86 b	0.08 b
Nayarit	0.25 a	0.04 a	1.18 a	0.39 a	0.37 a	2.41 a	3.63 a	3.25 a	0.10 a

^zMedias con diferente letra en una columna para cada cultivar y cada procedencia, son estadísticamente diferentes (Duncan, $P = 0.05$).

Cuadro 3.10. Firmeza, SST y acidez de frutos de mango ‘Ataulfo’ y ‘Tommy Atkins’ dos días después de la cosecha y a los diez días de almacenamiento al ambiente.

Clasificación	Firmeza	SST	Acidez	Firmeza	SST	Acidez
	(N)	(%)	(% Ác. cítrico)	(N)	(%)	(% Ác. cítrico)
	Dos días después de la cosecha			Diez días después de la cosecha		
Cultivar						
‘Ataulfo’	22.85 a ^z	9.33 a	3.10 a	1.83 a	14.68 a	1.34 a
‘Tommy Atkins’	18.64 a	8.98 a	1.13 b	2.99 a	13.05 a	0.70 b
Lugar de procedencia ‘Ataulfo’						
Chiapas	22.94 a	9.45 a	3.27 a	1.38 a	17.11 a	0.76 b
Nayarit	22.76 a	9.21 a	2.93 a	2.29 a	12.26 b	1.93 a
Lugar de procedencia ‘Tommy Atkins’						
Campeche	21.38 a	8.37 b	1.55 a	4.44 a	11.51 b	1.11 a
Nayarit	15.90 b	9.58 a	0.82 b	1.55 b	14.59 a	0.28 b

^zMedias con diferente letra en una columna para cada cultivar y cada procedencia, son estadísticamente diferentes (Duncan, $P=0.05$).

Cuadro 3.11. Correlación entre nutrientes en pulpa fresca de ‘Ataulfo’ y variables físicas postcosecha.

Nutriente	Luminosidad	Índice de saturación	Firmeza
N	0.417	0.027	0.543
P	-0.532	0.475	-0.170
K	0.104	0.337	0.506
Ca	-0.397	-0.066	-0.552
Mg	-0.390	0.001	-0.536
K/Ca	0.408	0.049	0.538
K/(Ca+Mg)	0.381	0.087	0.556
Ca/(Mg+K)	-0.352	-0.125	-0.562

Cuadro 3.12. Correlación canónica entre la concentración nutrimental en pulpa de ‘Ataulfo’ y el contenido de SST, acidez y vitamina C a los diez días de almacenamiento.

Pulpa		P = 0.991	Químicas	
P	0.927		Sólidos solubles totales	0.958
Mg	0.714		Vitamina C	0.674
N	-0.679		Acidez	-0.561
K/Ca	-0.647			
Ca	0.636			
K/(Ca+Mg)	-0.609			
Ca/(Mg+K)	0.560			

Cuadro 3.13. Correlación entre nutrientes en pulpa fresca de ‘Tommy Atkins y variables físicas postcosecha.

Nutriente	Luminosidad	Índice de saturación	Firmeza
N	-0.901	0.039	-0.678
P	-0.051	0.097	-0.100
K	-0.831	0.202	-0.747
Ca	-0.488	0.417	-0.666
Mg	-0.199	0.433	-0.472
K/Ca	-0.188	-0.368	0.146
K/(Ca+Mg)	-0.153	-0.373	0.176
Ca/(Mg+K)	0.283	-0.345	-0.060

Cuadro 3.14. Correlación canónica entre la concentración de nutrientes en pulpa de ‘Tommy Atkins’ y el contenido de SST, acidez y vitamina C a los diez días de almacenamiento.

