

Evolución nutrimental foliar en tres cultivares de mango en Nayarit, México*

Foliar nutrient evolution in three mango cultivars in Nayarit, Mexico

Mariela Guadalupe Castro-López¹, Samuel Salazar-García^{2§}, Isidro José Luis González-Durán², Raúl Medina-Torres¹ y José González-Valdivia²

¹Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias y Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera. Tepic-Puerto, km. 9. 5, Vallarta, Xalisco, Nayarit, C. P. 63780, México. (mariela_castro222@hotmail.com). ²Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP. A. P.100, Santiago Ixcuintla, Nayarit, C. P. 63300, México. Tel. 01 323 2352031. (gonzalez.joseluis@inifap.gob.mx), (raulmetorr@yahoo.com.mx), (vcm_2969@prodigy.net.mx). [§]Autor para correspondencia: samuelsalazar@prodigy.net.mx.

Resumen

Para desarrollar programas de fertilización de sitio específico en el cultivo del mango, es necesario disponer de información propia para cada región productora. El objetivo de este trabajo fue determinar la evolución de macro- y micronutrientes a través de la vida de las hojas de los flujos vegetativos de los cvs. Ataulfo, Kent y Tommy Atkins. Los huertos se localizaron en cuatro municipios del estado de Nayarit con clima cálido subhúmedo, en alturas de 11 a 601 m y temperatura media anual de 21.7 a 22.7 °C. En cada huerto se eligieron al azar 20 árboles y en cada uno de ellos fueron marcados 20 brotes recién emergidos de cada flujo vegetativo. Se realizaron muestreos mensuales de hojas desde su nacimiento hasta la abscisión y se les determinaron en la materia seca las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B. Para describir la evolución de cada nutriente se predijeron sus concentraciones para cada día de vida de la hoja mediante el uso de funciones matemáticas. Se registraron dos flujos de crecimiento vegetativo tanto en 'Ataulfo' y 'Kent' (primavera y verano) como en 'Tommy Atkins' (primavera y otoño). La evolución de macro- y micronutrientes varió entre cultivares y fue influido por el flujo vegetativo y la fase fenológica. En los tres cultivares estudiados, la evolución nutrimental del flujo de primavera

Abstract

In order to develop site-specific fertilization programs for mango production, it's necessary to have proper information for each producing-region. The aim of this study was to determine the evolution of macro and micronutrients through the life of the leaves of the cultivars' vegetative flushes Ataulfo, Kent and Tommy Atkins. The orchards were located in four municipalities in the State of Nayarit with sub-humid warm climate, at elevations of 11 to 601 m and average annual temperature of 21.7 to 22.7 °C. In each orchard, 20 trees were randomly selected and, in each of them 20 newly emerged shoots were marked from each vegetative flush. Leaf samples were taken monthly from emergence to leaf abscission and, the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B were determined on the dry matter. In order to describe the evolution of each nutrient, the concentration for each day of the leaf was predicted using mathematical functions. Two vegetative growth flushes were recorded for both, 'Ataulfo' and 'Kent' (spring and summer) and 'Tommy Atkins' (spring and fall). The evolution of macro and micronutrients varied between cultivars and was influenced by the vegetative flush and phenological phase. In the three cultivars studied, the nutrient evolution

* Recibido: julio de 2011
Aceptado: abril de 2012

fue más afectado por las últimas etapas del desarrollo floral (del estado coliflor a antesis). En el caso del segundo flujo vegetativo (verano u otoño) la evolución nutrimental fue más afectada por el crecimiento del fruto.

Palabras clave: *Mangifera indica*, flujos vegetativos, Ataulfo, Kent, Tommy Atkins.

Introducción

En el 2010 existían en el estado de Nayarit 23,446 has plantadas con mango de las cuales el 82% no cuenta con riego y sólo recibe agua de las lluvias del verano. En ese mismo año, la producción fue superior a 292 mil toneladas. Los cultivares predominantes son: Ataulfo (9,257 ha), Tommy Atkins (5,842 ha), Kent (2,370 ha), Haden (1,869) y Keitt (1,339 ha). Los principales municipios productores son: San Blas, Compostela, Tepic, Tecuala y Acaponeta (SIAP-SAGARPA, 2011).

En el mango, el crecimiento vegetativo no ocurre en forma continua, sino que se presenta en forma de flujos de crecimiento que terminan cuando las hojas nuevas están plenamente expandidas (Davenport, 2007). En Florida, EEUU, después de un flujo vegetativo normalmente sigue un periodo de reposo el cual en los árboles jóvenes es relativamente corto, pero en árboles adultos puede durar más de ocho meses (Davenport y Nuñez-Elisea, 1997; Davenport, 2007). El número y frecuencia de los flujos vegetativos por año depende del cultivar, disponibilidad de humedad del suelo y volumen de la cosecha anterior, aunque en cada brote puede haber de tres a cuatro flujos de crecimiento al año (Davenport y Nuñez-Elisea, 1997). En Nayarit, el cv. Tommy Atkins usualmente presenta un flujo vegetativo en la primavera y otro en el otoño (Pérez-Barraza *et al.*, 2006). También se han observado dos flujos vegetativos en los cvs. Ataulfo y Kent, uno en la primavera y otro en el verano. Para el cv. Manila en Veracruz, de han registrado más de tres flujos vegetativos al año (Guzman-Estrada *et al.*, 1998).

Las concentraciones de nutrimentos varían con la edad de la hoja. Algunos autores mencionan que esta variación depende de la etapa fenológica del árbol. En este sentido, Pathak y Pandey (1977), encontraron que los niveles foliares de N, P y K alcanzaron su máximo valor cuando el fruto estaba en tamaño “chicharo”, después declinaron y mostraron su

of spring flush was more affected by the later stages of flower development (from the cauliflower stage to anthesis). In the case of the second vegetative flush (summer or fall) the nutrient evolution was more affected by fruit's growth.

Key words: *Mangifera indica*, Ataulfo, vegetative flushes, Tommy Atkins, Kent.

Introduction

In 2010, there were in the State of Nayarit, over 23 446 ha planted to mango, out of which 82% have no irrigation and only receives water from summer rains. In that year, the production was higher than 292 thousand tons. The predominant cultivars are Ataulfo (9 257 ha), Tommy Atkins (5 842 ha), Kent (2 370 ha), Haden (1 869), and Keitt (1 339 ha). The main producing municipalities are: San Blas, Compostela, Tepic, Tecuala and Acaponeta (SIAP-SAGARPA, 2011).

In mango, vegetative growth does not occur continuously, but is presented in the form of growth flushes which stop when the new leaves are fully expanded (Davenport, 2007). In Florida, USA, after a vegetative flush, a period of rest normally follows, which on young trees is relatively short, but in mature trees it can last more than eight months (Davenport and Nuñez, 1997; Davenport, 2007). The number and frequency of vegetative flushes per year depends on the cultivar, soil moisture availability and volume of the previous crop, although, each shoot may have three to four flushes per year (Davenport and Nuñez, 1997). In Nayarit, the cv. Tommy Atkins has usually a vegetative flush in the spring and in the fall as well (Pérez-Barraza *et al.*, 2006). Also there have been two vegetative flushes in Ataulfo and Kent cultivars, one in the spring and the other in the summer. For the Manila cultivar in Veracruz, more than three vegetative flushes per year have been recorded (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998).

Nutrient concentrations vary according with the leaf's age. Some authors mention that this variation depends on the phenological stage of the tree. In this sense, Pathak and Pandey (1977) found that foliar levels of N, P and K reached its maximum value at “pea” fruit size then, declined and showed their lowest concentration when the fruit reached its maximum development. According to Ponchner *et al.* (1993), foliar concentrations of N, P, K, Mg and S were

más baja concentración cuando el fruto alcanzó su máximo desarrollo. Según Ponchner *et al.* (1993), las concentraciones foliares de N, P, K, Mg y S fueron más bajas durante la floración y fructificación. En la India, Reddy *et al.* (2003) encontraron variaciones en el contenido de N, P y K, las cuales fueron observadas de huerto a huerto y a través del año en los cvs. Banganapally, Totapuri y Alphonso. En Venezuela, el cv. Kent presentó los valores máximos de N, P y K en la etapa previa a la floración, después, descendieron hasta alcanzar sus niveles más bajos en plena floración y formación de los frutos. El calcio presentó una relación inversa a los demás elementos estudiados (Avilán, 1971).

