

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT**  
**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS**



**ESTUDIO NUTRIMENTAL FOLIAR EN TRES CULTIVARES DE  
MANGO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
BIOLÓGICO AGROPECUARIAS EN EL ÁREA DE CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**PRESENTA**

**MARIELA GUADALUPE CASTRO LÓPEZ**

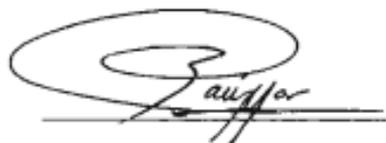
Tepic, Nayarit; a 6 de Julio de 2011

**DR. JUAN DIEGO GARCÍA PAREDES**  
**COORDINADOR DEL POSGRADO CBAP**  
**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT**

**PRESENTE**

Los que suscribimos, integrantes del consejo Tutorial de la *M. en C.* Mariela Guadalupe Castro López, declaramos que hemos revisado la tesis titulada "Estudio nutrimental foliar en tres cultivares de mango" y determinamos que la tesis puede ser presentada por la alumna para aspirar al grado de Maestro en Ciencias Biológico Agropecuarias con opción terminal en Ciencias Agrícolas.

**ATENTAMENTE**  
**EL CONSEJO TUTORIAL**



Dr. Raúl Medina Torres

Director



Dr. Samuel Salazar García

Codirector



Dr. José Luis González Durán

Asesor



Dr. Juan Bojorquez Serrano

Asesor



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT  
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS Y PESQUERA  
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/262/11

Xalisco, Nayarit., 06 de julio de 2011

**Ing. Alfredo González Jáuregui**  
**Director de Administración Escolar**  
**Presente.**

Con base al oficio de fecha 06 de julio de 2011, enviado por los CC. **Dr. Raúl Medina Torres**, **Dr. Samuel Salazar García**, **Dr. José Luis González Durán** y **Dr. Irán Bojorquez Serrano**, donde se nos indica que el trabajo de tesis titulado **"Estudio nutrimental foliar en tres cultivares de mango"** cumple con lo establecido en forma y contenido, debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, se autoriza a la **C. Mariela Guadalupe Castro López**, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**Atentamente**

**"Por lo Nuestro a lo Unido"**

**Dr. J. Diego García Paredes**

**Coordinador del Posgrado**



C.c.p.-Minutario.

C.c.p.-Expediente.

ref.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nayarit nuestra máxima casa de estudios y al Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias.

A los miembros de mi consejo tutorial de tesis Dr. Raúl Medina Torres, Dr. Samuel Salazar García, Dr. José Luis González Durán y Dr. Irán Bojórquez Serrano por el apoyo, consejos y aportación de sus conocimientos en la realización de este trabajo.

A los fondos mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Nayarit por la beca otorgada durante el periodo 2007-2009 para la realización de mis estudios de maestría.

Al financiamiento parcial del INIFAP, 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.

A todos los maestros y compañeros por el apoyo y consejos transmitidos para mi formación profesional.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres:**

Dolores López Bañuelos y Salvador Castro†

### **A mis hermanos:**

Salvador Filiberto, Gustavo Adrian, Mariela Zaydi y

Juan Carlos Castro López

### **A mis abuelos:**

Socorro García y Manuel Castro Hernández†

### **A mis primas:**

Erika Daniela Hernández † y Diana Elizabeth Holguín López†

### **A mis amigos:**

Martha Angélica Castro Durán, Camerino Gutiérrez, Beatriz López y José González

Valdivia

### **A una persona muy especial:**

Edgar Omar Palacios M.

# CONTENIDO

	Página
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>LISTA DE CUADROS</b>	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	ix
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	1
<b>CAPITULO I: EVOLUCIÓN NUTRIMENTAL FOLIAR</b>	
1.1. Resumen	2
1.2. Introducción	3
1.3. Materiales y Métodos	6
1.3.1. Características de los huertos	6
1.3.2. Muestreo y análisis foliar	6
1.3.3. Fecha de inicio de los flujos de crecimiento vegetativo (Día cero)	7
1.3.4. Evolución nutrimental	7
1.4. Resultados	8
1.4.1. Fecha de inicio de los flujos de crecimiento vegetativo (Día cero)	8
1.4.2. Evolución nutrimental foliar según el cultivar y el flujo vegetativo	9
1.4.3. Cambios en el patrón de evolución nutrimental foliar debido a etapas fenológicas importantes	10
1.5. Discusión	11
1.6. Conclusiones	14
1.7. Literatura Citada	15

## **CAPITULO II: ÉPOCA APROPIADA PARA EL MUESTREO FOLIAR**

2.1. Resumen	26
2.2. Introducción	27
2.3. Materiales y Métodos	30
2.3.1. Características de los buertos experimentales	30
2.3.2. Muestreo y análisis foliar	30
2.3.3. Período de estabilidad nutrimental	30
2.3.4. Fecha apropiada de muestreo foliar	31
2.4. Resultados	32
2.4.1. Período de estabilidad nutrimental	32
2.4.2. Período apropiado de muestreo foliar	33
2.5. Discusión	33
2.6. Conclusiones	35
2.7. Literatura Citada	36

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMAS DE BIBLIOTECAS

## LISTA DE CUADROS

No.	Página
1-1 Características de los huertos de tres cultivares de mangos distribuidos en el área costera de Nayarit.....	17
1-2 Criterios para seleccionar los mejores modelos de predicción de la evolución nutrimental para el cv. Ataulfo para el flujo vegetativo de primavera.....	18
1-3 Fechas de brotación de la hoja (día cero), según el cultivar y flujo vegetativo en el 2006.....	19
1-4 Longitud final de hoja según el flujo vegetativo. Promedio de los tres cultivares de mango.....	19
2-1 Longitud de la hoja de los principales flujos vegetativos del mango 'Ataulfo' en las localidades de Atonalisco (Tepic) y Chacala (Compostela). Ciclo 2006-07.....	38
2-2 Longitud de la hoja de los principales flujos vegetativos del mango 'Kent' en las localidades de Acaponeta (Acaponeta), Chacala (Compostela) y las Palmas (San Blas). Ciclo 2006-07.....	39
2-3 Longitud de la hoja de los principales flujos vegetativos del mango 'Tommy Atkins' en las localidades de Acaponeta (Acaponeta) y Chacala (Compostela). Ciclo 2006-07.....	40
2-4 Periodo de estabilidad nutrimental foliar en el mango 'Ataulfo' en Nayarit.....	41
2-5 Periodo de estabilidad nutrimental foliar en el mango 'Kent' en Nayarit..	41

2-6	Periodo de estabilidad nutrimental foliar en el mango 'Tommy Atkins' en Nayarit.....	42
2-7	Periodos de estabilidad nutrimental foliar (celdas sombreadas) y fechas apropiadas para el muestreo foliar (líneas gruesas verticales) en el mango 'Ataulfo', según el flujo vegetativo.....	42
2-8	Periodos de estabilidad nutrimental foliar (celdas sombreadas) y fechas apropiadas para el muestreo foliar (líneas gruesas verticales) en el mango 'Kent', según el flujo vegetativo.....	43
2-9	Periodos de estabilidad nutrimental foliar (celdas sombreadas) y fechas apropiadas para el muestreo foliar (líneas gruesas verticales) en el mango 'Tommy Atkins', según el flujo vegetativo.....	43

## LISTA DE FIGURAS

No.		Página
1-1	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.....	20
1-2	Evolución de micronutrientes en hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Ataulfo. Fechas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; verano = 15 Ago.....	21
1-3	Evolución de macronutrientes en hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Kent. Fechas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; verano = 15 Ago.....	22
1-4	Evolución de micronutrientes en hojas de flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Kent. Fechas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; verano = 15 Ago.....	23
1-5	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.....	24
1-6	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.....	25
2-1	Crecimiento longitudinal de hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano, valor de la derivada y período de estabilidad nutricional (espacio entre las líneas verticales) en el mango 'Ataulfo'. Macro- (A) y	

## INTRODUCCION GENERAL

El mango es el tercer cultivo tropical en importancia a nivel mundial, inmediatamente tras el plátano (banano en centro y Sudamérica) y la piña tropical. Un claro indicador de la importancia del mango en los países de habla hispana es el hecho de que esta especie se cultive en todos los países de Latinoamérica y que sea México el principal exportador del mundo (Galán, 1999).

En la actualidad ante las exigencias del mercado es necesario producir mango en cantidad y calidad, sobre esta base es conveniente tener conocimientos básicos sobre nutrición y tecnología de fertilización apropiada que permita ser competitivos en los mercados nacionales y de exportación.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo el estudio nutrimental foliar en tres cultivares de mango en el estado de Nayarit y se compone de dos capítulos: Capítulo I, Evolución nutrimental, el cual mostrará el comportamiento en días de cada uno de los nutrimentos desde el brote de la hoja hasta que cae., y Capítulo II, Identificación de la época apropiada de muestreo foliar y el periodo de estabilidad nutrimental, la cual servirá para determinar la fecha óptima de muestreo.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAHÍA



SISTEMA DE BIBLIOTECAS



# CAPITULO I

## EVOLUCIÓN NUTRIMENTAL FOLIAR

### 1.1. Resumen

Para elaborar programas de fertilización de sitio específico en 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 principales flujos vegetativos de los cvs. Ataulfo, Kent y Tommy Atkins. Los huertos se ubicaron en el estado de Nayarit, en los municipios de Acaponeta, San Blas, Tepic y Compostela. 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 nutrimental de macro- y micronutrientes 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 anthesis). En el caso del segundo flujo vegetativo (verano u otoño) la evolución nutrimental fue más afectada por el crecimiento del fruto.