Pulpa		P = 0.986	Químicas	
N	0.993		Acidez	-0.944
K	0.822		Sólidos solubles totales	0.841

3.8 FIGURAS

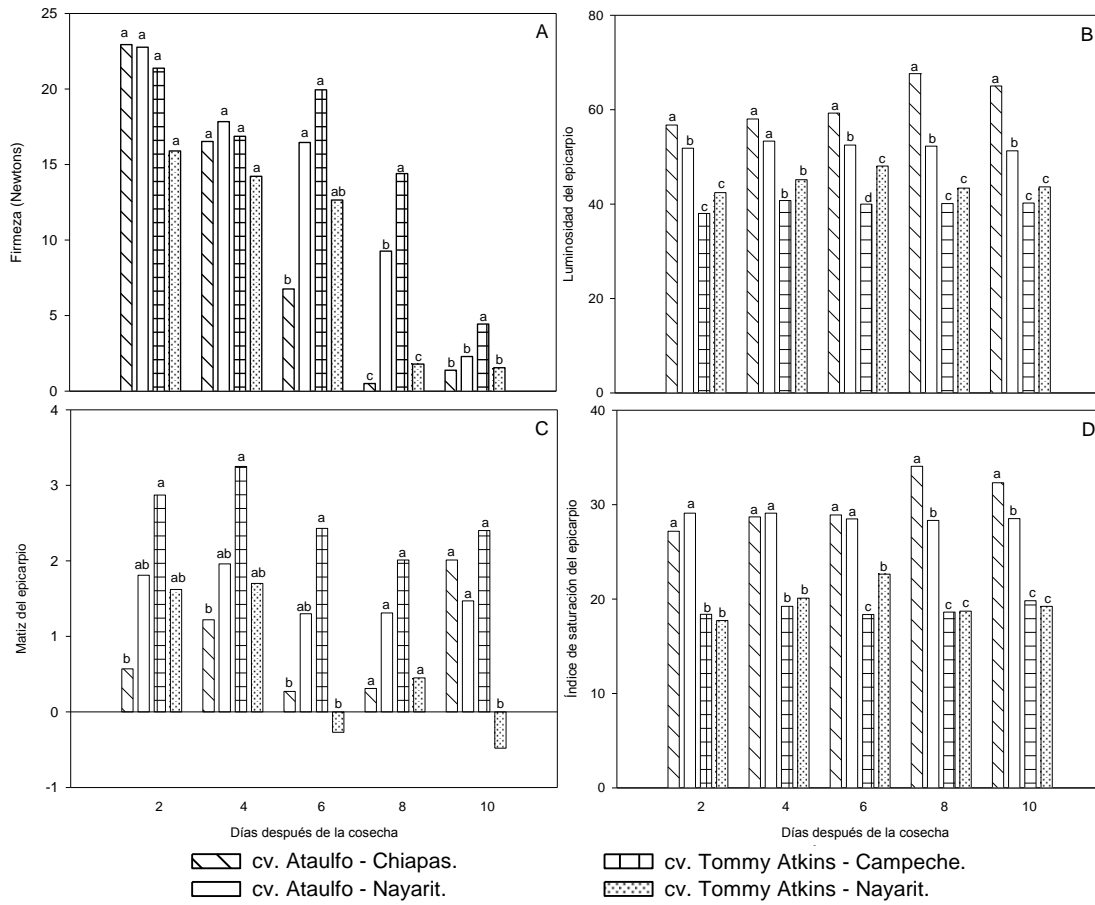


Figura 3.1. Evolución de la firmeza (A), luminosidad (B), matiz (C) e índice de saturación (D) de los frutos de mango cvs. Ataulfo y Tommy Atkins procedentes de distintos lugares, después de la cosecha.