La presencia de fruto en los brotes de árboles de mango también influencia la concentración foliar de nutrimentos. Tahir *et al.* (2003) encontró que los brotes con fruto mostraron menor concentración de N, P y Ca después de la cosecha, los cuales se incrementaron gradualmente durante el desarrollo de yemas florales hasta la fase de brotación vegetativa. En el caso de brotes sin fruto, se encontraron niveles altos de nutrimentos después de la cosecha con un descenso gradual hacia la fase de brotación vegetativa, con menor variación en K y Cu. En el caso de Fe se observó una tendencia contraria y el Zn y Mn no mostraron variación. Diferencias en la composición nutrimental foliar debido a la presencia de fruto en los brotes también han sido reportados para mango 'Manila' en Veracruz, México (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998).

La influencia del cultivar, tipo de suelo y edad de la hoja sobre el contenido nutrimental foliar fue estudiado en los cvs. Kent, Keitt y Tommy Atkins en Florida, EE.UU. (Young y Koo, 1971). Estos autores concluyeron que el cultivar no tuvo mucho efecto sobre la composición nutrimental de la hoja. Las mayores variaciones fueron atribuidas al tipo de suelo; sin embargo, algunas de estas variaciones fueron debidas a las prácticas culturales y a la combinación de ambas. También, observaron un marcado descenso en el contenido foliar de N, P y K con la edad de la hoja. En otro estudio, Thakur *et al.* (1981) encontraron que los contenidos de N, P y Ca justo después de la cosecha fueron significativamente más altos en el cv. Deshehri que en Chausa y Lucknow Safeda, resultando lo contrario para los contenidos de K, S y Zn; los contenidos de Mg y Mn fueron similares en los tres cultivares.

En la literatura consultada fue común la ausencia de información sobre los detalles del muestreo foliar, en particular lo relacionado a la edad de la hoja al momento

lower during flowering and fruiting. In India, Reddy *et al.* (2003) observed variations in the content of N, P and K, which were observed from orchard to orchard and throughout the year in the cvs. Banganapally, Totapuri and Alphonso. In Venezuela, the cv. Kent presented the maximum values of N, P and K in pre-flowering then, declined to reach their lowest levels at full bloom and fruit formation. Calcium showed an inverse relationship to the other studied elements (Avilán, 1971).

The presence of fruit on the shoots of mango trees also influences the foliar concentration of nutrients. Tahir *et al.* (2003) found that, the shoots with fruit showed lower concentrations of N, P and Ca after harvest, which increased gradually during the development of floral buds to the vegetative growth phase. In the case of non-fruiting shoots, high levels of nutrients after harvest were found with a gradual decline towards the vegetative growth phase, with less variation in K and Cu. In the case of Fe, it showed an opposite trend and Zn and Mn had no variation at all. Differences in foliar nutrient composition due to the presence of fruit on the shoots have also been reported for mango 'Manila' in Veracruz, Mexico (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998).

The influence of the cultivar, soil type and leaf age on foliar nutrient content was studied in the cvs. Kent, Keitt and Tommy Atkins in Florida, USA (Young and Koo, 1971). These authors concluded that the cultivar had little effect on the nutritional composition of the leaf. The largest variations were attributed to soil type, but some of these variations were due to cultural practices and the combination of both. Also, it was observed a marked decrease in the leaf content of N, P and K with leaf age. In another study, Thakur *et al.* (1981) found that, the contents of N, P and Ca just after harvest were significantly higher in the cv. Deshehri than in Safeda, Chausa and Lucknow, resulting the opposite for the content of K, S and Zn; contents of Mg and Mn were similar in the three cultivars.

In the literature the lack of information was common on the details of foliar sampling, particularly in relation to leaf's age at the time of sampling. For example, some authors mentioned that they have collected leaves 3 to 7 months old throughout the year (Benítez-Pardo *et al.*, 2003), or leaves of one year old (Oosthuysen, 2000), which is impossible throughout the year. This undoubtedly affects the results due to the influence of leaf age. The disadvantage of this type of sampling is that it assumes that changes in the

del muestreo. Por ejemplo, algunos autores mencionan haber colectado a través del año hojas de 3 a 7 meses de edad (Benitez-Pardo *et al.*, 2003), o bien hojas de un año de edad (Oosthuysen, 2000), lo cual es imposible a través del año. Esta situación, sin duda, afecta los resultados obtenidos debido a la influencia de la edad de la hoja. La desventaja de este tipo de muestreo es que se asume que los cambios en la composición nutrimental de la hoja son reflejados en cada fecha de muestreo, lo cual es poco probable ya que la evolución nutrimental usualmente no presenta cambios abruptos.

Para usar los análisis foliares como herramienta para el diseño y monitoreo de los programas de fertilización de sitio específico en mango, es necesario disponer de información para cada región productora. No se dispone de estudios sobre evolución nutrimental foliar para mango en Nayarit. Este trabajo es el primero de una serie y su objetivo fue determinar la evolución de macro- y micronutrientes a través de la vida de las hojas en los principales flujos vegetativos de tres cultivares de mango en Nayarit.

Materiales y métodos

Características de los huertos. El clima de la región mangrera de Nayarit es cálido subhúmedo, con lluvias en verano (1,089 a 1,300 mm de Julio a Octubre); temperatura media anual de 21.7 a 22.7 °C (Cuadro 1). Por ser la condición predominante en Nayarit, se escogieron huertos sin riego que exploraran suelos de fertilidad variable en municipios de las zonas Norte (Acaponeta), Centro (San Blas y Tepic) y Sur (Compostela) del estado de Nayarit. Se trabajó con dos huertos de 'Ataulfo', tres de 'Kent' y dos de 'Tommy Atkins' con edades de 10 a 20 años (Cuadro 1).

Muestreo y análisis foliar. En cada huerto se seleccionaron al azar 20 árboles y en cada uno de ellos fueron marcados 20 brotes recién emergidos de los flujos vegetativos de primavera y verano. Como el cv. Tommy Atkins usualmente no presenta flujo de verano se le marcaron brotes del flujo de otoño. Los muestreos foliares se realizaron mensualmente para cada flujo de crecimiento e iniciaron cuando la hoja tenía aproximadamente 5 cm de longitud y concluyeron con su abscisión. En cada muestreo se colectaron 20 hojas completas (lámina + peciolo) y sanas por árbol, ubicadas en la posición 6 y 7 a partir de la yema apical.

nutritional composition of the leaf are visible for each sampling date, which is unlikely because nutrient evolution usually has no abrupt changes.

To use leaf analysis as a tool for designing and monitoring programs for site-specific fertilization in mango, it is necessary to have information for every producing region. There are no studies on nutrient evolution for mango in Nayarit. This work is the first in a series and its objective was to determine the evolution of macro and micronutrients through the life of the leaves on the major vegetative flushes on three mango cultivars in Nayarit.

Materials and methods

Orchards' characteristics. The climate of Nayarit's mango-producing area is subhumid warm with summer rains (1 089-1 300 mm from July to October) and average annual temperature from 21.7 to 22.7 °C (Table 1). As the prevailing condition in Nayarit, non-irrigated orchards were chosen to explore the soil's fertility variability in the municipalities of the Northern (Acaponeta), Central (San Blas and Tepic) and Southern regions (Compostela) of the state of Nayarit. There were two orchards of 'Ataulfo', three of 'Kent' and two of 'Tommy Atkins', from 10 to 20 years old (Table 1).

Sampling and foliar analysis. In each orchard, 20 trees were randomly selected and, in each of them, 20 newly emerged shoots of the spring and summer vegetative flushes were tagged. As the cultivar Tommy Atkins usually has no summer flush, shoots from fall flush were marked. Leaf samples were performed monthly for each flush of growth and started when the leaf was about 5 cm long and concluded with abscission. In each sampling 20 healthy and complete leaves were collected (petiole + lamina) per tree, located at position 6 and 7 from the apical bud.

In total there were 15 leaves samplings for the spring flush (February 2006 to April 2007) in the three cultivars. For the summer flush, 12 samplings were made (August 2006 to July 2007) in the cvs. Ataulfo and Kent. For the fall flush, only the cv. Tommy Atkins was sampled (October 2006 to September 2007). At each sampling time, the length of each leaf was measured. They were then washed and dried in a forced air oven at 70 °C for 48 h. The leaves were ground, passed through sieve No. 40 and sent to a

En total se realizaron 15 muestreos foliares para el flujo de primavera (Febrero 2006 a Abril 2007) en los tres cultivares. Para el flujo de verano se hicieron 12 muestreos (Agosto 2006 a Julio 2007) en los cvs. Ataulfo y Kent). En el caso del flujo de otoño sólo se tomaron muestras en el cv. Tommy Atkins (Octubre 2006 a Septiembre 2007). En cada muestreo se midió la longitud de cada hoja. Posteriormente fueron lavadas y secadas en una estufa con aire forzado a 70 °C durante 48 h. Las hojas fueron molidas, pasadas por tamiz No. 40 y enviadas a un laboratorio comercial bajo el programa de intercalibración (NAPT) de la Soil Science Society of America (<http://www.naptprogram.org/pap/labs>) para la determinación del contenido en la materia seca de: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B.

commercial laboratory under the intercalibration program (NAPT) of the Soil Science Society of America (<http://www.naptprogram.org/pap/labs>) for determining the content of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn and B in the dry matter.