## 1.2. Introducción

En Nayarit se cultivan más de 21 mil hectáreas de mango con una producción superior a 243 mil toneladas, predominando los cvs. Ataulfo (8,325 ha), Tommy Atkins (5,711 ha), Kent (2,341 ha), Haden (1,836) y Keitt (1,217 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 (Whiley *et al.*, 1989; Davenport, 2007). Después de un flujo de crecimiento 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 (Whiley *et al.*, 1989), aunque en cada brote puede haber de tres a cuatro flujos por año (Davenport y Nuñez-Elisea, 1997).

Existen diferentes estudios sobre nutrición del mango en diversas zonas productoras de mango en el mundo. En Venezuela, reportan variaciones en las hojas de N, P, K y Ca en distintos cultivares de mango durante un ciclo de producción (Avilán, 1971; Avilán y Figueroa, 1977). Existen dos fases críticas en la nutrición del árbol de mango: a) una fase de acumulación de nutrimentos que comienza con la finalización de la cosecha y que se extiende hasta la floración y, b) una fase en la que disminuyen las concentraciones foliares de nutrimentos, que coinciden con la formación de los frutos y que es la más crítica (Avilán, 1971).

Las concentraciones de nutrimentos varían con la edad de la hoja. Ejemplo de ellos es la alta movilidad de N, P, K y Mg. Según Ponchner *et al.* (1993), las concentraciones foliares de N, P, K, Mg y S fueron más bajas durante la floración y fructificación.

Por su parte, Pathak y Pandey (1977) encontraron que los niveles de N, P y K alcanzaron el más alto nivel cuando el fruto estaba en tamaño "chícharo", después declinaron y mostraron la concentración más baja cuando el fruto alcanzó su máximo desarrollo.

Los muestreos para la determinación del estado nutrimental del suelo y hojas han sido documentados para diferentes estados fenológicos del árbol de mango. 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, se inició un marcado descenso hasta alcanzar los niveles más bajos de estos nutrimentos en las etapas de plena floración y formación de los frutos, con una tendencia a mantener y elevar los niveles nutrimentales durante el amarre y madurez del fruto (Avilán, 1971). El calcio presentó una relación inversa a los demás elementos estudiados.

La presencia de fruto en los brotes de árboles de mango influyó la concentración foliar de nutrimentos. Tahir *et al.* (2003) observaron que brotes con carga de fruto mostraron menor concentración de N, P y Ca después de la cosecha, los cuales se incrementaron gradualmente a partir de la diferenciación de las yemas florales hasta la fase de brotación vegetativa, con menor variación en la concentración de K, Mg y Fe.

En el caso de brotes sin carga de fruto, se encontraron altos niveles de nutrientes 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, azúcares y almidón se observó una tendencia contraria. El Zn y Mn no mostraron variación. En otro estudio, Thakur *et al.* (1981) encontraron que los contenidos de N, P y Ca justo después de la cosecha en brotes terminales fructificados, 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.

La influencia del cultivar, tipo de suelo y edad de la hoja sobre el contenido nutricional foliar fue estudiado en los cvs. Kent, Keitt y Tommy Atkins en Florida (Young y Koo, 1971). Estos autores concluyeron que el cultivar no tuvo mucho efecto sobre la composición nutricional de la hoja.

Las mayores variaciones fueron debidas a los tipos de suelo; sin embargo, algunas de estas variaciones fueron debidas a las prácticas culturales y a la combinación de ambas. También se observó un marcado descenso en el contenido foliar de N, P y K con la edad de la hoja.

Los estudios básicos sobre la nutrición y fertilización del mango en México son escasos. Por esta razón, en Nayarit, la nutrición en los huertos de mango se realiza sin herramientas de diagnóstico nutricional que permitan establecer las necesidades de fertilización. Para elaborar programas de fertilización de sitio específico en mango, es necesario disponer de información propia para cada región productora. Este trabajo es el primero de una serie y su objetivo fue determinar la evolución de macro- y

miconutrientes a través de la vida de las hojas en los principales flujos vegetativos de tres cultivares de mango en Nayarit.

### **1.3. Materiales y Métodos**

#### **1.3.1. Características de los huertos**

Se incluyeron huertos sin riego (de temporal) plantados con los cvs. Ataulfo, Kent y Tommy Atkins. La edad de los huertos fluctuó de 10 a 20 años y su ubicación exploró las variaciones en clima y suelo de la región productora de mango de Nayarit (Cuadro 1-1).

#### **1.3.2. 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 ~5 cm de longitud, concluyendo 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.

En total se realizaron 15 muestreos foliares para el flujo vegetativo de primavera (Febrero 2006 a Abril 2007); los tres cultivares) y 12 para los flujos de verano (Agosto 2006 a Julio 2007; cvs. Ataulfo y Kent) y otoño (Octubre 2006 a Septiembre 2007; cv. Tommy Atkins). 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 y enviadas a un laboratorio bajo programa de intercalibración para la

determinación del contenido en la materia seca de: N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B.

### 1.3.3. 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 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  $\beta$  = 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  $R^2$ ; 2) menor cuadrado medio del error (CME); 3) el valor del coeficiente de Mellows (Cp), sugerido inicialmente por Mellows (Draper y Smith, 1981). Una vez identificadas las mejores funciones matemáticas, se calcularon sus coeficientes matemáticos ( $\beta_0, \dots, \beta_n$ ) por el procedimiento REG y en el programa Microsoft Excel se procedió a calcular sus predichos, sustituyendo la fórmula general en cada día y luego se graficaron en SigmaPlot (2006).

### 1.3.4. 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 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 uno de los nutrimentos en cada cultivar según el flujo vegetativo.

## **1.4. Resultados**

### **1.4.1. Fecha de 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. Los modelos matemáticos obtenidos y los criterios empleados para su selección se presentan en el Cuadro 1-2.

En el periodo de estudio 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 en los cvs. Ataulfo, Kent y Tommy Atkins; junio para el flujo de verano en 'Ataulfo' y 'Kent'; septiembre para el flujo de otoño en 'Tommy Atkins' (Cuadro 1-3).

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 (21.24 cm; para Tommy Atkins), seguido por las hojas de los flujos de primavera (para los tres cultivares) y verano (para 'Kent' y Ataulfo'; Cuadro 1-4). 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 (no se muestran datos).

#### **1.4.2. Evolución nutrimental foliar según el cultivar y el flujo vegetativo**

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

En el caso de 'Tommy Atkins' la comparación fue entre los flujos de primavera y otoño. Las evoluciones foliares 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 evolución (Figuras 1-5 y 1-6).

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.

### 1.4.3. Cambios en el patrón de evolución nutrimental foliar debido a etapas fenológicas importantes

Nutritionalmente hablando, 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 1-1 a la 1-6).

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 (junto con el flujo de primavera), crecimiento del fruto y producción del flujo vegetativo de primavera (Figuras 1-1 a la 1-6).

El patrón de la evolución nutrimental foliar en los distintos flujos vegetativos estudiados fue afectado por las etapas fenológicas, como floración (antesis) 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 1-1) y del S y B en 'Tommy Atkins' (Figuras 1-5 y 1-6). 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 1-1 y 1-2). En el cv. Kent los cambios fueron observados para N, P, K, Ca, S, Cu y Zn (Figuras 1-3 y 1-4). Para 'Tommy Atkins' la floración modificó el comportamiento del N, P, K y Ca (Figura 1-5). 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 1-1 y 1-2). En el cv. Kent los cambios fueron en el N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y B (Figuras 1-3 y 1-4). Para 'Tommy Atkins' el crecimiento del fruto modificó el comportamiento del P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn y B (Figuras 1-5 y 1-6).

### 1.5. Discusión

Cada cultivar de mango presentó dos flujos vegetativos importantes. El de primavera, que fue común en los tres cultivares estudiados el cual emergió después de antesis. El flujo de verano se presentó en los cvs. Ataulfo y Kent, mientras que el flujo de otoño sólo ocurrió en 'Tommy Atkins'. Lo anterior difiere de los tres flujos vegetativos anuales mencionados para los cvs. Manila en México (Guzmán-Estrada *et al.*, 1998) y Ewais, Sodieq, Zebda y Keitt en Egipto (Shaban, 2009).

Los patrones de evolución nutrimental mostraron diferencias 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 donde se analizara la evolución nutrimental mediante funciones matemáticas. Los trabajos consultados sólo presentan valores para fechas de muestreo con diferentes intervalos. Esta última forma hace imprecisa la definición de cambios en la evolución de los distintos nutrimentos a través de la vida de la hoja ya que es común encontrar cambios abruptos en las concentraciones de los distintos nutrimentos y asume una conexión lineal entre las fechas de muestreo.

En las condiciones en que fue realizada esta investigación, cada flujo vegetativo mostró una función 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 por las últimas etapas del desarrollo floral (estado coliflor a antesis). En el caso del segundo flujo vegetativo (verano u otoño) fueron más notorios los cambios en la evolución nutrimental debidos al 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 determinados 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 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, observándose descensos en la concentración de todos nutrimentos, excepto el S. Para algunos nutrimentos estos descensos coinciden 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 cvs. 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 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 cv. Manila variaron con la edad de la hoja. Sin embargo, su incremento

y decremento no estuvieron asociados a ninguna fase fenológica, el período 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 reciclados merece más investigación ya que en las condiciones en que fue desarrollado el presente trabajo no fue posible separar la fase de crecimiento del fruto con el proceso de senescencia de las hojas de verano y su consecuente abscisión.