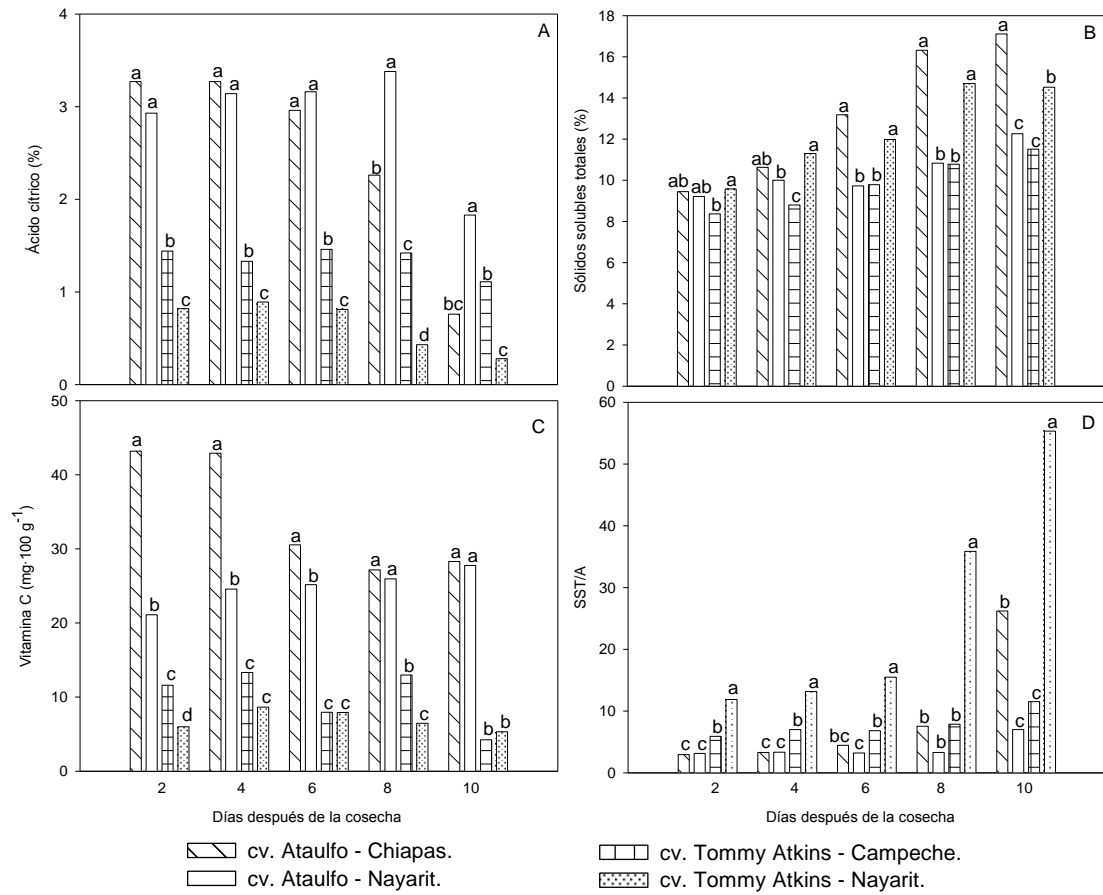


Figura 3.2. Evolución de la acidez (A), SST (B), vitamina C (C) y SST/acidez (D) de los frutos de mango cvs. Aaulfo y Tommy Atkins procedentes de distintos lugares, después de la cosecha.

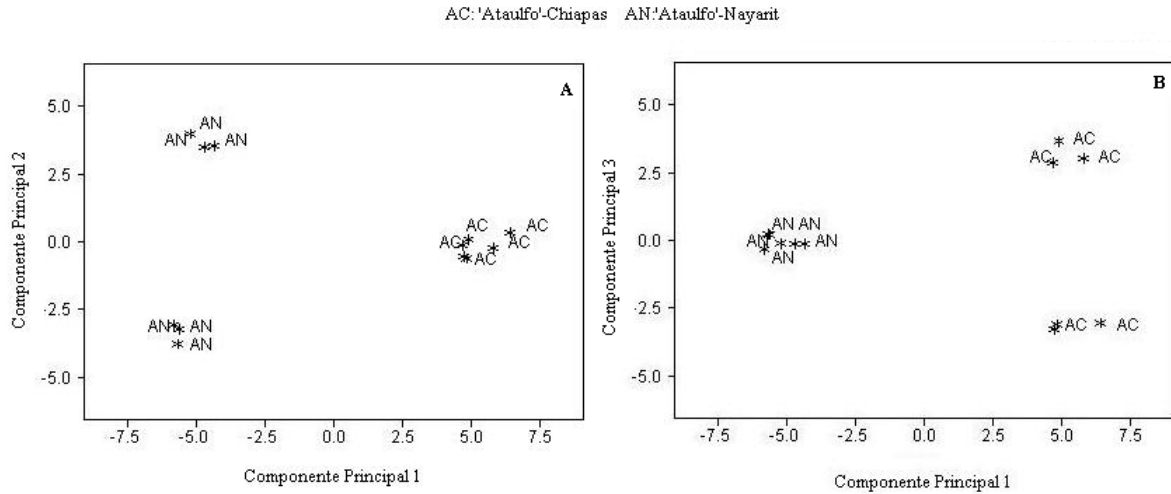


Figura 3.3. Distribución del cv. Ataulfo con base en los componentes principales CP1 vs CP2 (A) y CP1 vs CP3 (B).