Start date of flushes of vegetative growth (zero-day). In order to estimate the date when the leaf emerged, mathematical functions were generated. For these functions, y-intercept was calculated; the day associated with that value was considered as zero-day. From the first sampling date, the calendar days were counted to the last sampling date (leaf abscission) considering them as accumulated days. Accumulated days were used as independent variables "X" and, the leaf's size as dependent variable "Y". The general formula was: $Leaf = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \beta_3 D^3 + \beta_4 D^4 + \beta_5 D^5 +$

Cuadro 1. Características de los huertos de tres cultivares de mango estudiados.

Table 1. Characteristics of the orchards of the three mango cultivars studied.

| Localidad y municipio | Coordenadas ^z | Altura (msnm) ^z | PMA (mm) ^y | TMA (°C) ^y | Textura ^x | pH ^x | M.O. (%) ^x | Edad (años) |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------|
| cv. Ataulfo | | | | | | | | |
| Atonalisco, Tepic | N 21°36'46.9" | 601 | 1,089 | 21.9 | A | 4.9 | 2.98 | 12 |
| | O 104°49'43.6" | | | | | | | |
| Chacala, Compostela | N 21°10'20.3" | 42 | 1,225 | 22.7 | A | 4.6 | 0.84 | 11 |
| | O 105°10'32.7" | | | | | | | |
| cv. Kent | | | | | | | | |
| Buenavista, Acaponeta | N 22°27'44" | 11 | 1,324 | 21.7 | F | 5.1 | 0.60 | 10 |
| | O 105°26'55.8" | | | | | | | |
| Las Palmas, San Blas | N 21°37'05.0" | 139 | 1,200 | 22.2 | A | 6.7 | 0.11 | 20 |
| | O 105°09'30.1" | | | | | | | |
| Chacala, Acaponeta | N 21°10'05.2" | 54 | 1,225 | 22.7 | MAA | 6.6 | 0.16 | 17 |
| | O 105°10'31.5" | | | | | | | |
| cv. Tommy Atkins | | | | | | | | |
| Buenavista, Acaponeta | N 22°27'44" | 14 | 1,324 | 21.7 | F | 6.4 | 0.08 | 18 |
| | O 105°26'55.8" | | | | | | | |
| Chacala, Compostela | N 21°10'14.3" | 38 | 1,225 | 22.7 | A | 5.5 | 0.08 | 17 |
| | O 105°09'52.2" | | | | | | | |

^zObtenida con GPS. ^yPrecipitación y Temperatura media anual obtenidas de: Sistema Estatal de Monitoreo Agro-climático Nayarit (<http://www.climanayarit.gob.mx/index.php>). ^xDatos del análisis de suelo de cada huerto. M.O.=Materia orgánica. A=Arcillosa; F= Franca; MAA= Migajón-arcillo-arenosa.

Fecha de inicio de los flujos de crecimiento vegetativo (Día cero). Para estimar la fecha en que brotó la hoja se generaron funciones matemáticas. A dichas funciones se les calculó la ordenada al origen; el día asociado con dicho valor se consideró como día cero. A partir de la primera fecha de muestreo se contabilizaron los días naturales hasta la última fecha (abscisión de la hoja) considerándolos como días acumulados. Los días acumulados se usaron como variables independientes "X" y el tamaño de la hoja

$\beta_6 D^6$; where D= accumulated days, β = mathematical coefficients. Subsequently, the best mathematical function was selected with the stepwise procedure SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2005) in order of response (from the first to sixth order) for leaf length. The criteria for choosing the best functions were: 1) greater value of R^2 ; 2) lower mean square error (MSE) and; 3) the Cp coefficient (Draper and Smith, 1981). Having identified the best mathematical functions, the mathematical coefficients were calculated (β_0, \dots, β_n) by

como variable dependiente “Y”. La fórmula general fue: Longitud de hoja = $\beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 D^2 + \beta_3 D^3 + \beta_4 D^4 + \beta_5 D^5 + \beta_6 D^6$; donde D = días acumulados y β = coeficientes matemáticos. Posteriormente, se seleccionó la mejor función matemática con el procedimiento Stepwise SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2005) por orden de respuesta (del primero hasta el sexto orden) para longitud de la hoja. Los criterios para elegir las mejores funciones fueron: 1) mayor valor de R²; 2) menor cuadrado medio del error (CME); 3) el valor del coeficiente Cp (Draper y Smith, 1981). Una vez identificadas las mejores funciones matemáticas, se calcularon sus coeficientes matemáticos (β_0, \dots, β_n) por el procedimiento de regresión (REG) y en el programa Microsoft Excel se calcularon sus valores predichos, sustituyendo la fórmula general en cada día y luego se graficaron en SigmaPlot (2006).

Evolución nutrimental. Los resultados del análisis foliar para cada localidad fueron depurados en el programa MINITAB (Minitab Inc., 1996) por el procedimiento Boxplot. Posteriormente, se calcularon sus valores predichos diarios de la misma manera que se calculó el día cero para tamaño de la hoja, utilizándose los días como variable independiente y el contenido nutrimental como dependiente. Los valores predichos por día fueron graficados en SigmaPlot (2006) para cada cultivar, flujo vegetativo y nutrimento.

Resultados

Inicio de los flujos de crecimiento vegetativo (Día cero)

Al incluir en la ecuación del modelo de regresión los valores predichos diarios de longitud de la hoja permitió obtener el día en que brotó la hoja. Por motivos de espacio, en el Cuadro 2 se presenta un ejemplo para el cv. Ataulfo de los modelos matemáticos obtenidos y los criterios empleados para su selección.

Para cada cultivar de mango se registraron dos flujos vegetativos. Sus fechas de inicio, de acuerdo al cálculo del día cero fueron: Enero para el flujo de primavera (cvs. Ataulfo, Kent y Tommy Atkins); Junio para el flujo de verano (cvs. Ataulfo y Kent); Septiembre para el flujo de otoño (cv. Tommy Atkins) (Cuadro 3).

the regression procedure (REG) and, in Microsoft Excel its predicted values were calculated by substituting the general formula each day and then plotted in SigmaPlot (2006).

Nutrient evolution. The results of the foliar analysis for each location were purged in the program MINITAB (Minitab Inc., 1996) using the Boxplot procedure. Subsequently, their daily predicted values were calculated as it was described for zero-day in leaf's size, using the days as independent variable and the nutrient content as dependent. The daily predicted values were plotted in SigmaPlot (2006) for each cultivar, vegetative flush and nutrient.

Results

Beginning of vegetative growth flushes (zero-day)

By including the predicted daily values of leaf length in the equation of the regression model, the day when the leaf emerged was obtained. For reasons of space, the Table 2 shows an example of the mathematical models obtained for the cv. Ataulfo and the criteria for their selection.

For each cultivar of mango two vegetative flushes were recorded. Starting dates, according to the calculation of zero-day were: January for the spring flush (cvs. Ataulfo, Kent and Tommy Atkins); June for the summer flush (cvs. Ataulfo and Kent); September for the fall flush (cv. Tommy Atkins) (Table 3).

The final leaf length as well as the leaf life span (bud break to abscission) showed differences due to vegetative flush that originated them. The larger leaves were produced by the fall flush (cv. Tommy Atkins), followed by the leaves of spring (three cultivars) and summer (cvs. Kent and Ataulfo; Table 4) flushes. Spring flush leaves lived 15 months (Jan. 2006 to April 2007), while those from summer and fall flushes lasted 12 months (June 2006 to July 2007 and Sept. 2006 to Aug., 2007, respectively).