### 1.6. Conclusiones

Se registraron dos flujos de crecimiento vegetativo en 'Ataulfo' y 'Kent' (flujo de primavera y verano) y para 'Tommy Atkins' (flujo de primavera y otoño). La vida de las hojas del flujo de primavera fue 15 meses y las de los flujos de verano y otoño fue 12 meses, a partir del rompimiento de las yemas vegetativas.

La evolución nutrimental 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.

## 1.7. 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.
- Avilán, R. y Figueroa, M. 1977. Época de fertilización nitrogenada en mango cultivado en suelos de la serie Maracay (Fluventic Haplustoll) Aragua. Venezuela. *Agronomía Tropical*. 27(5):491-501.
- 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.
- 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.
- Ponchner, S., Rojas, R. y 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. Sistema producto mango: Resultados para mango 2007: [http://www.oidrus-portal.gob.mx/aagricola\\_siap/cultivo/index.jsp](http://www.oidrus-portal.gob.mx/aagricola_siap/cultivo/index.jsp). Consultada el 03 de Abril de 2009.
- 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.
- Whiley, A. W., Rassmussen, T. S., Saranah, J. B. and Wolstenholme, B. N. 1989. Effect of temperature on growth, dry matter production and starch accumulation in ten mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. United Kingdom. Journal Horticultural Science & Biotechnology. 64(6): 753-765.
- 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.

Cuadro 1-1. Características de los huertos de tres cultivares de mangos distribuidos en el área costera de Nayarit.

Cultivar	Localidad	Coordenadas	Altura (msnm)	PMA (mm) <sup>2</sup>	Textura	pH	M.O. (%) <sup>3</sup>	Edad (años)
Ataulfo	Atonalisco,	N 21°36'46.9"	601	1,089	A	4.86	2.98	12
	Tepic	O 104°49' 43.6"						
	Chacala,	N 21°10'20.3"	42	1,225	A	4.65	0.84	11
	Compostela	O 105°10'32.7"						
Kent	Buenavista,	N 22°27'44.0"	11	1,324	F	5.13	0.60	10
	Acaponeta	O 105°26'55.8"						
	Las Palmas,	N 21°37'05.0"	139	1,200	A	6.71	0.11	20
	San Blas	O 105°09'30.1"						
	Chacala,	N 21°10'05.2"	54	1,225	MAA	6.57	0.16	17
	Acaponeta	O 105°10'31.5"						
Tommy	Buenavista,	N 22°27'44.0"	14	1,324	F	6.36	0.08	18
Atkins	Acaponeta	O 105°26'55.8"						
	Chacala,	N 21°10'14.3"	38	1,225	A	5.46	0.08	17
	Compostela	O 105°09'52.2"						

<sup>1</sup> Precipitación media anual. <sup>2</sup> Materia orgánica. A=Arcillosa, F=Franca; MAA=Migajón-arcillo-arenosa.

Cuadro 1-2. Criterios para seleccionar los mejores modelos de predicción de la evolución nutrimental para el cv. Ataulfo para el flujo vegetativo de primavera.

Nutrimentos	Componentes del modelo										Criterios		
	$\beta_0$	$B_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	$\beta_6$	$C_p$	$R^2$	CME			
N	1.927	-0.01797	0.00016637	-7.64E-07	1.69E-09	-1.43E-12	---	7.00	0.80	0.0100			
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	0.0100			
Ca	0.195	0.02289	-0.00021715	1.14E-06	-2.78E-09	2.44E-12	---	7.00	0.77	0.0600			
Mg	0.143	0.00510	-0.00006481	2.88E-07	-5.44E-10	3.76E-13	---	7.00	0.79	0.0010			
S	1.073	-0.02044	0.00023370	-7.73E-070	---	3.30E-12	-3.56E-15	3.03	0.71	0.0400			
Fe	139.629	1.69175	-0.02872000	0.00014450	-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	11.410			
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	0.00088500	-0.00000420	8.77E-09	-6.56E-12	---	5.86	0.52	20.400			
B	30.236	1.27899	-0.01825000	0.00009584	-2.14E-07	1.72E-10	---	6.81	0.50	322.7400			

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

Cuadro 1-3. Fechas de brotación de la hoja (día cero), según el cultivar y flujo vegetativo en el 2006.

Cultivar	Localidad	Flujos vegetativos		
		Primavera	Verano	Otoño
Araulfo	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.

Cuadro 1-4. Longitud final de hoja según el flujo vegetativo. Promedio de los tres cultivares de mango.

Flujo vegetativo	Longitud de la hoja (cm)
Verano	19.26 b <sup>2</sup>
Primavera	19.94 ab
Otoño	21.24 a

<sup>2</sup> Comparación de medias en las columnas por Duncan,  $P = 0.05$ .

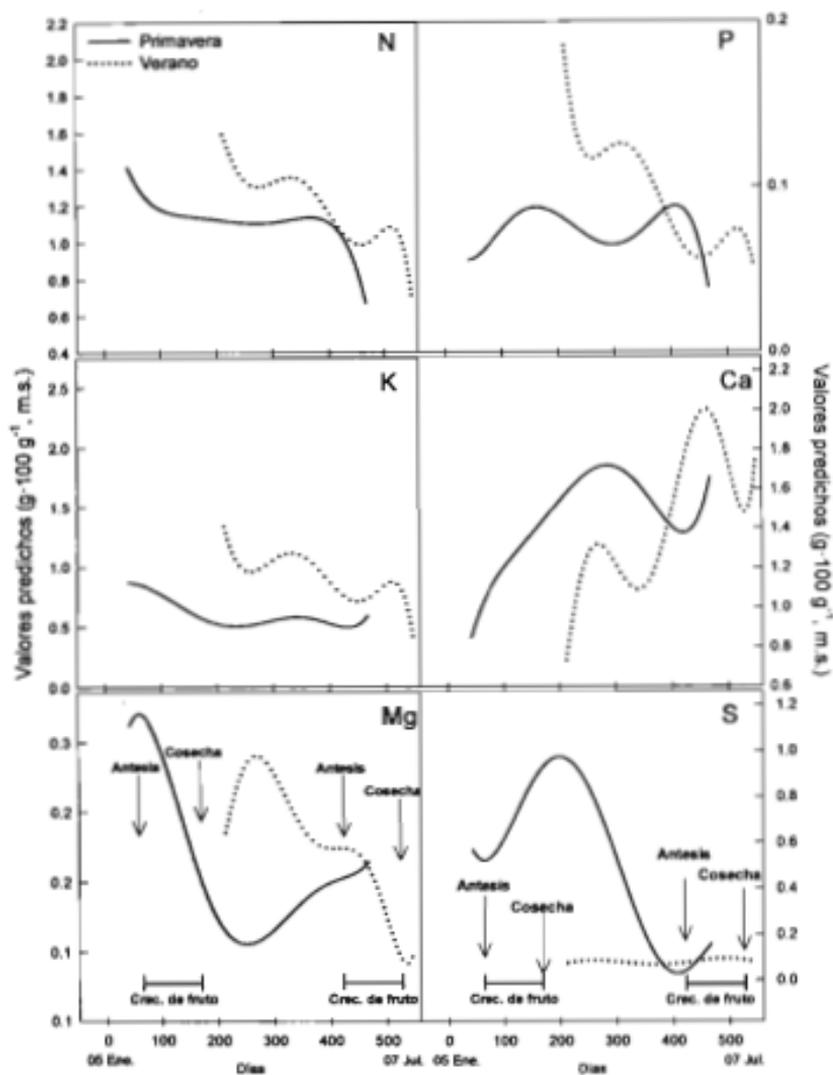


Figura 1-1. Evolución de macronutrientes en hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Ataulfo. Fechas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; verano = 15 Ago.

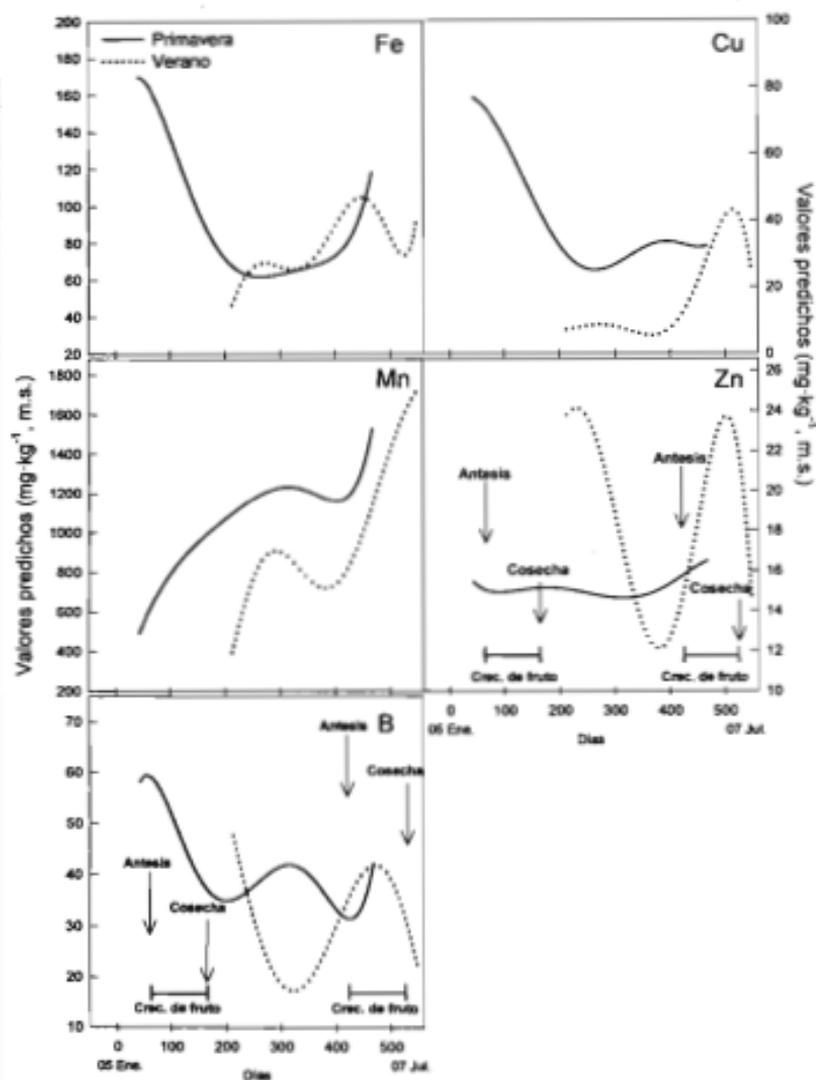


Figura 1-2. Evolución de micronutrientes en hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Ataulfo. Fechas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; verano = 15 Ago.