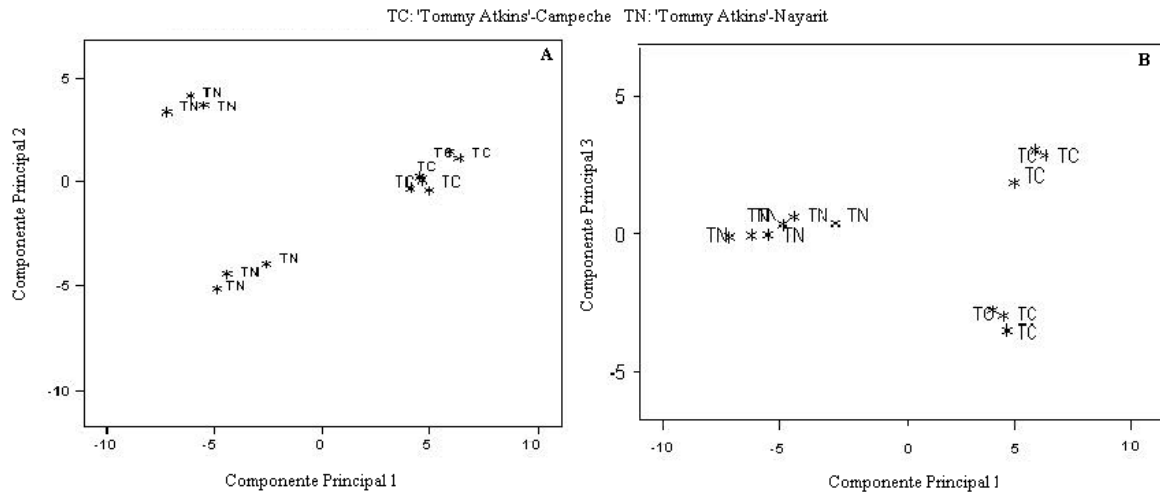


Figura 3.4. Distribución del cv. Tommy Atkins con base en los componentes principales CP1 vs CP2 (A) y CP1 vs CP3 (B).