Foliar nutrient evolution according to cultivar and vegetative flush

Ataulfo's spring and summer flushes showed similar nutrient evolution patterns for N, K, Ca, Mn and B. Nutrients whose evolution differed markedly between flushes were: P, Mg,

Cuadro 2. Criterios para seleccionar los mejores modelos de predicción de la evolución nutrimental en hojas del flujo de primavera del cv. Ataulfo.**Table 2. Criteria for selecting the best prediction models for spring flush foliar nutrient evolution in the cv. Ataulfo.**

| Nutrimentos | Componentes del modelo | | | | | | | Criterios | | |
|-------------|------------------------|----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|---------|
| | β_0 | B_1 | β_2 | β_3 | β_4 | β_5 | β_6 | Cp | R ² | CME |
| N | 1.927 | -0.01797 | 0.00016637 | -7.64E-07 | 1.69E-09 | -1.43E-12 | | 7.00 | 0.80 | 0.01 |
| P | 0.078 | -0.00132 | 0.00002445 | -1.51E-07 | 3.80E-10 | -3.34E-13 | | 3.39 | 0.49 | 0.0003 |
| K | 0.878 | | 0.00001188 | -4.40E-07 | 2.78E-09 | -6.52E-12 | 5.28E-15 | 3.06 | 0.64 | 0.01 |
| Ca | 0.195 | 0.02289 | -0.00021715 | 1.14E-06 | -2.78E-09 | 2.44E-12 | | 7.00 | 0.77 | 0.06 |
| Mg | 0.143 | 0.0051 | -0.00006481 | 2.88E-07 | -5.44E-10 | 3.76E-13 | | 7.00 | 0.79 | 0.001 |
| S | 1.073 | -0.02044 | 0.0002337 | -7.73E-07 | | 3.30E-12 | -3.56E-15 | 3.03 | 0.71 | 0.04 |
| Fe | 139.629 | 1.69175 | -0.02872 | 0.0001445 | -3.06E-07 | 2.39E-10 | | 5.49 | 0.29 | 3777.73 |
| Cu | 78.422 | | | -0.00002855 | 1.82E-07 | -4.03E-10 | 3.02E-13 | 6.92 | 0.80 | 11.41 |
| Mn | 187.669 | 7.68991 | | -0.00031835 | 0.000002 | -4.95E-09 | 4.35E-12 | 4.81 | 0.54 | 84959 |
| Zn | 17.556 | -0.08089 | 0.00088503 | -0.0000042 | 8.77E-09 | -6.56E-12 | | 5.86 | 0.52 | 20.40 |
| B | 30.236 | 1.27899 | -0.01825 | 0.00009584 | -2.14E-07 | 1.72E-10 | | 6.81 | 0.50 | 322.74 |

Pr > T según el orden de respuesta del modelo. Modelos generados con datos de 15 fechas de muestreo.

Cuadro 3. Fechas de inicio de la brotación de la hoja (día cero), según el cultivar de mango y flujo vegetativo.**Table 3. Start dates of leaf emergence (zero-day), according to mango cultivar and vegetative flush.**

| Cultivar | Localidad | Flujos vegetativos (2006) | | |
|--------------|------------|---------------------------|---------|---------|
| | | Primavera | Verano | Otoño |
| Ataulfo | Atonalisco | 06 Ene. | 23 Jun. | |
| | Chacala | 05 Ene. | 21 Jun. | |
| Kent | Buevavista | 01 Ene. | 24 Jun. | |
| | Chacala | 05 Ene. | 22 Jun. | |
| | Las Palmas | 06 Ene. | 22 Jun. | |
| Tommy Atkins | Buenavista | 07 Ene. | | 21 Sep. |
| | Chacala | 18 Ene. | | 20 Sep. |

La longitud final de la hoja así como la vida de la hoja (rompimiento de yemas a abscisión) mostró diferencias debido al flujo vegetativo que le dio origen. El mayor tamaño lo mostraron las hojas del flujo de otoño (cv. Tommy Atkins), seguido por las hojas de los flujos de primavera (los tres cultivares) y verano (cvs. Kent y Ataulfo; Cuadro 4). Las hojas del flujo de primavera vivieron 15 meses (Ene. 2006 a Abr. 2007), mientras que las de los flujos de verano y otoño duraron 12 meses (Jun. 2006 a Jul. 2007 y Sep. 2006 a Sep. 2007, respectivamente).

Cuadro 4. Longitud final de hoja de los según el flujo vegetativo. Promedio de los tres cultivares de mango.**Table 4. Final leaf length according to vegetative flush. Average of three mango cultivars.**

| Flujo vegetativo | Longitud de la hoja (cm) |
|------------------|--------------------------|
| Primavera | 19.94 ab ^z |
| Verano | 19.26 b |
| Otoño | 21.24 a |

^zMedias seguidas por la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente según Duncan, $P=0.05$.

Evolución nutrimental foliar según el cultivar y el flujo vegetativo

Los flujos vegetativos de primavera y verano del cv. Ataulfo mostraron patrones similares de evolución nutrimental para N, K, Ca, Mn y B. Los nutrientes cuya evolución difirió notablemente entre flujos fueron: P, Mg, S, Fe, Cu y Zn (Figuras 1 y 2). Los flujos de primavera y verano en el cv. Kent mostraron evoluciones nutrimentales similares sólo para Mn y B. Los demás nutrientes mostraron patrones distintos a través de la vida de las hojas de ambos flujos vegetativos (Figuras 3 y 4).

S, Fe, Cu and Zn (Figures 1 and 2). The 'Kent' spring and summer flushes only showed similar evolutions for Mn and B. Other nutrients had distinct patterns throughout leaves' life of both vegetative flushes (Figures 3 and 4).

In 'Tommy Atkins', the comparison was made between spring and fall flushes. The nutrimental evolutions with greater similarity were those of Mg, Mn and B. The remaining nutrients (N, P, K, Ca, S, Fe, Cu and Zn) showed significant differences in their performance over the life of the leaf (Figures 5 and 6).

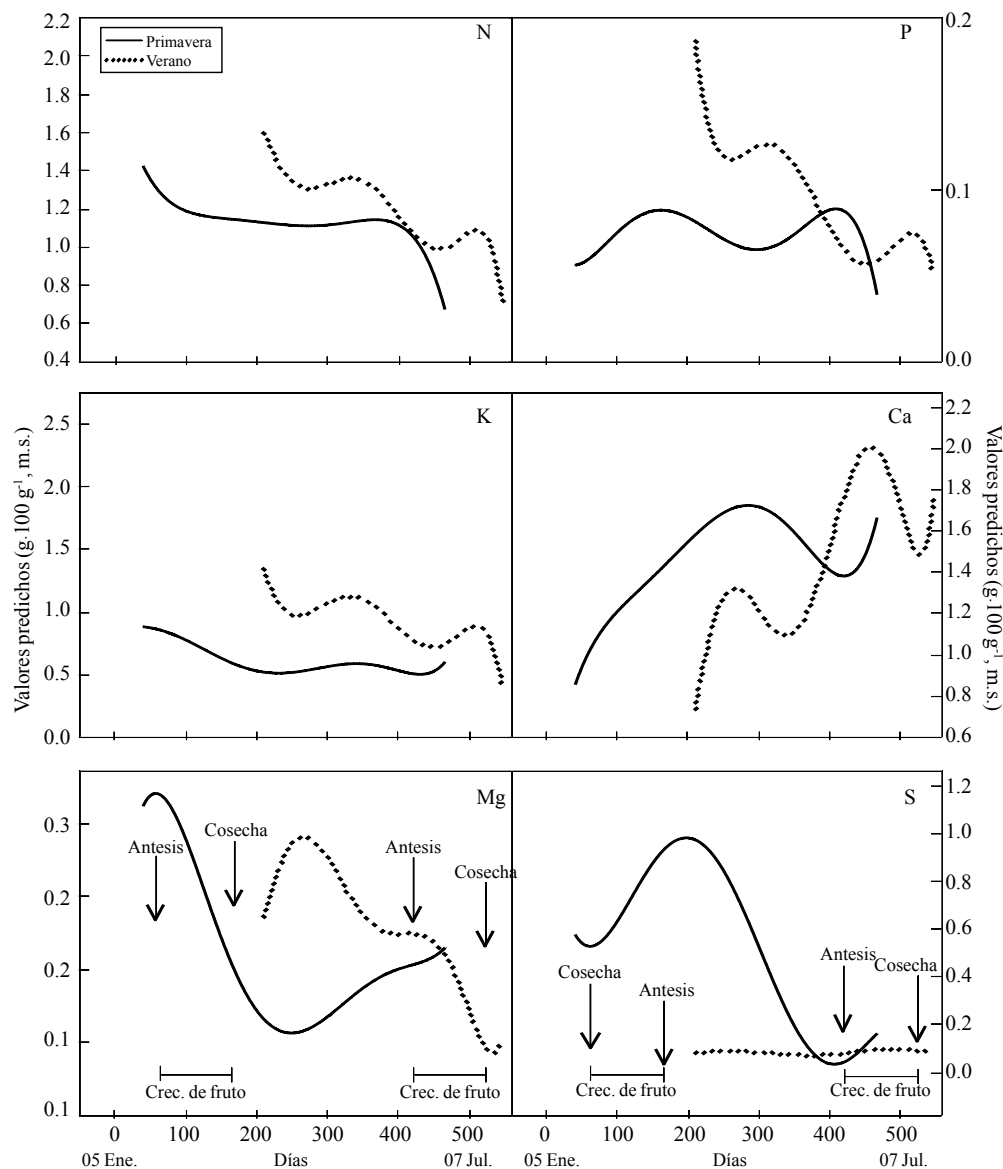


Figura 1. Evolución de macronutrientes en hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Ataulfo. Fechas del primer muestreo: primavera= 15 Feb.; verano= 15 Ago.