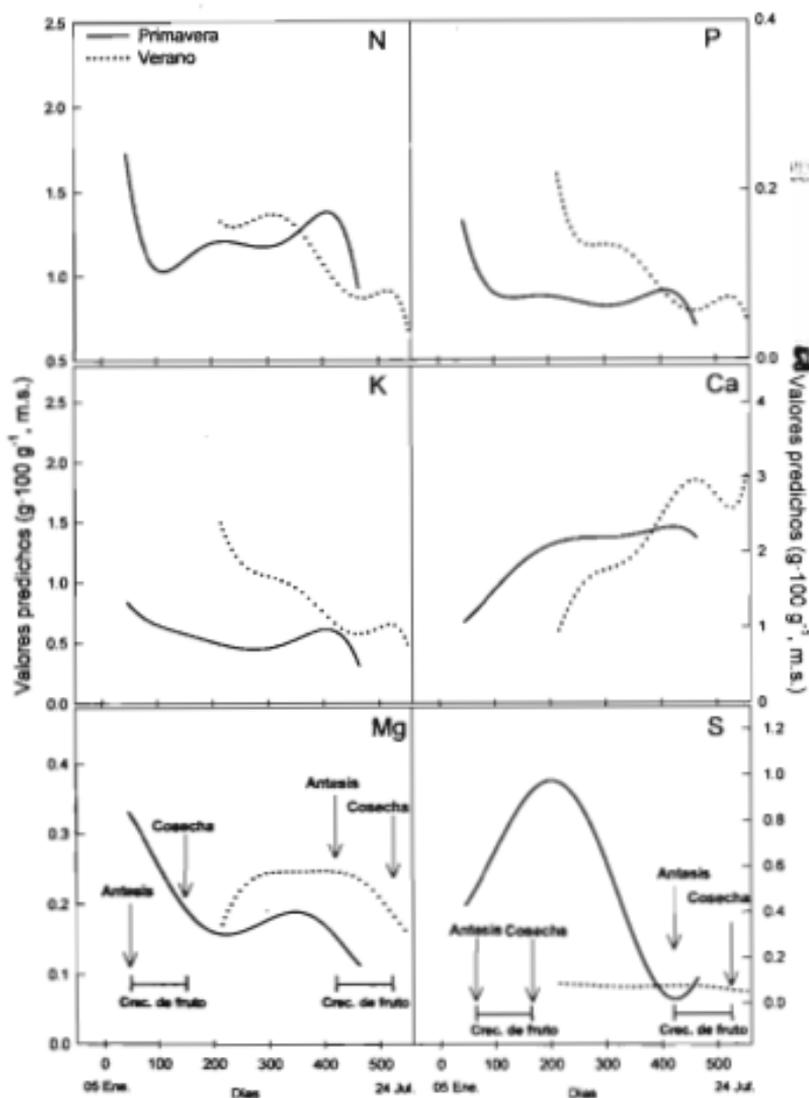


Figura 1-3. Evolución de macronutrientes en hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Kent. Fechas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; verano = 15 Ago.

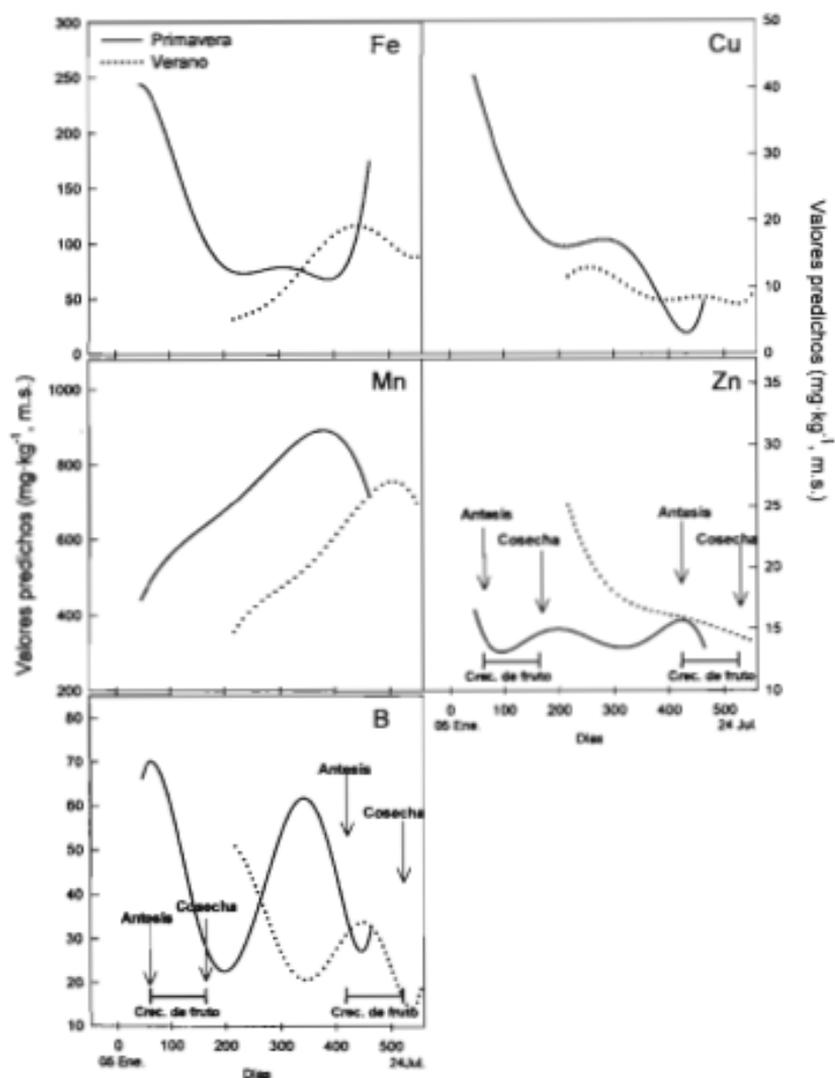


Figura 1-4. Evolución de micronutrientes en hojas de flujos vegetativos de primavera y verano en el cv. Kent. Fechas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; verano = 15 Ago. -

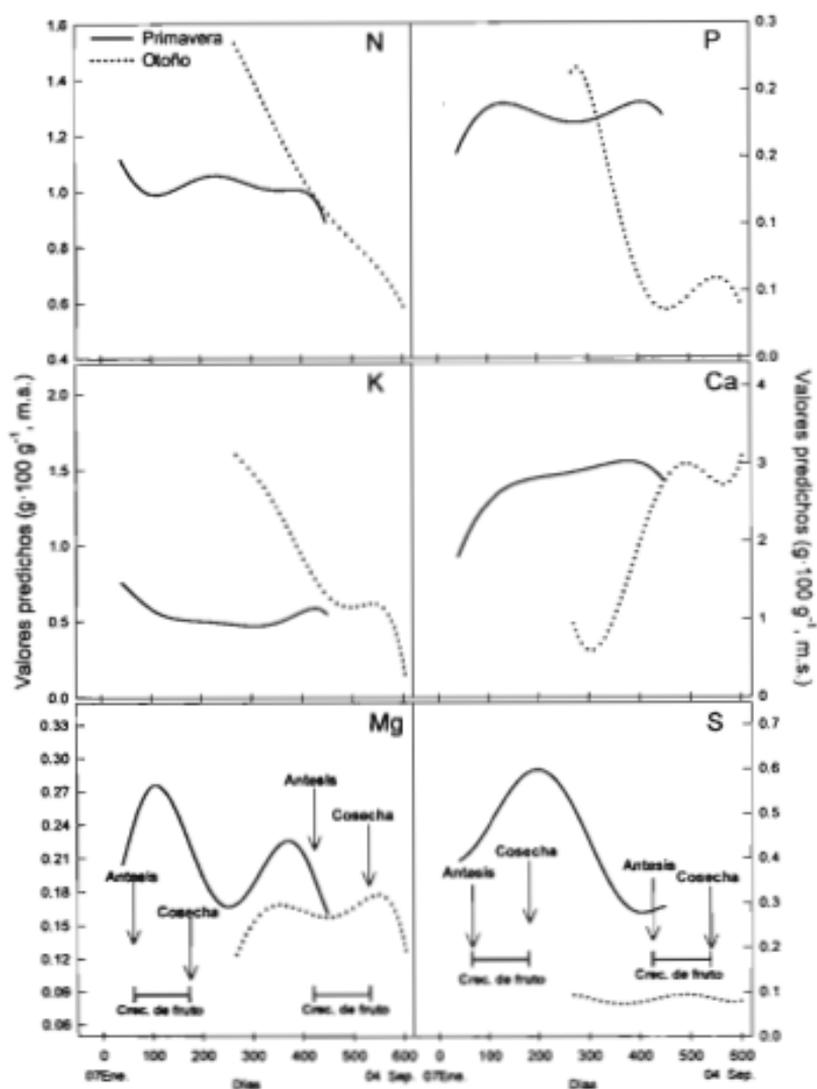


Figura 1-5. Evolución de macronutrientes en hojas de flujos vegetativos de primavera y otoño en el cv. Tommy Atkins. Fechas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; otoño = 15 Oct.