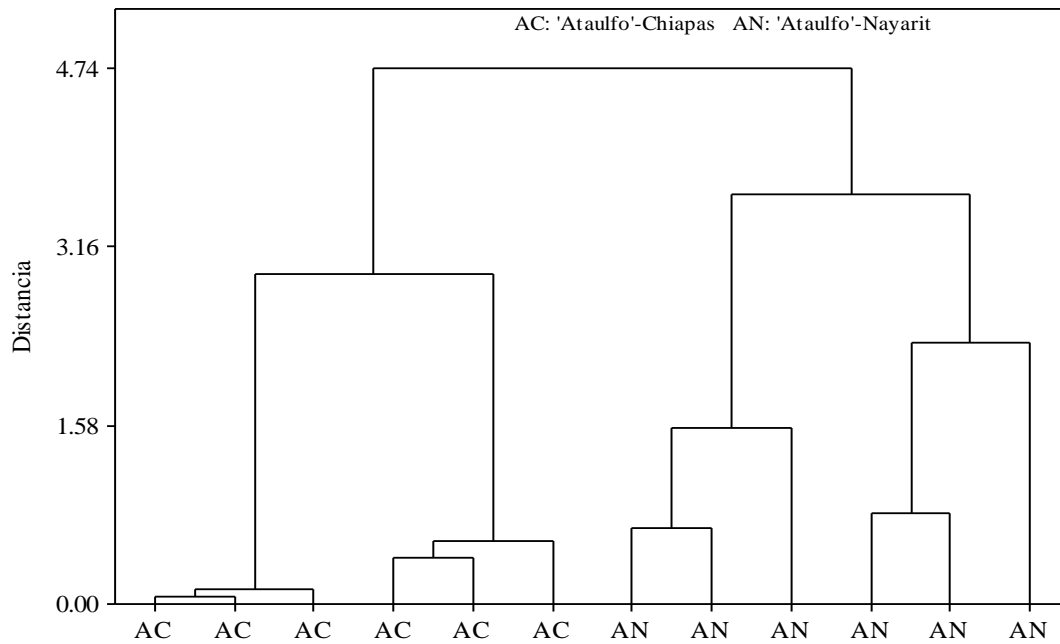


Figura 3.5. Dendrograma del cv. Ataulfo a partir del contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, B y S en suelo, firmeza y SST a los ocho días de almacenamiento.

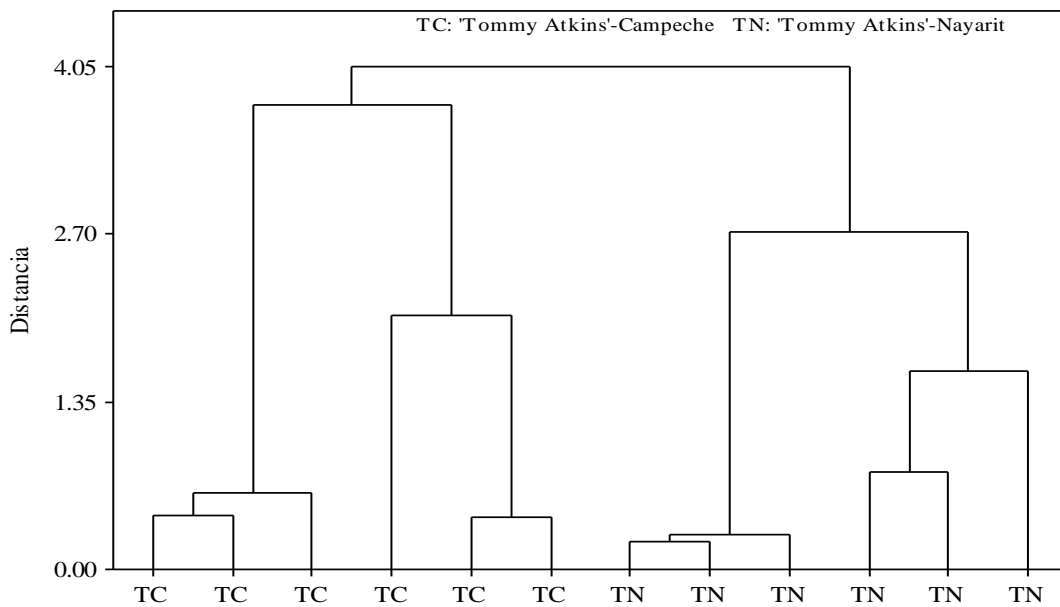


Figura 3.6. Dendrograma del cv. Tommy Atkins a partir del contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, B y S en suelo, firmeza y SST a los ocho días de almacenamiento.