Figure 1. Evolution of macronutrients in leaves of 'Ataulfo' spring and summer vegetative flushes. Dates of first sampling: Spring= 15 Feb., Summer= 15 Aug.

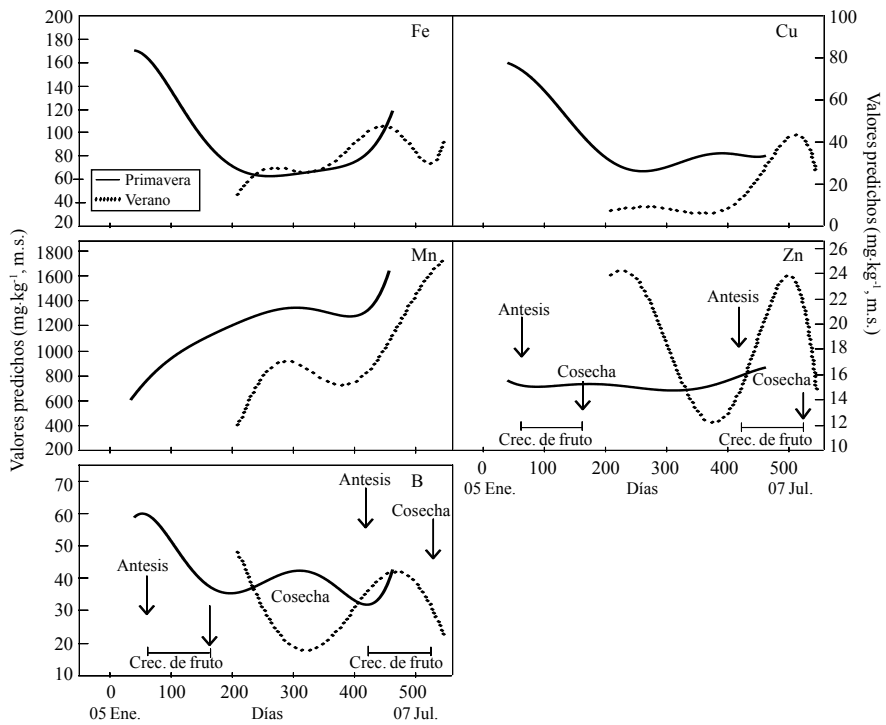


Figura 2. Evolución de micronutrientos en hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Ataulfo. Fechas del primer muestreo: primavera=15 Feb.; verano=15 Ago.

Figure 2. Evolution of micronutrients in leaves of 'Ataulfo' spring and summer vegetative flushes. Dates of first sampling: Spring= 15 Feb., Summer= 15 Aug.

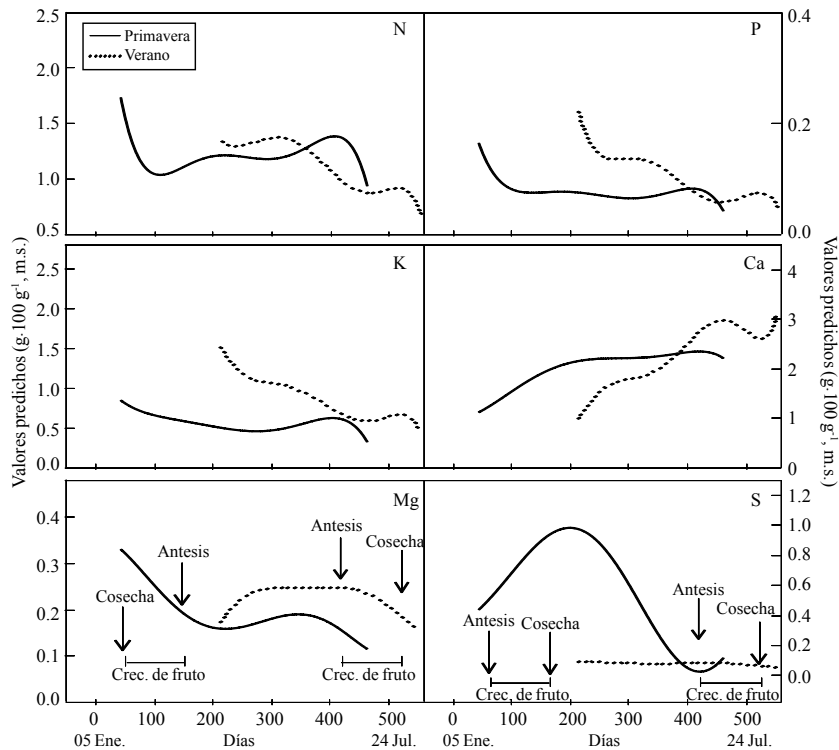


Figura 3. Evolución de macronutrientos en hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Kent. Fechas del primer muestreo: primavera= 15 Feb.; verano= 15 Ago.

Figure 3. Evolution of macronutrients in leaves of 'Kent' spring and summer vegetative flushes. Dates of first sampling: Spring= 15 Feb., Summer= 15 Aug.

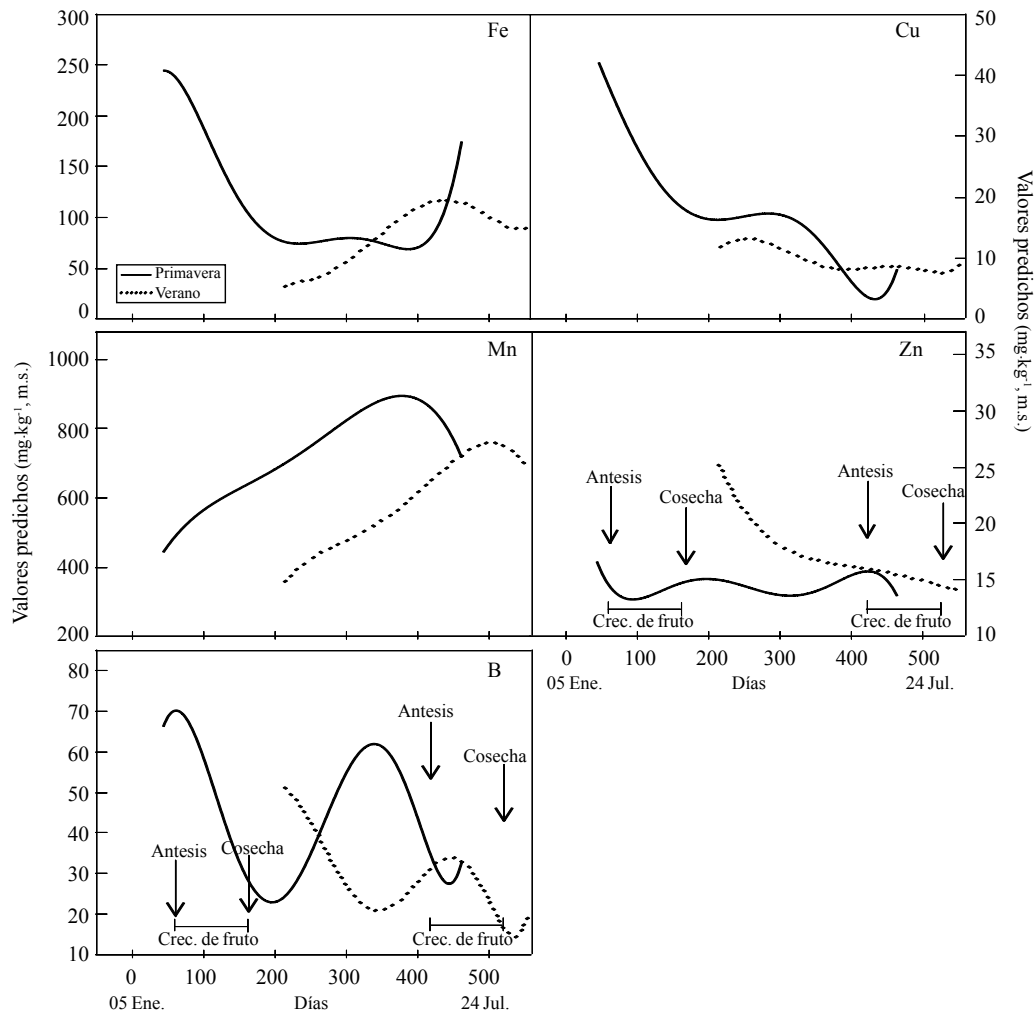


Figura 4. Evolución de micronutrientos en hojas de flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Kent. Fechas del primer muestreo: primavera= 15 Feb.; verano= 15 Ago.

Figure 4. Evolution of micronutrients in leaves of 'Kent' spring and summer vegetative flushes. Dates of first sampling: Spring= 15 Feb., Summer= 15 Aug.