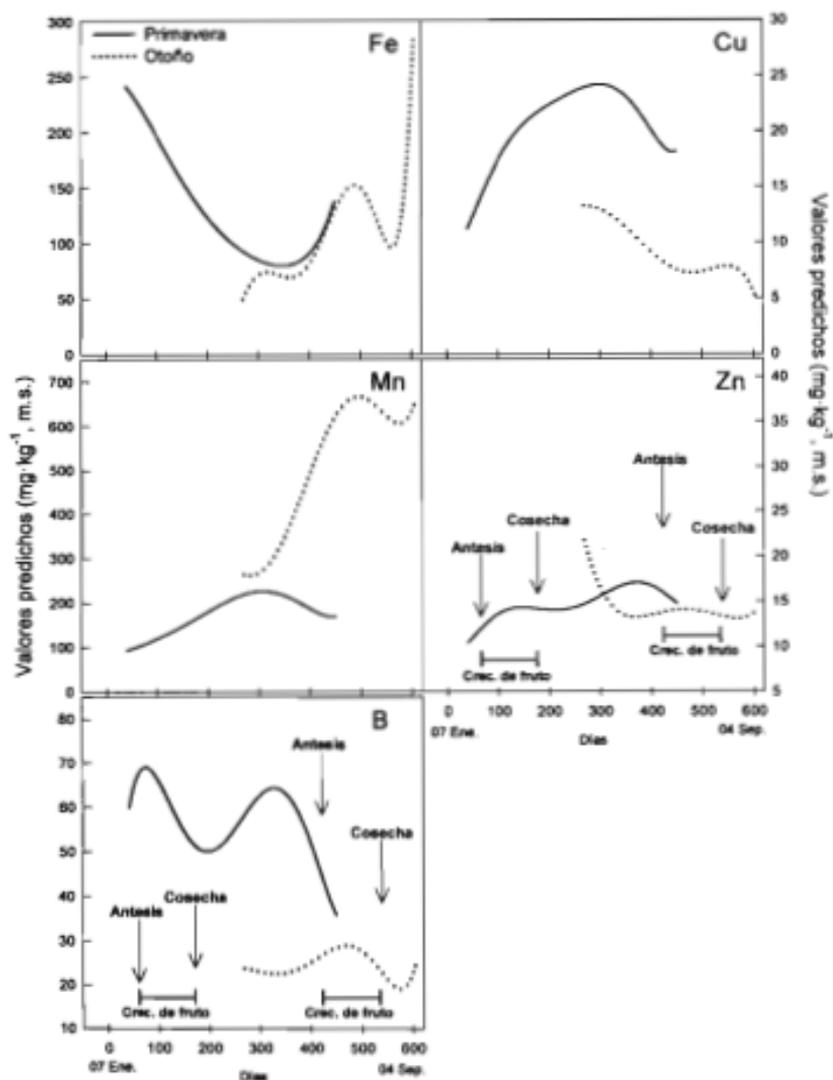


Figura 1-6. Evolución de micronutrientes en hojas de flujos vegetativos de primavera y otoño en el cv. Tommy Atkins. Fochas del primer muestreo: primavera = 15 Feb.; otoño = 15-Oct.

## CAPITULO II

### ÉPOCA APROPIADA PARA EL MUESTREO FOLIAR

#### 2.1. Resumen

El análisis foliar es una herramienta útil para manejar la nutrición de los huertos de mango. En el estado de Nayarit no se ha identificado una fecha de muestreo foliar en la que los nutrientes mantengan niveles estables, de tal manera sea posible realizar un diagnóstico nutricional preciso. El objetivo de esta investigación fue identificar el periodo de estabilidad del contenido nutricional foliar de los principales flujos de crecimiento vegetativo de tres importantes cultivares de mango en Nayarit. En 'Ataulfo' y 'Kent' se consideraron los flujos de primavera y verano y en 'Tommy Atkins' los de primavera y otoño. Se usó la metodología basada en calcular funciones de los contenidos nutricionales y calcular las derivadas matemáticas para determinar la época en que la tasa de cambio sea cercana a cero, por lo que es adecuada para realizar muestreos foliares reproducibles con fines de diagnóstico nutricional. Se usaron 140 árboles distribuidos en siete huertos. Los huertos muestreados en el ciclo 2006-07 se ubicaron en las localidades de: Atonalisco (Tepic), Chacala (Compostela), Buena Vista (Acajoneta) y las Palmas (San Blas). Mediante análisis químico se determinaron las concentraciones de macro- y micronutrientes. Los periodos de estabilidad nutricional tanto para macro- como micronutrientes difirieron entre los cultivares de mango y sus respectivos flujos vegetativos. La época apropiada para el muestreo foliar para el cv. Ataulfo fue del 15 de septiembre al 31 de octubre en el flujo de primavera y del 15 de enero al 07 de marzo en el flujo de verano. En el cv. Kent esta época ocurrió del 15 de septiembre al 15 de octubre en el flujo de primavera y del 01 de febrero al 15 de marzo para el flujo de verano. Para el cv. Tommy Atkins la época adecuada para el muestreo

fue entre el 15 de agosto y 30 de septiembre y del 01 al 31 de mayo en los flujos de primavera y otoño, respectivamente.

## 2.2. Introducción

El manejo actual de la fertilización en los huertos de mango en Nayarit se realiza de forma empírica ya que no se emplean diagnósticos nutrimentales precisos que permitan determinar las necesidades de fertilización. La fertilización errónea o desbalanceada puede provocar baja producción de fruto y baja calidad, ya sea por deficiencia o exceso, causar pérdida de la fertilidad del suelo, y problemas de lixiviación y modificación de las materias minerales y orgánicas. Por lo que para incrementar y mantener la productividad es necesario establecer condiciones óptimas de nutrición y controlarlas durante todo el ciclo productivo (Alcántar y Trejo, 2006).

La técnica de análisis foliar con fines de diagnóstico nutrimental en mango ha sido desarrollada por algunos investigadores. Childers (1954) señala que el muestreo en mango debe realizarse en ramas fructíferas de cada punto cardinal, a razón de 10 hojas distribuidas sobre la zona media de la copa por árbol; en contraparte Kenworthy (1964), sugiere muestrear 20 hojas fisiológicamente maduras, ubicadas entre la 3ª y 4ª posición de brotes que no estén en crecimiento ni en floración, distribuidos en la parte media y alrededor de la copa del árbol.

Ponchner *et al.* (1993) realizaron en Costa Rica una evaluación nutricional en huertos de mango 'Irwin' y 'Tommy Atkins' situados en las regiones productoras de Atenas, Orotina y Liberia. Estos autores utilizaron tres tipos de muestra según la posición de la hoja en la rama: hojas terminales (tejido nuevo), intermedias (tejido medio) o viejas

(tejido viejo) y encontraron contenidos foliares bajos de N, P, K, Mg y S, los cuales ocurrieron en las épocas de floración, fructificación y formación de frutos, mientras que las concentraciones de Ca, con altos contenidos, parecieron estar más asociadas al régimen de precipitación en cada zona. Con base a los resultados los autores sugieren realizar el muestreo foliar sobre hojas intermedias (tejido medio) y posterior a la cosecha.

En los climas tropicales se obtienen generalmente distintos resultados en muestreos foliares según las estaciones del año y sus flujos vegetativos. En la India las hojas procedentes del flujo de junio se encuentran concentraciones más altas de todos los nutrientes, excepto de Nitrógeno, que en las procedentes del flujo de marzo (Rajput *et al.*, 1985). Por lo que para cada flujo vegetativo debe establecerse una época apropiada de muestreo para evitar resultados erróneos.

Según Rajput *et al.* (1985) en los climas subtropicales suele recomendarse como época apropiada de muestreo foliar la primavera (mayo en el hemisferio Norte, noviembre en el hemisferio Sur). No obstante, trabajos realizados en Sudáfrica ponen en duda la idoneidad de esta época de muestreo, ya que debido al rápido crecimiento de los frutos, que ocurre precisamente en ese periodo, se producen fluctuaciones importantes en el contenido de nutrimentos en las hojas (Oosthuysen, 1997a, b).

Los conocimientos relacionados con la nutrición y fertilización en el cultivo del mango son escasos en México. Sin embargo, recientemente, se ha puesto mucho más interés en estos aspectos, dada la gran importancia que ha adquirido como fruta de exportación en el mundo. Aunque el contenido de nutrimentos varía con la edad de la

hoja, existe un lapso de tiempo en donde la variación en el contenido de la mayoría de los nutrimentos es mínima y es precisamente en esta época cuando es oportuno realizar el muestreo foliar (Salazar-García *et al.*, 2006). Los criterios generalmente empleados para determinar el periodo de estabilidad son que la hoja haya alcanzado su tamaño final, y el contenido nutrimental se estabilice. Estos criterios han sido aplicados en gráficas y la decisión se basa en apreciaciones visuales y no permite determinar una fecha exacta ya que sólo se tienen datos del contenido nutrimental para cada una de las fechas de muestreo.