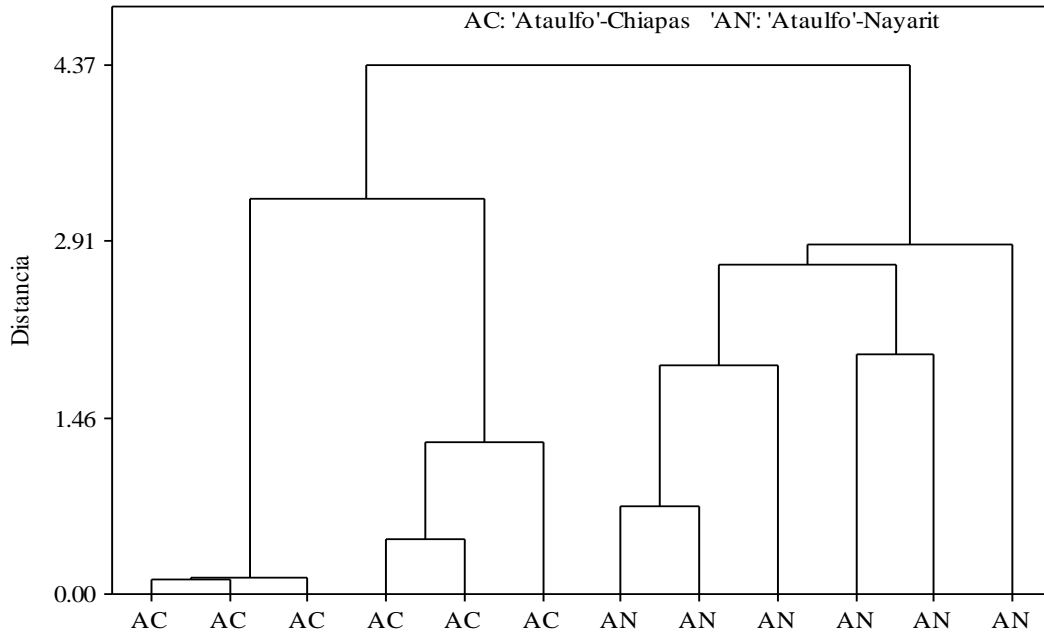


Figura 3.7. Dendrograma de los frutos de mango del cv. Ataulfo de Chiapas (AC) y Nayarit (AN).

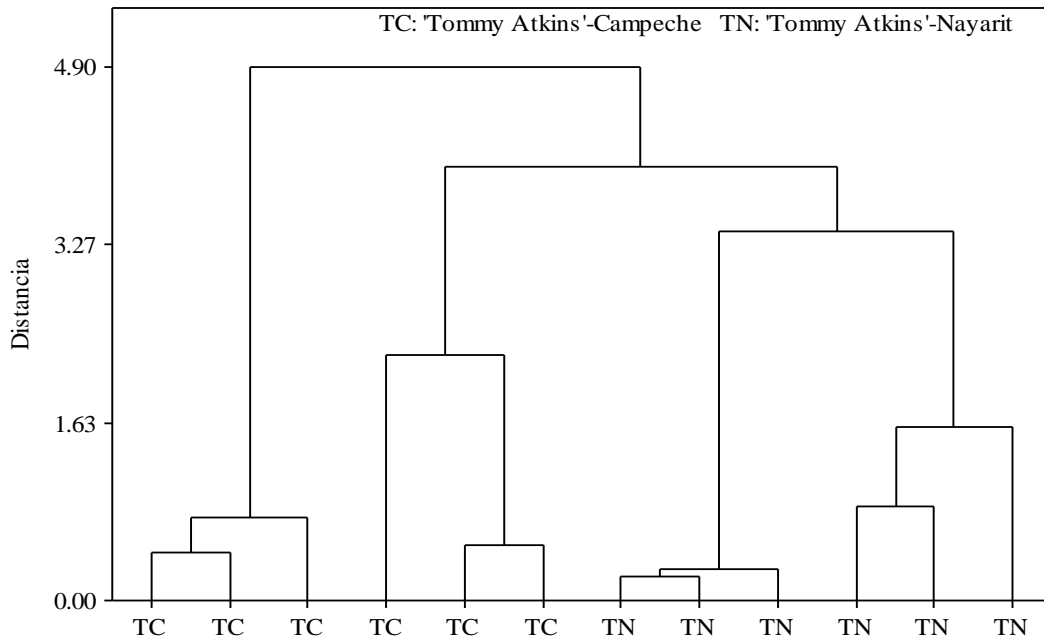


Figura 3.8. Dendrograma de los frutos de mango del cv. Tommy Atkins de Campeche (TC) y Nayarit (TN).

CONCLUSIONES GENERALES

Los tejidos de los frutos de mango de los cvs. Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins tuvieron diferente composición nutrimental, lo cual se atribuyó a la interacción del riego y el tipo de suelo, así como al tipo de suelo por sí mismo.