En 'Tommy Atkins' la comparación se hizo entre los flujos de primavera y otoño. Las evoluciones nutrimentales con mayor similitud fueron las de Mg, Mn y B. El resto de nutrimentos (N, P, K, Ca, S, Fe, Cu y Zn) mostró importantes diferencias en su comportamiento durante la vida de la hoja (Figuras 5 y 6).

Las diferencias y similitudes observadas en la evolución nutrimental foliar mostró coincidencias entre cultivares. Los dos flujos vegetativos estudiados mostraron diferentes evoluciones nutrimentales en los tres cultivares de mango para P, S, Fe, Cu y Zn. Sin embargo, en el caso de Mn y B las evoluciones nutrimentales fueron similares entre cultivares.

Differences and similarities observed in foliar nutrient evolution showed coincidences among cultivars. Both vegetative flushes studied showed different nutrient evolutions in the three mango cultivars for P, S, Fe, Cu and Zn. However, in the case of Mn and B, nutrient evolutions were similar for all cultivars.

Changes in the pattern of foliar nutrimental evolution due to key phenological phases

From a nutritional standpoint, in the three cultivars examined, the spring flush support the growth and development of the fruit; it also was a source of nutrients for initial growth of the second vegetative flush (summer

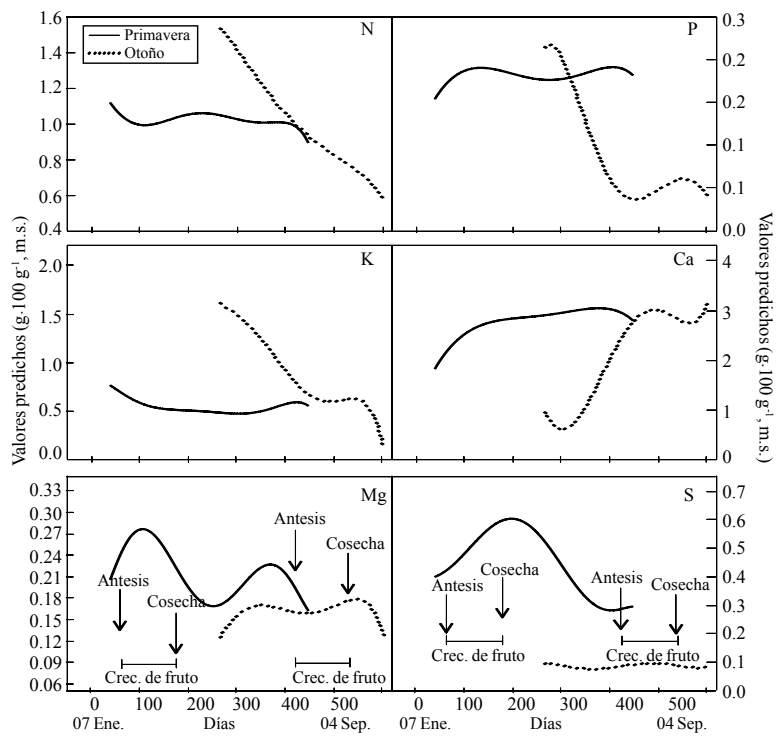


Figura 5. Evolución de macronutrientes en hojas de flujos vegetativos de primavera y otoño en el cv. Tommy Atkins. Fechas del primer muestreo: primavera= 15 Feb.; otoño= 15 Oct.

Figure 5. Evolution of macronutrients in leaves of ‘Tommy Atkins’ spring and fall vegetative flushes. Dates of first sampling: Spring= 15 Feb., Fall= 15 Oct.

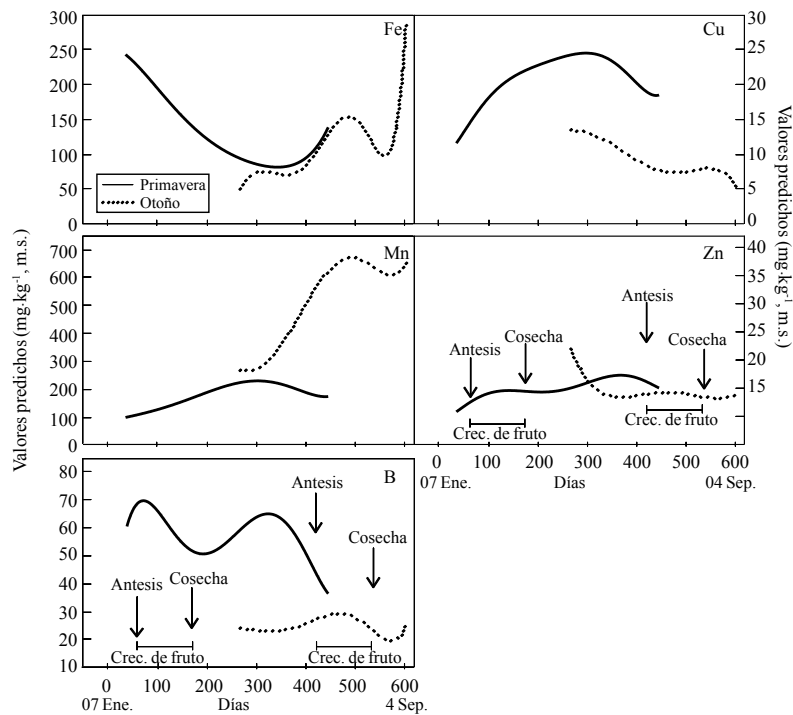


Figura 6. Evolución de micronutrientes en hojas de flujos vegetativos de primavera y otoño en el cv. Tommy Atkins. Fechas del primer muestreo: primavera= 15 Feb.; otoño= 15 Oct.

Figure 6. Evolution of micronutrients in leaves of ‘Tommy Atkins’ spring and fall vegetative flushes. Dates of first sampling dates: Spring= 15 Feb., Fall= 15 Oct.

Cambios en el patrón de evolución nutrimental foliar debido a fases fenológicas importantes

Desde el punto de vista nutrimental, en los tres cultivares examinados el flujo de primavera sostuvo el crecimiento y desarrollo del fruto; también fue fuente de nutrimentos para el crecimiento inicial del segundo flujo vegetativo (de verano para 'Ataulfo' y 'Kent' y de otoño para 'Tommy Atkins'). Adicionalmente, este flujo sostuvo el desarrollo floral hasta antesis (que ocurrió el siguiente año), así como el crecimiento inicial del fruto (Figuras 1 a la 6).

En cada cultivar de mango estudiado, el segundo flujo vegetativo (verano u otoño) soportó el desarrollo de eventos fenológicos importantes en el año siguiente, tales como antesis, crecimiento del fruto y producción del flujo vegetativo de primavera (Figuras 1 a la 6).

El patrón de la evolución nutrimental foliar en los distintos flujos vegetativos estudiados fue afectado por las etapas fenológicas del árbol, como floración (anthesis) y crecimiento de fruto (hasta cosecha). En hojas del flujo de primavera, el crecimiento del fruto sólo modificó la evolución nutrimental del P en 'Ataulfo' (Figura 1) y del S y B en 'Tommy Atkins' (Figuras 5 y 6). No hubo modificaciones en 'Kent'. Las últimas etapas del desarrollo floral (estado coliflor a antesis) causaron más cambios sobre la evolución nutrimental del flujo de primavera. En 'Ataulfo' cambió la evolución del N, P, Ca, S, Cu, Mn y B (Figuras 1 y 2). En el cv. Kent los cambios fueron observados para N, P, K, Ca, S, Cu y Zn (Figuras 3 y 4). Para 'Tommy Atkins' la floración modificó el comportamiento del N, P, K y Ca (Figura 5).

Diferente al flujo de primavera, la evolución nutrimental en hojas del flujo de verano ('Ataulfo' y 'Kent') u otoño ('Tommy Atkins') fue más afectada por el crecimiento del fruto. En 'Ataulfo' hubo cambios en la evolución del N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y B (Figuras 1 y 2). En el cv. Kent los cambios fueron en el N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y B (Figuras 3 y 4). Para 'Tommy Atkins' el crecimiento del fruto modificó el comportamiento del P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn y B (Figuras 5 y 6).

Discusión

Cada cultivar de mango presentó dos flujos vegetativos importantes. El de primavera, que fue común en los tres cultivares estudiados; el de verano, que se presentó en

for 'Ataulfo' and 'Kent', and fall for 'Tommy Atkins'. Additionally, this flush maintained floral development until anthesis (which occurred the following year), as well as initial fruit growth (Figures 1 through 6).

In each mango cultivar studied, the second vegetative flush (summer or fall) support the development of important phenological events in the following year, such as anthesis, fruit growth and production of spring vegetative flush (Figures 1 to 6).