El uso de funciones matemáticas y sus derivadas son útiles para definir los periodos apropiados para realizar el muestreo foliar, ya que la variación de los contenidos de los nutrimentos en las hojas son calculados para cada día durante el periodo de muestreo, de tal manera que es posible determinar las fechas exactas en que ocurren las variaciones y la presencia de estabilidad. Cossio-Vargas (2008) usó esta metodología en aguacate 'Hass' en Nayarit, e identificó el periodo de tiempo apropiado para el muestreo foliar con fines de diagnóstico nutrimental según el flujo de crecimiento vegetativo (invierno o verano).

En Nayarit no se ha determinado la época apropiada para el muestreo foliar en mango por lo que el objetivo del presente trabajo fue identificar el periodo apropiado para el muestreo foliar con fines de diagnóstico nutrimental, según el flujo de crecimiento vegetativo, en los cvs. Ataulfo, Kent y Tommy Atkins en el estado de Nayarit.

## 2.3. Materiales y Métodos



SISTEMA DE BIBLIOTECA

### 2.3.1 Características de los huertos experimentales

Para determinar la época apropiada de muestreo foliar en la presente investigación fueron utilizados los mismos huertos de mango cvs. Ataulfo, Kent y Tommy Atkins en los que se estudió la evolución nutrimental descrita en el Capítulo I de ésta Tesis, donde se detallan las características generales.

Estos tres cultivares estuvieron distribuidos en siete huertos localizados en cuatro localidades en el estado de Nayarit, de la siguiente manera para 'Ataulfo': Atonalisco (Tepic) y Chacala (Compostela); 'Kent': Buena Vista (Acaponeta), Chacala (Compostela) y las Palmas (San Blas); y 'Tommy Atkins': Buena Vista (Acaponeta) y Chacala (Compostela). Los tres cultivares presentaron dos flujos de crecimiento vegetativos, 'Ataulfo' y 'Kent': primavera, verano; y 'Tommy Atkins': primavera y otoño.

### 2.3.2. Muestreo y análisis foliar

Se usaron resultados del análisis foliar de 15 muestreos en el flujo de primavera (febrero 2006 a abril 2007), 12 para el flujo de verano (agosto 2006 a julio 2007) y otoño (octubre 2006 a septiembre 2007) los cuales también son detallados en el Capítulo I de ésta Tesis.

### 2.3.3. Periodo de estabilidad nutrimental

Para determinar cuándo fue el periodo donde la mayoría de los nutrimentos se estabilizaron se usaron los valores predichos utilizando la función matemática que

describe la dinámica de nutrimentos. Dicha función matemática y su representación gráfica fue mencionada en el Capítulo I de ésta Tesis (Evolución nutrimental). Para los valores predichos por la función para cada uno de los días se calculó el valor de la primera derivada. Este valor nos indica la variación diaria del contenido para cada uno de los nutrimentos; entre más pequeño sea, la variación será menor, de tal manera que se busca el periodo en que los valores de las derivadas sea cercana a cero.

Los valores de longitud de la hoja y de la derivada de la función matemática de todos los nutrimentos fueron graficados en SigmaPlot (2006) para determinar los periodos de estabilidad de cada uno de ellos y el periodo en que la hoja detuvo su crecimiento. Los valores promedios de la longitud de la hoja se muestran en los Cuadros 2-1 al 2-3 y hasta antes del inicio de senescencia: diciembre (flujo de primavera) y junio (flujos de verano y otoño).

Considerando que la derivada de una función matemática es el límite de la razón del incremento de la variable dependiente en la función, al incremento de la variable independiente (Granville, 1995), cuando éste tiende a cero, el cambio es mínimo. Por lo que se toma como criterio para determinar el periodo de estabilidad en macro- y micronutrimentos para cada localidad la porción de la función matemática en la que la derivada de las funciones matemáticas de cada nutrimento fuese cero o lo más cercano a cero.

#### **2.3.4. Fecha apropiada de muestreo foliar**

Una vez determinado el periodo de estabilidad de cada nutrimento, utilizando el programa Microsoft Excel 2003 se construyó una tabla que mostrara los periodos de

**estabilidad** nutrimental, para macro y micronutrientes, tomada en periodos semanales. De esa manera se identificaron y se resaltó dicho periodo en cada cultivar y crecimiento vegetativo para determinar las fechas de los mismos.

## 2.4. Resultados

### 2.4.1. Periodo de estabilidad nutrimental

**Cultivar Ataulfo.** En hojas del flujo vegetativo de primavera, en las localidades de Atonalisco y Chacala, el periodo en el que se estabilizaron los nutrientes N, P, K, Ca, Mg y S fue a partir de los 243 a 298 días, lapso ocurrido del 07 de septiembre al 31 de octubre. Para el caso de Fe, Cu, Mn, Zn y B alcanzaron estabilidad de los 249 a los 310 días que equivale a las fechas de muestreo comprendidas del 15 de septiembre al 06 de noviembre. En el caso del flujo de verano: para este flujo el periodo en el que N, P, K, Ca, Mg y S se estabilizaron fue de los 206 a los 255 días (05 de Ene. al 07 de Mar.) y en Fe, Cu, Mn, Zn y B de los 198 a los 263 (07 de Ene. al 15 de Mar.) (Cuadro 2-4) (Figura 2-1).

**Cultivar Kent.** Para hojas del flujo de primavera, en Buena Vista, Las Palmas y Chacala el periodo en el que los valores de la derivada de N, P, K, Ca, Mg y S fueron iguales o lo más cercano a cero fue de los 231 a 289 días (16 Ago. - 21 Oct.) y en Fe, Cu, Mn, Zn y B de los 255 a 308 días (15 Sep. - 07 Nov.). En hojas del flujo de verano, este periodo de estabilidad ocurrió de los 205 a 227 días (25 Ene. - 15 Mar.) para los nutrientes N, P, K, Ca, Mg y S y de los 169 a 227 (01 Feb. - 24 Mar.) para Fe, Cu, Mn, Zn y B (Cuadro 2-5) (Figura 2-2).

**Cultivar Tommy Atkins.** En el flujo de primavera, en Chacala y Buena Vista el periodo de estabilidad para macro y micro nutrientes ocurrió de los 209 a 301 días (15 Sep. - 15 Nov.) y 201 a 262 (07 Ago. - 07 Nov.), respectivamente (Cuadro 2-6). En el caso del flujo de otoño, los nutrientes mostraron un periodo de estabilidad desde los 258 a 290 días (05 mayo - 06 Jun.) para N, P, K, Ca, Mg y S; y de los 253 a 288 (30 Abr. - 04 Jun.) para Fe, Cu, Mn, Zn y B (Figura 2-3).

#### **2.4.2. Periodo apropiado de muestreo foliar**

La época apropiada para el muestreo foliar para el cv. Ataulfo resultó del 15 de septiembre al 31 de octubre en el flujo de primavera y del 15 de enero al 07 de marzo en el flujo de verano (Cuadro 2-7).

En el cv. Kent esta época ocurrió del 15 de septiembre al 15 de octubre en el flujo de primavera y del 01 de febrero al 15 de marzo para el flujo de verano (Cuadro 2-8).

Para el cv. Tommy Atkins la época adecuada para el muestreo fue identificada entre el 15 de agosto y 30 de septiembre y del 01 al 31 de mayo en los flujos de primavera y otoño, respectivamente (Cuadro 2-9).

### **2.5. Discusión**

Los periodos o épocas sugeridos para realizar muestreos foliares con fines de diagnóstico nutricional varían de una región a otra y están muy influenciadas por el cultivar de mango. En el estado de Veracruz se recomienda hacer el muestreo foliar en junio-julio o agosto-septiembre para el cv. Manila, cuando dichas hojas tienen de cuatro a siete meses de edad (Mosqueda *et al.*, 1996). En la presente investigación se

determinó como fecha apropiada de muestreo foliar para el cv. Ataulfo (cultivar poliembriónico de similar origen a 'Manila') del 15 de septiembre al 31 de octubre, cuando las hojas del flujo vegetativo de primavera tenían de ocho a nueve meses de edad.

En el caso del cv. Tommy Atkins, la época apropiada para el muestreo en hojas del flujo vegetativo de primavera fue del 15 de agosto al 30 de septiembre. Esto no coincide con lo recomendado en algunas áreas de clima subtropical donde se sugiere coleccionar las hojas durante el mes de noviembre en el hemisferio Sur (mayo del hemisferio Norte) (Rajput *et al.*, 1985).

Es preciso establecer la época apropiada de muestreo foliar para evitar confusiones. Basado en la información disponible previo a esta investigación, Salazar-García *et al.* (1993), realizaron un diagnóstico nutricional foliar en los cvs. Tommy Atkins y Haden a partir de hojas obtenidas en diciembre, antes de la floración, en cuatro zonas productoras de mango del municipio de San Blas, Nayarit. Es obvio que la interpretación del análisis foliar en ese tiempo pudo haber sido distinta si se hubiera conocido la época adecuada para hacer el muestreo foliar, producto del presente trabajo de investigación.

Ponchner *et al.* (1993), recomiendan con el fin de homogenizar las muestras foliares realizar el muestreo foliar en mango 'Tommy Atkins' después de la cosecha. Esta recomendación coincide parcialmente con la presente investigación para hojas del flujo de primavera, ya que en Nayarit la cosecha de 'Tommy Atkins' termina en julio.

No se encontró información disponible para mango sobre periodos de muestreo para hojas del flujo de verano. Esto porque el flujo de primavera, que ocurre inmediatamente después de la floración, es el más importante en la mayoría de las zonas productoras de mango del mundo.