Los frutos de ‘Tommy Atkins’ tuvieron mayor contenido de nutrimentos en clima semiárido cálido de Michoacán, con riego y suelo vertisol pélico, que en el clima cálido subhúmedo de Campeche, con riego y suelo solonchak hórtico y que en Nayarit, sin riego y suelos acrisol húmico y cambisol éutrico. También los frutos de ‘Ataulfo’ con riego (Chiapas y Oaxaca), en suelos cambisol éutrico, feozem háplico y regosol éutrico, así como los frutos de ‘Kent’ (Sinaloa), en suelo feozem lúvico, presentaron mayor contenido de nutrimentos que los frutos de huertos sin riego en Nayarit con suelo acrisol húmico, fluvisol éutrico y luvisol crómico y en Sinaloa, con suelo feozem lúvico. Lo anterior se relacionó con la mayor disponibilidad de nutrimentos en el suelo y a las diferencias en la disponibilidad de agua.

Los tejidos del fruto de ‘Kent’ fueron más afectados en su composición nutrimental por las condiciones de cultivo; ‘Keitt’ y ‘Ataulfo’ fueron los menos afectados.

Los contenidos de N, P, K, Ca y Mn en los tejidos del fruto de mango de los cultivares estudiados fueron los menos afectados por las condiciones de cultivo incluidas en esta investigación, y el tejido cuya composición nutrimental fue más afectada por las condiciones de cultivo fue la testa.

La combinación de clima, presencia o ausencia de riego y tipo de suelo afectó la cantidad de nutrimentos que son removidos por los frutos de los cultivares de mango Ataulfo, Keitt, Kent y Tommy Atkins.

En clima semiárido cálido de Michoacán con riego y suelo vertisol pélico, se presentó mayor remoción de nutrimentos por el epicarpio del fruto del cv. Tommy Atkins, sobre la presentada en el clima cálido subhúmedo de Campeche con riego y suelo solonchak hórtico y que en Nayarit, sin riego y suelos acrisol húmico y cambisol éutrico.

En huertos con riego se presentó mayor remoción de nutrimentos en los tejidos de los frutos de ‘Ataulfo’, provenientes de Chiapas (suelo cambisol éutrico y feozem háplico) y Oaxaca (suelo cambisol éutrico y regosol éutrico), de ‘Kent’ provenientes de Sinaloa (suelo feozem lúvico), y de ‘Tommy Atkins’, provenientes de Campeche (suelo solonchak hórtico), sobre los frutos provenientes de huertos sin riego en Nayarit (suelo cambisol éutrico, fluvisol éutrico, luvisol crómico y acrisol húmico) y Sinaloa (suelo feozem lúvico).

Los tipos de suelo que favorecieron mayor contenido nutrimental y mayor remoción de nutrimentos en el fruto fueron: ‘Ataulfo’, cambisol éutrico (Chiapas y Nayarit), feozem háplico y regosol éutrico (Nayarit); ‘Kent’, feozem lúvico (Sinaloa); ‘Tommy Atkins’, solonchak hórtico (Campeche) y vertisol pélico (Michoacán).

Los nutrimentos que no fueron afectados por las condiciones de cultivo en su remoción fueron P y Zn en el cv. Ataulfo, N, K, Fe, Mn y Zn en el cv. Kent y Fe, Cu y Mn en el cv. Tommy Atkins.

La concentración de P, K y Ca en suelo y hoja afectaron el color del epicarpio de los frutos de ‘Ataulfo’, así como el contenido de SST, acidez y vitamina C. En los frutos de ‘Tommy Atkins’ la firmeza y el color del epicarpio fueron afectadas por el contenido de P, Mg y B en suelo y hoja y el contenido de SST y la acidez presentaron cambios debidos al contenido de P, Ca, Mg y S en suelo y hoja.

La concentración de nutrimentos en el epicarpio y en la pulpa de los frutos de ‘Ataulfo’ y ‘Tommy Atkins’ no presentó efecto sobre el comportamiento postcosecha de los mismos. En el cv. Ataulfo los nutrimentos que mostraron mayor variación fueron P, K y Ca en suelo y hoja y en el cv. Tommy Atkins P, Mg y B, por lo cual se considera que requieren ser considerados en los programas de manejo de la nutrición.

La concentración de N, K, Ca y Mg en pulpa fresca de ‘Ataulfo’ tuvo efecto sobre la firmeza de los frutos, contenido de SST, vitamina C y acidez. Asimismo, la concentración de N y K en pulpa fresca de ‘Tommy Atkins’ tuvo efecto sobre la acidez y SST de los frutos.