The pattern of leaf nutrimental evolution in the different vegetative flushes studied was affected by tree phenological stages such as flowering (anthesis) and fruit growth (until harvest). In spring flush leaves, fruit growth only modified the evolution of P in 'Ataulfo' (Figure 1) and that for S and B in 'Tommy Atkins' (Figures 5 and 6). There were no changes in 'Kent'. The later stages of flower development (cauliflower stage to anthesis) caused more changes on the nutrient evolution of the spring flush. In 'Ataulfo' the evolution of N, P, Ca, S, Cu, Mn and B was modified (Figures 1 and 2). In Kent changes were observed for N, P, K, Ca, S, Cu and Zn (Figures 3 and 4). For 'Tommy Atkins' flowering changed the behavior of N, P, K and Ca (Figure 5).

Unlike the spring flush, nutrient evolution of summer flush ('Ataulfo' and 'Kent') or fall flush ('Tommy Atkins') was more affected by fruit growth. In 'Ataulfo' there were changes in the evolution of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn and B (Figures 1 and 2). In 'Kent', changes were occurred in N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn and B (Figures 3 and 4). For 'Tommy Atkins', fruit growth altered the pattern of P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn and B (Figures 5 and 6).

Discussion

Each mango cultivar presented two major vegetative flushes. The spring, which was common in all three cultivars studied; the summer, which occurred in cvs. Ataulfo and Kent; the fall, which only occurred in 'Tommy Atkins'. This performance differs from the three or more annual vegetative flushes referred for cv. Manila in Mexico (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998), as well as for Ewais, Sediek, Zebda and Keitt in Egypt (Shaban, 2009). This supports the importance of local information.

According to Bally (2009), foliar nutrient evolution of mango has the lowest variation in the period of greatest phenological tree dormancy, i.e., between the end of

los cvs. Ataulfo y Kent; el de otoño, que sólo ocurrió en 'Tommy Atkins'. Lo anterior difiere de los tres o más flujos vegetativos anuales mencionados para el mango 'Manila' en México (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998), así como Ewais, Sediek, Zebda y Keitt en Egipto (Shaban, 2009). Esto sustenta la importancia de obtener información local.

De acuerdo a Bally (2009), la evolución nutrimental foliar del mango presenta su menor variación en el periodo de mayor dormancia fenológica del árbol; esto es, entre el fin del flujo vegetativo de verano y dos semanas antes de la emergencia de las primeras panículas. Esta consideración difiere de lo encontrado en la presente investigación, así como con lo planteado por Avilán (1971), Pathak y Pandey (1977), Ponchner *et al.* (1993) y Reddy *et al.* (2003) quienes no mencionan dicha estabilidad. Tampoco coincide con las ausencias de variaciones nutrimentales foliares debido a la etapa fenológica del mango 'Manila' en Veracruz, México (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998).

La literatura consultada usualmente presenta concentraciones nutrimentales foliares para los muestreos realizados en diferentes intervalos, unas veces según fechas de calendario y otras según la etapa fenológica. Esta información hace imprecisa la definición de cambios en la evolución de los distintos nutrimentos a través de la vida de la hoja ya que no es común encontrar cambios abruptos en las concentraciones de los distintos nutrimentos y además se asume una conexión lineal entre las fechas de muestreo.

Los resultados aquí descritos muestran que los patrones de evolución nutrimental fueron diferentes entre flujos vegetativos. Los nutrimentos cuya evolución mostró diferencias entre los dos flujos estudiados en cada cultivar fueron: P, Mg, S, Fe, Cu y Zn en Ataulfo; N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu y Zn en Kent; N, P, K, Ca, S, Fe, Cu y Zn en Tommy Atkins. No se encontró literatura disponible para mango donde se analizara la evolución nutrimental foliar mediante funciones matemáticas. Esta es una nueva contribución que ayudará a entender la nutrición del cultivo del mango.

En las condiciones en que fue realizada esta investigación, cada flujo vegetativo mostró una función fisiológica diferente, juzgado a partir de los cambios en el patrón de su evolución nutrimental. De acuerdo a lo observado en los tres cultivares de mango, el flujo de primavera resultó más afectado en su evolución nutrimental foliar debido a las últimas etapas del desarrollo floral (estado coliflor a anthesis). En el caso del segundo flujo vegetativo (verano u otoño) fueron más notorios los cambios en la evolución nutrimental foliar debidos al

the summer vegetative flush and two weeks before the emergence of the first panicle. This differs from that was found in the present investigation, as well as the issues raised by Avilán (1971), Pathak and Pandey (1977), Ponchner *et al.* (1993) and Reddy *et al.* (2003) who mentioned no such stability. This neither coincides with the absence of foliar nutrient variations due to the phenological stage of mango 'Manila' in Veracruz, Mexico (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998).

Available literature usually presents nutritional foliar concentrations for samples taken at different intervals, sometimes based on calendar dates and other according to the phenological stage. This information blurs the definition of changes in the evolution of various nutrients through the life of the leaf as it is uncommon to find abrupt changes in the concentrations of various nutrients and also assumes a linear connection between sampling dates.

The results here presented show that patterns of nutrient evolution differed among vegetative flushes. Nutrients whose evolution show differences between the two flushes studied in each cultivar were: P, Mg, S, Fe, Cu and Zn in 'Ataulfo'; N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu and Zn in 'Kent'; N, P, K, Ca, S, Fe, Cu and Zn in 'Tommy Atkins'. There was no available literature for mango, where foliar nutrient evolution had been analyzed by means of mathematical functions. This is a new contribution that will help to understand the nutrition of mango.

Under the conditions in which this research was conducted, each vegetative flush showed different physiological functions, judged from changes in the pattern of nutrient evolution. According to what was observed in the three mango cultivars, nutrient evolution of the spring flush was more affected by the later stages of flower development (cauliflower stage to anthesis). In the case of the second vegetative flush (summer or fall) more noticeable changes in foliar nutrient changes were due to fruit growth. Avilán (1971) observed in mango 'Kent' a phase of nutrient accumulation in leaves after harvest, which lasted until flowering. In the present study we found that the changes in the nutrient evolution patterns did not occur for all nutrients as some showed increases, other decreased, and some others had a stable trend.

For each nutrient, changes were influenced by cultivar and vegetative flush. For example, in 'Ataulfo', nutrient accumulation after harvest and up to flowering was observed

crecimiento del fruto. Avilán (1971) observó en mango 'Kent' una fase de acumulación foliar de nutrimentos después de la cosecha y que duró hasta la floración. En el presente estudio se encontró que los cambios en los patrones de la evolución nutrimental no ocurrieron en todos los nutrimentos ya que algunos presentaron incrementos, otros descensos, y algunos más permanecieron sin cambios en su tendencia.

Para cada nutrimento, los cambios fueron influenciados por el cultivar y el flujo vegetativo. Por ejemplo, la acumulación de nutrimentos después de la cosecha y hasta la floración en 'Ataulfo' sólo se observó en el flujo de primavera para Ca, Mg, Mn y B; para el flujo de verano esto ocurrió para K, Ca, Fe y Mn.

En 'Kent', la acumulación en esta etapa fenológica se presentó en ambos flujos vegetativos para N, Ca, Mg, Mn y B. El cv. Tommy Atkins mostró más casos de acumulaciones nutrimentales en el flujo de primavera (P, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn y B), comparado con el flujo de otoño (Ca, Mg y Mn).

Respecto al descenso de las concentraciones de nutrimentos que origina la formación de los frutos mencionado por Avilán (1971), en el presente estudio no resultó muy obvio. Esto, porque en los tres cultivares de mango el flujo vegetativo de primavera alcanzó su máximo tamaño en julio (no se muestran datos), aproximadamente un mes después de la cosecha. En las hojas jóvenes es común ver descensos en la acumulación de nutrimentos; sin embargo, no fue posible separar la demanda del fruto del efecto de dilución causado por el incremento en la materia seca a medida que se incrementa la edad de la hoja.

En el caso de los flujos de verano y otoño, la cosecha del ciclo anterior se realizó antes de su emergencia. Sin embargo, como ya se mencionó arriba, la evolución nutrimental en este flujo fue afectada por la presencia del fruto en el árbol, observándose descensos en la concentración de todos los nutrimentos, excepto el S. Para algunos nutrimentos estos descensos coincidieron con lo mencionado por Pathak y Pandey (1977). La alta movilidad de N, P, K y Mg coincidió con lo mencionado por Ponchner *et al.* (1993) para los mangos 'Irwin' y 'Tommy Atkins' en Costa Rica.