## 2.6. Conclusiones

Fue posible identificar los periodos de estabilidad nutrimental en las hojas con el fin de determinar la época adecuada para el muestreo foliar con fines de diagnóstico nutrimental.

Los periodos de estabilidad nutrimental tanto para macro- como micronutrientes difirieron entre los cultivares de mango estudiados y sus respectivos flujos vegetativos.

La metodología basada en funciones y el cálculo de las derivadas matemáticas para cada día de la función, fueron útiles para identificar el periodo en que dichos nutrientes se estabilizan y de esta manera determinar la fecha apropiada de muestreo foliar.

La época apropiada para el muestreo foliar para el cv. Ataulfo fue del 15 de septiembre al 31 de octubre en el flujo de primavera y del 15 de enero al 07 de marzo en el flujo de verano.

En el cv. Kent esta época ocurrió del 15 de septiembre al 15 de octubre en el flujo de primavera y del 01 de febrero al 15 de marzo para el flujo de verano.

Para el cv. Tommy Atkins la época adecuada para el muestreo fue entre el 15 de agosto y 30 de septiembre y del 01 al 31 de mayo en los flujos de primavera y otoño, respectivamente.

## 2.7. Literatura Citada

- Alcántar, G. G. y Trejo, T. L. I. 2006. Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Childers, N. F. 1954. Fruit nutrition. Hort. Publ. Rutgers. State Univ. New Brunswick, New Jersey, E.E.U.U. pp. 79-120.
- Cossio, V. L. E. 2008. Estudios básicos y aplicados para mejorar la productividad del aguacate. Universidad Autónoma de Nayarit. Tesis Doctoral. Nayarit, México. 159 p.
- Granville, W. A. 1995. Cálculo diferencial e integral. 7ª. ed. E.E.U.U. 453 p.
- Kenworthy, A. L. 1964. Fruit nutrition and plantation crops. Decidues and evergreen (A guide for collecting foliar samples for nutrient analysis). Rep. Hort. Dep. Michigan State Univ. East Lansing.
- Mosqueda, V. R., De los santos, R. F., Becerra, L. E. N., Cabrera, M. H., Ortega, Z. D. A. y Del Ángel, P. A. L. 1996. Manual para cultivar mango en la planicie costera del golfo de México. INIFAP, CIRGOC Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. 64 p.
- Oosthuysen, S. A. 1997a. Effect of  $NK_2O_3$  sprayed on mango trees during flowering on fruit retention, fruit size and tree yield. Acta Hort. 455:359-366.
- Oosthuysen, S. A. 1997b. Relationship between leaf nutrient concentrations and cropping or fruit quality in mango. South African Mango Growers' Assn. Yrbk. 17:1-15.
- Ponchner, S., Rojas, R. y Bornemisza, E. 1993. Variación estacional de nutrimentos en árboles de mango (*Mangifera indica* L.) en 3 suelos del Pacífico Seco de Costa Rica. I\_Macronutrimentos. Agronomía Costarricense 17(2):21-30.

- Rajput, M. S., Chadha, K. L. y Thakur, R. S. 1985. Standardization of leaf sample size for nutriment analysis in mango. *J. Hort.* 42:210-212.
- Salazar-García, S., Gutiérrez, C. G., Becerra, B. E. y Gómez, A. J. R. 1993. Diagnóstico nutrimental del mango en San Blas, Nayarit. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 16:190-202.
- Salazar-García, S., Cossio, V. L. E. y González, D. I. J. L. 2006. Técnica de muestreo foliar para el diagnóstico nutrimental del aguacate 'Hass' en Nayarit. INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 2. Nayarit, México. 9 p.
- SIGMAPLOT, 2006. SigmaPlot, Systat Software, Versión 10, Inc. SigmaPlot for Windows.

Cuadro 2-1. Longitud de la hoja de los principales flujos vegetativos del mango 'Ataulfo' en las localidades de Atonalisco (Tepic) y Chacala (Compostela). Ciclo 2006-07.

Fechas de muestreo	Longitud de hoja (cm)			
	Días <sup>1</sup>	Flujo de primavera	Días	Flujo de verano
Febrero 2006	42	4.7 e <sup>2</sup>		
Marzo	59	7.4 d		
Abril	90	9.8 d		
Mayo	119	12.8 d		
Junio	150	14.9 cd		
Julio	180	16.9 bc		
Agosto	211	17.4 ab	43	6.0 h
Septiembre	243	18.6 ab	75	10.8 g
Octubre	272	18.9 ab	104	15.9 f
Noviembre	303	19.5 ab	135	19.0 e
Diciembre	334	19.7 ab	166	20.2 d
Enero 2007	361	19.7 ab	193	21.6 c
Febrero	393	19.7 a	225	22.0 c
Marzo	425	19.9 a	257	23.2 b
Abril	461	19.9 a	293	23.6 b
Mayo			320	24.1 a
Junio			352	24.3 a
Julio			379	24.5 a
<i>Pr &gt; F</i>		0.0001		0.0001

<sup>1</sup> Días contados a partir del día cero (primavera: febrero de 2006). <sup>2</sup> Comparación de medias en las columnas por Duncan,  $P = 0.05$ .

Cuadro 2-2. Longitud de la hoja de los principales flujos vegetativos del mango 'Kent' en las localidades de Acaponeta (Acaponeta), Chacala (Compostela) y las Palmas (San Blas). Ciclo 2006-07.

Fechas de muestreo	Longitud de hoja (cm)			
	Días <sup>2</sup>	Flujo de primavera	Días	Flujo de verano
Febrero 2006	45	5.3 e <sup>3</sup>		
Marzo	59	8.2 d		
Abril	90	12.0 d		
Mayo	120	17.1 d		
Junio	152	18.6 cd		
Julio	182	20.1 bc		
Agosto	213	20.7 ab	41	5.8 h
Septiembre	243	21.4 ab	71	11.7 g
Octubre	273	22.4 ab	101	16.9 f
Noviembre	304	22.8 ab	132	19.3 e
Diciembre	334	22.9 ab	162	21.0 d
Enero 2007	367	23.0 ab	195	22.3 c
Febrero	396	23.3 a	224	23.1 c
Marzo	429	23.3 a	257	23.8 b
Abril	464	24.0 a	292	23.8 b
Mayo			321	23.9 a
Junio			355	24.0 a
Julio			380	24.0 a
<i>Pr &gt; F</i>		0.0001		0.0001

<sup>2</sup> Días contados a partir del día cero (primavera: febrero de 2006). <sup>3</sup> Comparación de medias en las columnas por Duncan,  $P = 0.05$ .

Cuadro 2-3. Longitud de la hoja de los principales flujos vegetativos del mango 'Tommy Atkins' en las localidades de Acaponeta (Acaponeta) y Chacala (Compostela). Ciclo 2006-07.

Fechas de muestreo	Longitud de hoja (cm)			
	Días <sup>2</sup>	Flujo de primavera	Días	Flujo de otoño
Febrero 2006	--	--		
Marzo	44	5.5 d		
Abril	75	9.9 d		
Mayo	105	12.7 d		
Junio	138	16.7 cd		
Julio	164	19.9 bc		
Agosto	198	21.0 ab		
Septiembre	228	21.4 ab		
Octubre	258	22.3 ab	44	5.7 e
Noviembre	289	22.8 ab	75	8.9 e
Diciembre	319	23.0 a	105	11.0 c
Enero 2007	352	23.3 a	138	15.2 cd
Febrero	381	23.4 a	167	18.0 c
Marzo	414	23.4 a	193	18.8 c
Abril	449	23.5 a	224	20.9 b
Mayo			264	22.4 b
Junio			298	23.4 a
Julio			323	23.9 a
Agosto			254	23.9 a
Septiembre			380	23.9 a
<i>Pr &gt; F</i>		0.0001		0.0001

<sup>2</sup> Días contados a partir del día cero (primavera: febrero de 2006). <sup>3</sup> Comparación de medias en las columnas por Duncan,  $P = 0.05$ .

Cuadro 2-4. Periodo de estabilidad nutrimental foliar en el mango 'Ataulfo' en Nayarit.

Flujo vegetativo	Nutrimentos	Periodo de estabilidad nutrimental	
		DDB <sup>2</sup>	Fechas equivalentes
Primavera	N, P, K, Ca, Mg, S	243-298	07 Sep.-30 Oct.
	Fe, Mn, Cu, Zn, B	249-310	15 Sep.-06 Nov.
Verano	N, P, K, Ca, Mg, S	206-255	15 Ene.- 07 Mar.
	Fe, Cu, Mn, Zn, B	198-263	07 Ene.- 15 Mar.

<sup>2</sup>Días después de la brotación de la hoja.

Cuadro 2-5. Periodo de estabilidad nutrimental foliar en el mango 'Kent' en Nayarit.

Flujo vegetativo	Nutrimentos	Periodo de estabilidad nutrimental	
		DDB <sup>2</sup>	Fechas equivalentes
Primavera	N, P, K, Ca, Mg, S	231-289	16 Ago.- 21 Oct.
	Fe, Mn, Cu, Zn, B	255-308	15 Sep.- 07 Nov.
Verano	N, P, K, Ca, Mg, S	205-227	25 Ene.- 15 Mar.
	Fe, Cu, Mn, Zn, B	169-227	01 Feb.- 24 Mar.

<sup>2</sup>Días después de la brotación de la hoja.

Cuadro 2-6. Periodo de estabilidad nutrimental foliar en el mango 'Tommy Atkins' en Nayarit.

Flujo vegetativo	Nutrimentos	Periodo de estabilidad nutrimental	
		DDB <sup>2</sup>	Fechas equivalentes
Primavera	N, P, K, Ca, Mg, S	209-301	15 Ago.- 15 Nov.
	Fe, Mn, Cu, Zn, B	201-262	07 Ago.- 07 Nov.
Otoño	N, P, K, Ca, Mg, S	258-290	05 May.- 06 Jun.
	Fe, Cu, Mn, Zn, B	253-288	30 Abr.- 04 Jun.

<sup>2</sup>Días después de la brotación de la hoja.

Cuadro 2-7. Periodos de estabilidad nutrimental foliar (celdas sombreadas) y fechas apropiadas para el muestreo foliar (líneas gruesas verticales) en el mango 'Ataulfo', según el flujo vegetativo.

	Flujo de primavera						
	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	FM <sup>1</sup>	DDB <sup>2</sup>
Macronutrimentos						15 Sep. - 31 Oct.	252-298
Micronutrimentos						15 Sep. - 31 Oct.	252-298
	Flujo de verano						
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	FM <sup>1</sup>	DDB <sup>2</sup>
Macronutrimentos						15 Ene. - 07 Mar.	206 -255
Micronutrimentos						15 Ene. - 07 Mar.	206 -255

<sup>1</sup>Fecha apropiada de muestreo foliar. <sup>2</sup>Días después de la brotación de la hoja.

Cuadro 2-8. Periodos de estabilidad nutrimental foliar (celdas sombreadas) y fechas apropiadas para el muestreo foliar (líneas gruesas verticales) en el mango 'Kent', según el flujo vegetativo.

Flujo de primavera							
	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	FM <sup>a</sup>	DDB <sup>b</sup>
Macronutrientos						15 Sep. - 15 Oct.	255-285
Micronutrientos						15 Sep. - 15 Oct.	255-285
Flujo de verano							
	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	FM <sup>a</sup>	DDB <sup>b</sup>
Macronutrientos						01 Feb. - 15 Mar.	222-264
Micronutrientos						01 Feb. - 15 Mar.	222-264

<sup>a</sup> Fecha apropiada de muestreo. <sup>b</sup> Días después de la brotación de la hoja.

Cuadro 2-9. Periodos de estabilidad nutrimental foliar (celdas sombreadas) y fechas apropiadas para el muestreo foliar (líneas gruesas verticales) en el mango 'Tommy Atkins', según el flujo vegetativo.

Flujo de primavera							
	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	FM <sup>a</sup>	DDB <sup>b</sup>
Macronutrientos						15 Ago. - 30 Sep.	209-255
Micronutrientos						15 Ago. - 30 Sep.	209-255
Flujo de otoño							
	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	FM <sup>a</sup>	DDB <sup>b</sup>
Macronutrientos						01 May. - 31 May.	254-284
Micronutrientos						01 May. - 31 May.	254-284

<sup>a</sup> Fecha apropiada de muestreo. <sup>b</sup> Días después de la brotación de la hoja.

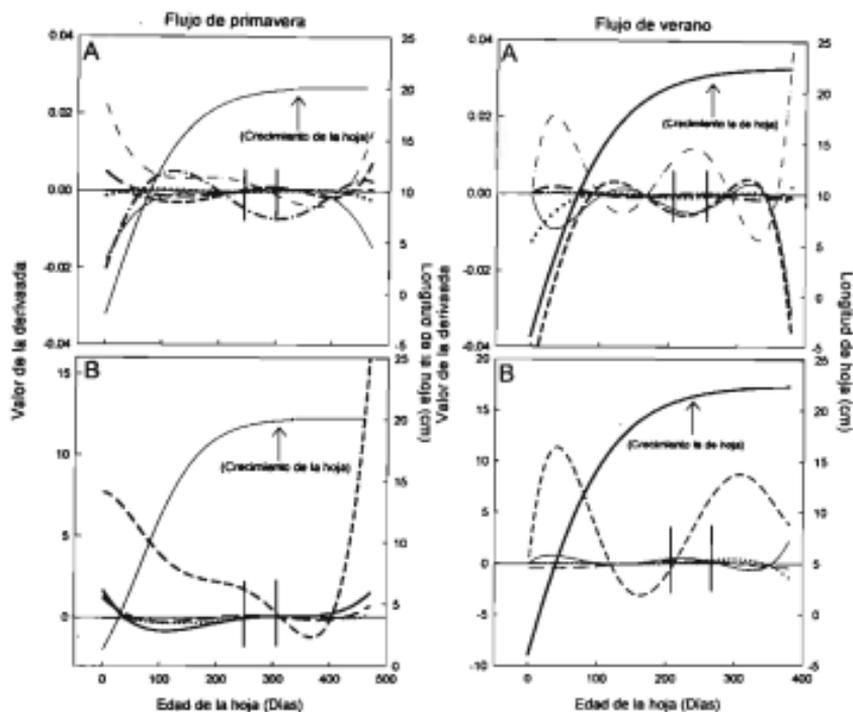


Figura 2-1. Crecimiento longitudinal de hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano, valor de la derivada y periodo de estabilidad nutricional (espacio entre las líneas verticales) en el mango 'Ataulfo'. Macro- (A) y Micronutrientes (B).

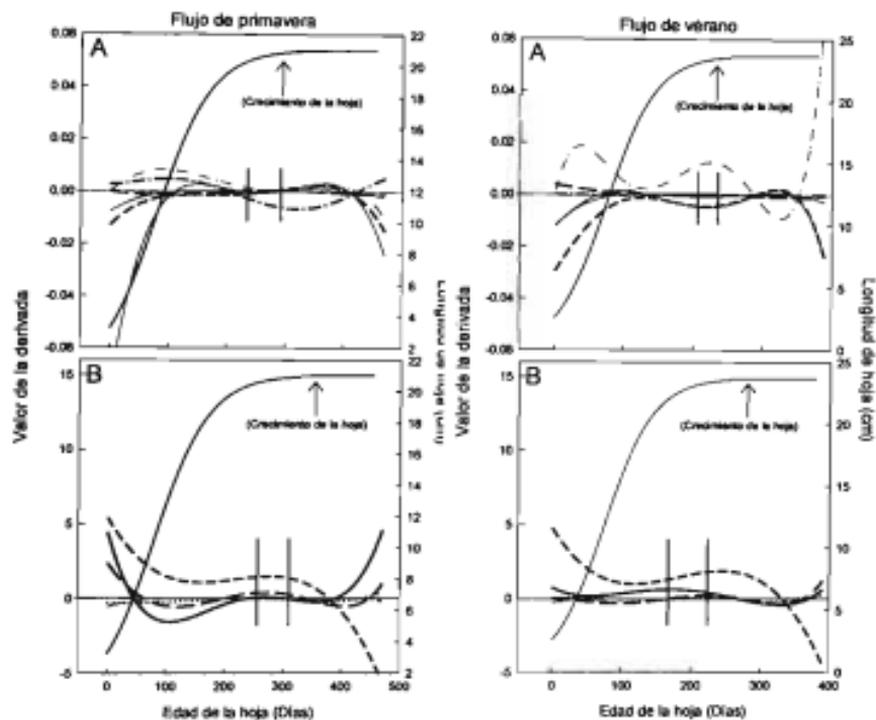


Figura 2-2. Crecimiento longitudinal de hojas de los flujos vegetativos de primavera y verano, valor de la derivada y periodo de estabilidad nutricional (espacio entre las líneas verticales) en el mango 'Kent'. Macro- (A) y Micronutrientos (B).

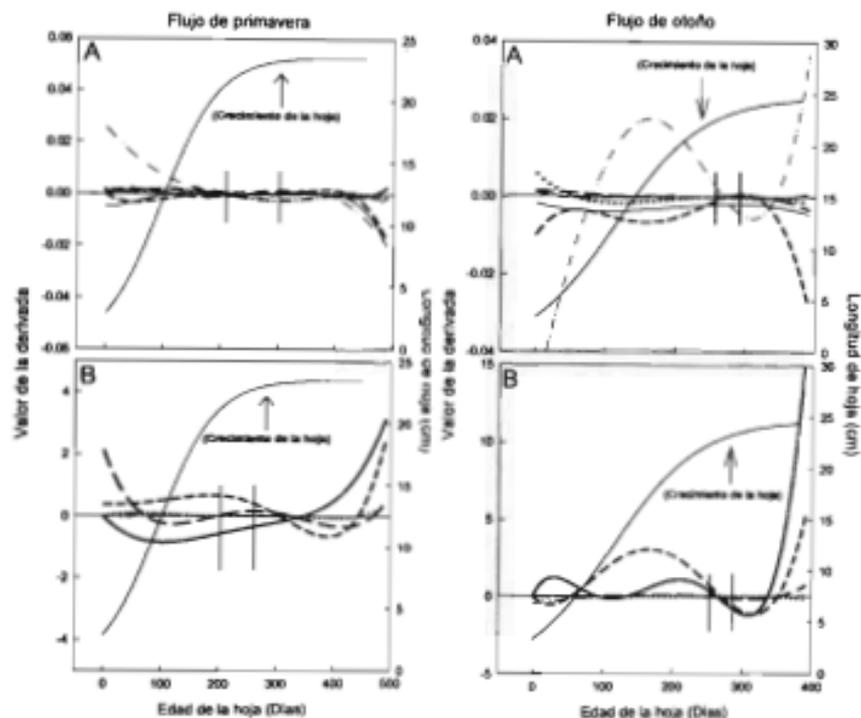


Figura 2-3. Crecimiento longitudinal de hojas de los flujos vegetativos de primavera y otoño, valor de la derivada y periodo de estabilidad nutricional (espacio entre las líneas verticales) en el mango 'Tommy Atkins'. Macro- (A) y Micronutrientes (B).