Según Avilán (1971) en el cv. Kent el calcio presentó acumulación progresiva con la edad de la hoja y esta tendencia no fue modificada por el crecimiento del fruto. Los resultados del presente estudio fueron diferentes ya que en los tres cultivares se presentó un descenso en los contenidos

only for the spring flush for Ca, Mg, Mn and B; for the summer flush this occurred for K, Ca, Fe and Mn. In 'Kent', the accumulation at this phenological stage occurred in both vegetative flushes for N, Ca, Mg, Mn and B. 'Tommy Atkins' showed even more cases of nutrient accumulation in the spring flush (P, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn and B) compared to the fall flush (Ca, Mg and Mn).

Regarding the decline in nutrient concentrations as a result of the formation of fruit mentioned by Avilán (1971), in the present study it was not that obvious. This is because in the three mango cultivars the spring vegetative flush reached its maximum size in July (data not shown), approximately one month after harvest. In young leaves it is common to see decreases in the accumulation of nutrients, however, it was not possible to separate the effect of fruit demand from the dilution effect caused by the increase in dry matter due to leaf age.

In the case of summer and fall flushes, harvest of the previous cycle was performed before their emergence. However, as mentioned before, the changes in nutrient evolution observed in these flushes were affected by the presence of fruit on the tree, resulting in decreases in the concentration of all nutrients except S. For some nutrients these declines coincided with those reported by Pathak and Pandey (1977). The high mobility of N, P, K and Mg coincided with the report by Ponchner *et al.* (1993) for 'Irwin' and 'Tommy Atkins' mangos in Costa Rica.

According to Avilán (1971), 'Kent' showed a progressive calcium accumulation due to leaf age and this trend was not modified by fruit growth. The results of the present study were different because the three cultivars showed a decrease in calcium leaf content in summer or fall flushes during fruit growth, coinciding with a reported by Tahir *et al.* (2003) for cv. Langra in Pakistan.

Changes in nutrient concentrations are not always associated with phenological events. In Veracruz, Mexico, foliar concentrations of Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn in mango 'Manila' varied with leaf age. However, these changes were not associated to any phenological phase, the rainy season or fruit production (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998).

Several studies mention a decline in nutrient concentration caused by fruit development. However, the fate of mobilized/recycled nutrients deserves further investigation as in the present study it was not

foliares de calcio en los flujos de verano u otoño durante el crecimiento del fruto, coincidiendo con lo mencionado por Tahir *et al.* (2003) para el cv. Langra en Pakistán.

Los cambios en las concentraciones de nutrimentos no siempre están asociados a eventos fenológicos. En Veracruz, México, las concentraciones foliares de Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn el mango ‘Manila’ variaron con la edad de la hoja. Sin embargo, estos cambios no estuvieron asociados a ninguna fase fenológica, el periodo lluvioso o la producción de frutos (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998).

Diversos estudios mencionan el descenso en la concentración de nutrimentos causados por el desarrollo del fruto. Sin embargo, el destino de los nutrimentos movilizados/reciclados merece más investigación ya que en las condiciones en que fue desarrollado el presente trabajo no fue posible separar el efecto del crecimiento del fruto del proceso de senescencia de las hojas de verano y su consecuente abscisión.

Conclusiones

Se registraron dos flujos de crecimiento vegetativo en ‘Ataulfo’ y ‘Kent’ (primavera y verano) y para ‘Tommy Atkins’ (primavera y otoño).

La evolución de macro- y micronutrimentos a través de la vida de las hojas fue afectada por el cultivar, flujo vegetativo y fase fenológica.

En los tres cultivares estudiados, la evolución nutrimental del flujo vegetativo de primavera fue más afectado por las últimas etapas del desarrollo floral (estado coliflor a antesis). En el caso del segundo flujo vegetativo (verano u otoño) la evolución nutrimental fue más afectada por el crecimiento del fruto.

Agradecimientos

Se reconoce el financiamiento parcial del INIFAP, Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Nayarit, CONACYT-FORDECYT, SEDER-Gobierno del Estado de Nayarit. También, se agradece a los productores de mango Alvino Hernández, Juan José Salazar, Armando Arrambide, Santos Ramos, Benito Carrillo y Alberto Ramos por facilitar sus huertos para la investigación

possible to separate the effect of fruit growth from the process of summer leaf senescence and its subsequent abscission.

Conclusions

There were two flushes of vegetative growth in ‘Ataulfo’ and ‘Kent’ (spring and summer) as well as for ‘Tommy Atkins’ (spring and fall).

The evolution of macro- and micronutrients through leaves life was affected by the cultivar, vegetative flush and phenological phase.

In the three cultivars studied, the nutritional evolution of spring vegetative flush was more affected by the later stages of flower development (cauliflower stage to anthesis). In the case of the second vegetative flush (summer or fall) nutrient evolution was more affected by fruit growth.

End of the English version



Literatura citada

- Avilán, R. L. 1971. Variaciones de los niveles de N, P, K y Ca en las hojas de mango (*Mangifera indica* L.) a través de un ciclo de producción. Venezuela. *Agronomía Tropical*. 21(1): 3-10.
- Bally, I.S.E. 2009. Crop Production: Mineral Nutrition. *In: The Mango, Botany, Production and Uses*. 2nd. Edition. Litz, R.E. (ed.). CAB. International New York. USA. pp. 404-431.
- Benitez-Pardo, D., Hernández-Montoya, M., Osuna-Enciso, T., Valenzuela-López, M. y Galván-Piña, B. 2003. Muestreo y análisis foliar relacionados con fenología en mango en el sur de Sinaloa, México. México. *Terra* 21(2). 273-283.
- Davenport, T. L. 2007. Reproductive physiology of mango. Brasil. *Brazilian Journal Plant Physiology*. 19(4):363-376.
- Davenport, T. L. and Nuñez, E. R. 1997. Reproductive physiology. *In: The Mango, Botany, Production and Uses*. Litz, R.E. (ed.). CAB. International New York. USA. pp. 69, 146.

- Draper, N. R. and Smith, H. 1981. Applied regression analysis. John Wiley & Sons, Inc. Second Edition. New York, USA. 709 p.
- Guzmán-Estrada, C., Alcalde-Blanco, S., Mosqueda-Vázquez, R. y Martínez-Garza, A. 1998. Variación del contenido foliar de Ca, Mg y micronutrientes en mango cv. Manila. Venezuela. Facultad de Agronomía. 24(1): 41-58.
- Minitab INC. 1996. Minitab for Windows, Release 11.2-U.S.A.
- Oosthuysen, S.A. 2000. Variation of leaf nutrition status in relation to fruit growth in mango. Proceedings Sixth International Mango Symposium. Bélgica. Acta Horticulturae 509: 375-378.
- Pathak, R. A. and Pandey, R. M. 1977. A note on the status of mineral content of inflorescences and fruits at different stages of their growth in mango cv. Dusehri. India. Indian Journal Plant Physiology. 20: 41-43.
- Pérez-Barraza, M.H., Vázquez-Valdivia V. y Salazar-García, S. 2006. Defoliación de brotes apicales y su efecto sobre la diferenciación floral del mango 'Tommy Atkins'. México. Revista Fitotecnia Mexicana. 29(4): 313-319.
- Ponchner, S., Rojas, R., Bornemisza, E. 1993. Variación estacional de nutrientes en árboles de mango (*Mangifera indica* L.) en tres suelos del Pacífico seco de Costa Rica. I. Macronutrientes. Costa Rica. Agronomía Costarricense. 17(2): 21-30.
- Reddy, Y.T.N., Kurian, R.M., Sujatha, N.T., and Srinivas, M. 2003. Leaf and soil nutrient status in relation to yield of mango. India. Indian Journal Horticulture. 60(2): 121-126.
- SAS Institute Inc. 2005. SAS/STAT User's Guide, Version 8, Fourth Ed. Vol. 1 and 2. SAS Institute Inc., Cary, N.C., USA.
- Shaban, A.E.A. 2009. Vegetative growth cycles of some mango cultivars in relation to flowering and fruiting. Emiratos Árabes Unidos. World Journal of Agricultural Sciences. 5(6): 751-759.
- SIAP-SAGARPA. 2011. Cierre de la Producción Agrícola: Resultados para mango 2010: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351. Consultada el 2 de Diciembre 2011.
- SIGMAPLOT, 2006. SigmaPlot, Systat Software, Versión 10, Inc. SigmaPlot for Windows.
- Tahir, F. M., Ibrahim, M. and Kamran, H. 2003. Seasonal variation in nutrient concentration of bearing and non-bearing terminals in mango (*Mangifera indica* L.). Pakistan. Asian Journal of Plant Science. 2(1): 113-115.
- Thakur, R. S., Samra, J. S. and Chadha, K. L. 1981. The nutrient levels in fruiting and non-fruiting terminal of three mango cultivars. Netherlands. Scientia Horticulturae. 15: 355-361.
- Young T. W. and Koo, R. C. J. 1971. Variation in mineral content of Florida mango leaves. Proceedings Florida State Horticultural Society. 84: 298-303.